



UNIVERSIDAD DE MURCIA

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS,
NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA**

TESIS DOCTORAL

**Características de la canal y calidad de la carne,
composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano
y su cruce con Ibérico. Efecto del sistema de manejo.**

MIGUEL GALIÁN JIMÉNEZ

2007



UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
DE LOS ALIMENTOS, NUTRICIÓN Y
BROMATOLOGÍA.

Facultad de Veterinaria

D. GASPAR ROS BERRUEZO, CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD DEL ÁREA
DE NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA, **AUTORIZA:**

La presentación de la Tesis Doctoral titulada “**Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico. Efecto del sistema de manejo**”, ha sido realizada por D. Miguel Galián Jiménez, bajo mi inmediata dirección y supervisión, en el Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Murcia, 20 de abril de 2007.

*Campus Universitario de Espinardo
30100 Espinardo (Murcia)*



UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LOS
ALIMENTOS, NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA.

Facultad de Veterinaria



INSTITUTO MURCIANO
DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO AGRARIO
Y ALIMENTARIO

D. ANGEL POTO REMACHA, DOCTOR EN VETERINARIA, PROFESOR ASOCIADO DEL DEPARTAMENTO DE FISIOLÓGIA VETERINARIA E INVESTIGADOR DEL INSTITUTO MURCIANO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO Y ALIMENTARIO DE LA ALBERCA, MURCIA.
AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada **“Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico. Efecto del sistema de manejo”**, ha sido realizada por D. Miguel Galián Jiménez, bajo mi inmediata dirección y supervisión, en el Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Murcia, 20 de abril de 2007.

*Campus Universitario de Espinardo
30100 Espinardo (Murcia)*



INSTITUTO MURCIANO
DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO AGRARIO
Y ALIMENTARIO

Dña. BEGOÑA PEINADO RAMÓN, DOCTOR EN VETERINARIA E INVESTIGADOR DEL INSTITUTO MURCIANO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO Y ALIMENTARIO DE LA ALBERCA, MURCIA. AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada **“Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico. Efecto del sistema de manejo”**, ha sido realizada por D. Miguel Galián Jiménez, bajo mi inmediata dirección y supervisión, en el Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Murcia, 20 de abril de 2007.

*C/. Mayor, s/n.
30150 La Alberca (Murcia)*



UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
DE LOS ALIMENTOS, NUTRICIÓN Y
BROMATOLOGÍA.

Facultad de Veterinaria

D^a. ENCARNA GÓMEZ PLAZA, PROFESORA TITULAR DE TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS Y DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS, NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA, **INFORMA:**

La presentación de la Tesis Doctoral titulada “**Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico. Efecto del sistema de manejo**”, ha sido realizada por D. Miguel Galián Jiménez, bajo la inmediata dirección y supervisión de D. Gaspar Ros Berruezo, D. Ángel Poto Remacha y Dña. Begoña Peinado Ramón, y que el Departamento ha dado su conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado.

Murcia, 20 de abril de 2007.

*Campus Universitario de Espinardo
30100 Espinardo (Murcia)*

A mis padres Miguel y Lola y
a mi hermana Mariló,
porque a ellos les debo todo lo que soy.

I. INTRODUCCIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
II.1. ANTECEDENTES SOBRE LAS RAZAS PORCINAS OBJETO DE ESTUDIO	8
II.1.1. El Cerdo Chato Murciano	8
II.1.1.1. Raza Murciana Primitiva o cerdo Murciano	8
II.1.1.2. El cerdo Chato Murciano	9
II.1.1.3. Situación actual	11
II. 1. 2. El Cerdo Ibérico	12
II.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL PORCINA	14
II.2.1. Peso de la canal porcina	14
II.2.2. Rendimiento de la canal porcina	16
II.2.3. Estudio morfométrico de la canal porcina	18
II.2.4. Despiece de la canal porcina	19
II.3. VARIOS ASPECTOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO	21
II.3.1. Sistema de explotación	21
II.3.2. Estudio del pH muscular	25
II.3.3. Estudio del color de la carne	28
II.3.4. Estudio de la capacidad de retención de agua	33
II.3.4.1. Pérdidas por goteo	35
II.3.4.2. Pérdidas por cocción	36
II.3.5. Estudio de la textura	37
II.3.6. Estudio de la grasa	41
II.3.7. Estudio de la composición mineral	46
III. MATERIAL Y MÉTODOS	55
III.1. ANIMALES EMPLEADOS	56
III.1.1. Experiencia I	56
III.1.2. Experiencia II	56
III.2. MANEJO Y ALIMENTACIÓN DE LOS ANIMALES	58

III.2.1. Sistema intensivo	58
III.2.2. Sistema al aire libre	58
III.3. SACRIFICIO DE LOS ANIMALES Y OBTENCIÓN DE LAS CANALES	60
III.4. MEDIDAS REALIZADAS SOBRE LA CANAL Y LA CARNE EN MATADERO	60
III.5. OBTENCIÓN Y PROCESADO DE LAS MUESTRAS MUSCULARES	65
III.6. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	67
III.6.1. Determinación de las pérdidas por goteo	67
III.6.2. Determinación de las pérdidas por cocción	68
III.7. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA	69
III.8. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN GRASA DE LA CANAL	71
III.8.1. Determinación del espesor de tocino dorsal	71
III.8.2. Determinación de la grasa intramuscular	72
III.9. ESTUDIO DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS	73
III.9.1. En tocino dorsal	73
III.9.2. En grasa intramuscular	74
III.9.3. Cromatógrafo de gases	76
III.10. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL	78
III.10.1. Determinación de cenizas	78
III.10.2. Determinación de la composición mineral	79
III.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	81
IV. RESULTADOS	83
IV.1. EXPERIENCIA I	85
IV.1.1. Peso de la canal caliente	85
IV.1.2. Estudio morfométrico de la canal	86
IV.1.3. Despiece de la canal porcina	88
IV.1.4. Estudio del pH de la carne	90

IV.1.5. Estudio del color de la carne _____	91
IV.1.6. Estudio de la grasa _____	93
IV.1.6.1. Espesores de tocino dorsal _____	93
IV.1.6.2. Grasa intramuscular _____	94
IV.1.7. Estudio de la composición mineral _____	95
IV.2. EXPERIENCIA II _____	97
IV.2.1. Peso vivo al sacrificio y de la canal _____	97
IV.2.1.1. Peso vivo al sacrificio _____	97
IV.2.1.2. Peso de la canal caliente _____	98
IV.2.1.3. Peso de la canal fría _____	98
IV.2.2. Rendimiento de la canal y pérdidas por oreo _____	99
IV.2.3. Estudio morfométrico de la canal _____	100
IV.2.4. Despiece de la canal porcina _____	101
IV.2.5. Estudio del pH de la carne _____	101
IV.2.6. Estudio del color de la carne _____	102
IV.2.7. Estudio de la capacidad de retención de agua _____	103
IV.2.7.1. Pérdidas por goteo _____	103
IV.2.7.2. Pérdidas por cocción _____	104
IV.2.8. Estudio de la textura _____	105
IV.2.9. Estudio de la grasa _____	106
IV.2.9.1. Espesores de tocino dorsal _____	106
IV.2.9.2. Grasa intramuscular _____	107
IV.2.10. Estudio del perfil de ácidos grasos _____	107
IV.2.10.1. Tocino dorsal _____	108
IV.2.10.2. Grasa intramuscular _____	110
IV.2.11. Estudio de la composición mineral _____	112
IV.2.11.1. Determinación de cenizas _____	112
IV.2.11.2. Determinación mineral _____	113
IV.3. ANEXO I: TABLAS DE RESULTADOS _____	114
V. DISCUSIÓN _____	139
V.1. EXPERIENCIA I _____	140
V.1.1. Peso de la canal caliente _____	140

V.1.2. Estudio morfométrico de la canal	142
V.1.3. Despiece de la canal porcina	145
V.1.4. Estudio del pH de la carne	148
V.1.5. Estudio del color de la carne	150
V.1.6. Estudio de la grasa	152
V.1.6.1. Espesores de tocino dorsal	152
V.1.6.2. Grasa intramuscular	153
V.1.7. Estudio de la composición mineral	156
V.2. EXPERIENCIA II	158
V.2.1. Peso vivo al sacrificio y de la canal	158
V.2.2. Rendimiento de la canal y pérdidas por oreo	159
V.2.3. Estudio morfométrico de la canal	161
V.2.4. Despiece de la canal porcina	162
V.2.5. Estudio del pH de la carne	163
V.2.6. Estudio del color de la carne	164
V.2.7. Estudio de la capacidad de retención de agua	164
V.2.7.1. Pérdidas por goteo	165
V.2.7.2. Pérdidas por cocción	165
V.2.8. Estudio de la textura	166
V.2.9. Estudio de la grasa	168
V.2.9.1. Espesores de tocino dorsal	168
V.2.9.2. Grasa intramuscular	169
V.2.10. Estudio del perfil de ácidos grasos	170
V.2.10.1. Tocino dorsal	171
V.2.10.2. Grasa intramuscular	173
V.2.11. Estudio de la composición mineral	175
V.2.11.1. Determinación de cenizas	175
V.2.11.2. Determinación mineral	176
VI. CONCLUSIONES	177
VII. RESUMEN	181
VIII. ENGLISH SUMMARY	185
IX. EXTENDED SUMMARY	189

X. AGRADECIMIENTOS	215
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	219
XII. ABREVIATURAS EMPLEADAS	231
XII. ANEXO II. PUBLICACIONES REALIZADAS	235

I. INTRODUCTION, HYPOTHESIS AND AIM	1
II. BYBLOGRAFICAL REVIEW	7
II.1. HISTORICAL INFORMATION ABOUT THE BREEDS OF STUDY	8
II.1.1. Chato Murciano pig	9
II.1.1.1. Old Murciano pig breed	8
II.1.1.2. Chato Murciano pig	9
II.1.1.3. Nowadays situation	11
II. 1. 2. Iberian Pig	12
II.2. SWINE CARCASS CHARACTERISTICS	14
II.2.1. Pig cold and hot carcass weight	14
II.2.2. Swine carcass yield	16
II.2.3. Swine carcass morfometric study	18
II.2.4. Swine quartering carcass	19
II.3. PIG MEAT QUALITY. SOME TOPICS	21
II.3.1. Rearing system	21
II.3.2. Study of muscular pH	25
II.3.3. Study of meat colour	28
II.3.4. Study of water holding capacity	33
II.3.4.1. Drip losses	35
II.3.4.2. Cooking losses	36
II.3.5. Study of texture	37
II.3.6. Study of fat	41
II.3.7. Study of mineral composition	46
III. MATERIALS AND METHODS	55
III.1. ANIMALS EMPLOYED	56
III.1.1. Experience I	56
III.1.2. Experience II	56
III.2. ANIMAL FEEDING AND HANDLING	58
III.2.1. Indoor system	58
III.2.2. Outdoor system	58

III.3. SLAUGHTER AND CARCASS PREPARING	60
III.4. MEASURES ON THE CARCASS AND THE MEAT	60
III.5. OBTENTION AND PROCESSING OF MUSCLE SAMPLES	65
III.6. WATER HOLDING CAPACITY	67
III.6.1. Drip losses	67
III.6.2. Cooking losses	68
III.7. TEXTURE DETERMINATION	69
III.8. STUDY OF CARCASS FAT CONTENT	71
III.8.1. Dorsal fat thicknesses	71
III.8.2. Intramuscular fat	72
III.9. STUDY OF FATTY ACID PROFILE	73
III.9.1. From subcutaneous fat	73
III.9.2. From intramuscular fat	74
III.9.3. Gas chromatograph	76
III.10. STUDY OF THE MINERAL COMPOSITION	78
III.10.1. Ashes	78
III.10.2. Mineral composition	79
III.11. STATISTICAL ANALYSIS OF THE RESULTS	81
IV. RESULTS	83
IV.1. EXPERIENCE I	85
IV.1.1. Hot carcass weight	85
IV.1.2. Morphometric study of the carcasses	86
IV.1.3. Pig carcass quartering	88
IV.1.4. pH study	90
IV.1.5. Colour study	91
IV.1.6. Fat study	93
IV.1.6.1. Dorsal fat thicknesses	93
IV.1.6.2. Intramuscular fat	94
IV.1.7. Mineral composition study	95

IV.2. EXPERIENCE II	97
IV.2.1. Live and carcass weight	97
IV.2.1.1. Live weight at slaughter	97
IV.2.1.2. Hot carcass weight	98
IV.2.1.3. Cold carcass weight	98
IV.2.2. Carcass yields and storage weight losses	99
IV.2.3. Morphometric study of the carcasses	100
IV.2.4. Pig carcass quartering	101
IV.2.5. pH study	101
IV.2.6. Colour study	102
IV.2.7. Water holding capacity	103
IV.2.7.1. Drip losses	103
IV.2.7.2. Cooking losses	104
IV.2.8. Texture study	105
IV.2.9. Fat study	106
IV.2.9.1. Dorsal fat thicknesses	106
IV.2.9.2. Intramuscular fat	107
IV.2.10. Fatty acid profile study	107
IV.2.10.1. Subcutaneous fat	108
IV.2.10.2. Intramuscular fat	110
IV.2.11. Mineral composition study	112
IV.2.11.1. Ashes	112
IV.2.11.2. Mineral composition	113
IV.3. ATTACHED I: RESULTS TABLES	114
V. DISCUSSION	139
V.1. EXPERIENCE I	140
V.1.1. Hot carcass weight	140
V.1.2. Morphometric study of the carcasses	142
V.1.3. Pig carcass quartering	145
V.1.4. pH study	148
V.1.5. Colour study	150
V.1.6. Fat study	152
V.1.6.1. Dorsal fat thicknesses	152

V.1.6.2. Intramuscular fat _____	153
V.1.7. Mineral composition study _____	156
V.2. EXPERIENCE II _____	158
V.2.1. Live and carcass weight _____	158
V.2.2. Carcass yields and storage weight losses _____	159
V.2.3. Morphometric study of the carcasses _____	161
V.2.4. Carcass pig quartering _____	162
V.2.5. pH study _____	163
V.2.6. Colour study _____	164
V.2.7. Water holding capacity _____	164
V.2.7.1. Drip losses _____	165
V.2.7.2. Cooking losses _____	165
V.2.8. Texture study _____	166
V.2.9. Fat study _____	168
V.2.9.1. Dorsal fat thicknesses _____	168
V.2.9.2. Intramuscular fat _____	169
V.2.10. Fatty acid profile study _____	170
V.2.10.1. Subcutaneous fat _____	171
V.2.10.2. Intramuscular fat _____	173
V.2.11. Mineral composition study _____	175
V.2.11.1. Ashes _____	175
V.2.11.2. Mineral composition _____	176
VI. CONCLUSIONS _____	177
VII. SPANISH SUMMARY _____	181
VIII. ENGLISH SUMMARY _____	185
IX. EXTENDED SUMMARY _____	189
X. ACKNOWLEDGEMENTS _____	215
XI. BIBLIOGRAPHIC REFERENCES _____	219
XII. ABBREVIATIONS _____	231
XIII. ATTACHED DOCUMENTS II. PREVIOUS PAPERS _____	235

I. INTRODUCCIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

El cerdo Chato Murciano es una raza autóctona que ha sido explotado en el levante español desde principios del siglo XX. Además de su explotación en locales cerrados y de forma intensiva, también fue explotado en el medio natural del agro levantino en amplias superficies. Los cerdos tenían de un año y medio a dos cuando eran sacrificados con los medios que entonces se disponían (Poto et al., 2000a).

En Europa, la industria del sector porcino se basa en un número limitado de razas. La evolución de poblaciones de cerdos mejorados ha llevado a producciones que rozan el máximo biológico o el óptimo económico, y es reconocida la necesidad de desarrollar poblaciones que proporcionen una amplia variedad de condiciones mercado/producto. En el futuro, aspectos tales como calidad de la carne y de la grasa, aptitud reproductiva, aptitudes maternas y la adaptación a un ambiente en extensivo, deberían recibir mayor atención, preservándose fuentes alternativas de germoplasma. Europa posee una gran parte de la diversidad genética mundial, con un elevado número de razas locales. Una de estas razas locales que enriquecen la diversidad genética es el cerdo Chato Murciano.

En la actualidad el cerdo Chato Murciano está catalogado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación como una raza de protección especial en peligro de extinción (B.O.E. 21/11/1997). En los últimos años esta raza ha sido incluida en programas nacionales y regionales de conservación y recuperación, y diversos estudios se han llevado a cabo para evaluar su uso productivo. Esta raza está en fase de recuperación debido al creciente aumento en el interés e importancia que está teniendo el consumo de productos transformados cárnicos genuinos de Murcia (jamón curado, lomo curado, chorizo, salchichón, sobrasada,...), fabricados con materia prima procedente de estos cerdos. La forma de producción actual más frecuente es en sistema de manejo intensivo ubicándolos en granjas convencionales, aunque también existen explotaciones tipo camping o semiextensivo (Peinado et al., 2004).

Uno de los problemas tradicionales para la conservación de esta raza, y su utilización por parte de la industria de la zona, es el desconocimiento aún existente de sus propiedades nutritivas, productivas y tecnológicas diferentes respecto del resto de razas porcinas (autóctonas y cruces comerciales). Con el consumo de la carne de esta raza porcina, se pretende satisfacer también las necesidades del mercado, que demanda

gran cantidad de estos productos, esperando adquirir un manjar diferente y de alta calidad. Todo ello requiere mayor conocimiento de las propiedades y características de la calidad de la canal y de la carne de este cerdo autóctono.

En los últimos años los consumidores están cada vez más concienciados y preocupados sobre aspectos tales como una producción ética animal, bienestar animal, producción ecológica y las características sensoriales de la carne. Es por ello que sistemas de producción al aire libre o en extensivo, como formas de producción alternativas, y cerdos alimentados con pastos naturales, están acaparando gran interés por parte de las industrias del sector porcino.

Las características que influyen en la calidad de la carne se pueden clasificar en diferentes grupos: higiénicas, nutricionales, sensoriales, tecnológicas y psicológicas (Igrn, 1989, y Hoffmann, 1990). Por ello, la calidad de la carne es el resultado de un proceso multifactorial que comienza en el momento del sacrificio, y que en gran medida depende de la raza de la que procede (Peinado et al., 2004).

El sistema de explotación de los animales elegido, sea éste manejado al aire libre o en sistema intensivo (outdoor o indoor en el mundo anglosajón), va a determinar que muchos factores cambien, tales como las variaciones climatológicas y la posibilidad de actividad física ofrecida a los animales, lo que puede influir en unas determinadas propiedades de la canal y de la musculatura y, por tanto, en la calidad de la carne (Lebret et al., 1999).

El genotipo de los cerdos empleados influye de forma determinante en los resultados obtenidos según el sistema de producción, al aire libre o en intensivo (Edwards, 2005). El cerdo Chato Murciano, al igual que otras razas autóctonas españolas, es una raza de constitución robusta, que soporta bien las condiciones climáticas adversas, y cuya explotación bajo diferentes sistemas, puede arrojar resultados más que interesantes.

Los cerdos son animales monogástricos, y muchos de los componentes de la dieta son transferidos sin modificar desde el alimento al tejido muscular y graso, lo que consecuentemente afecta a la calidad porcina. Esto es cierto en la composición de la

dieta en ácidos grasos, vitaminas y composición mineral (Rosenvold & Andersen, 2003).

Teniendo en cuenta que los recursos para la conservación son escasos, la capacidad productiva es uno de los criterios utilizados en la selección de razas para la conservación (Ruane, 1999). Más aún, el estudio de esa capacidad productiva revela características que pueden incrementar su valor económico y, consecuentemente, su propia sustentabilidad (Pugliese et al., 2003).

Existen diversos trabajos sobre la calidad de la carne y de la canal del cerdo Chato Murciano, los cuales serán citados posteriormente, pero realizados sobre la explotación de los animales en intensivo, y, en pocos casos, abarcando algunos aspectos de calidad de la carne en sistemas totalmente respetuosos con el bienestar animal. Pero, hasta ahora, no existen datos sobre composición mineral, composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular o de grasa de cobertura, pérdidas de agua por cocción y estudios de textura de la carne cocinada.

La **hipótesis** de partida en la realización de la presente Tesis Doctoral es:

- El cerdo Chato Murciano muestra una mejor producción en términos de calidad de la canal y de la carne en los sistemas de producción al aire libre que en los sistemas intensivo.
- El cruce del cerdo Chato Murciano con la raza Ibérica reduce los efectos de consanguinidad de la raza autóctona, mejorando sus parámetros de calidad de la canal y de la carne.
- El cerdo Chato Murciano varía sus parámetros de calidad de la canal y de la carne al variar el contenido proteico y graso de la dieta aportada, aumentando el grado de engrasamiento al disminuir la proteína bruta y aumentar la grasa en el pienso aportado para su alimentación.

El **objetivo general** es el estudio de los parámetros de calidad de la canal y de la carne de la raza porcina autóctona de la Región de Murcia, cerdo Chato Murciano, y sus cruces con cerdo Ibérico, bajo los sistemas de explotación intensivo y al aire libre.

Los **objetivos específicos** son:

- Estudiar la influencia del genotipo del cerdo Chato Murciano y su cruce con cerdo Ibérico, en parámetros de calidad de la canal y de la carne.
- Estudiar la influencia del sistema de explotación, en intensivo y al aire libre, sobre parámetros de calidad de la canal y de la carne.
- Establecer las condiciones de explotación y de genotipo que mejoren las posibilidades productivas del cerdo Chato Murciano, con la finalidad de obtener una calidad de canal y de carne óptimas, que ayuden a incrementar la utilidad de esta raza autóctona.
- Establecer los efectos de los niveles de proteína y grasa de la dieta sobre las características de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano, explotado al aire libre y en intensivo.

Con la **finalidad** de conocer mejor las propiedades y posibilidades productivas, tecnológicas y nutritivas del cerdo Chato Murciano. Todo ello como una parte de un proyecto que intenta garantizar la existencia y el futuro de esta raza porcina de la Región de Murcia.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II.1. ANTECEDENTES SOBRE LAS RAZAS PORCINAS OBJETO DE ESTUDIO.

II.1.1. El Cerdo Chato Murciano.

II.1.1.1. Raza Murciana Primitiva o cerdo Murciano.

A partir del denominado “Tronco Ibérico”, formado por la subespecie de jabalí llamada “Sus Mediterraneus” o “Sus Scrofa Variedad Mediterránea”, aparecieron una serie de razas españolas, entre ellas la raza Murciana Primitiva o cerdo Murciano.

Este cerdo Murciano, también denominado por algunos autores Gabano (Paredes, 1983), tenía como área geográfica de expansión la huerta de Murcia, llegando a tener un censo aceptable hasta las primeras décadas del siglo XX, con casi 50.000 cabezas en 1865 (Martínez Gallego, 1986. Citado por Lobera, 1998) y más de 24.000 cabezas en 1929 (Ministerio de Economía Nacional, 1930. Citado por Lobera, 1998).

Esta raza presentaba unas características zootécnicas correspondientes a las de un animal poco armónico, basto y destartalado; de peso y alzada medios; con amplias orejas caídas y dirigidas hacia delante; cuello relativamente corto, dorso ligeramente curvado o convexo, grupa caída y vientre abultado; cola de inserción baja; patas largas y cerdas abundantes, largas y fuertes. Su piel y cerdas eran de color negro en los cerdos denominados de variedad Gabana o Gabacha (ver Figura 1, tomada de Panés, 1916); en otros animales la piel seguía siendo negra pero las cerdas tenían un color leonado o bien con manchas de pelos rojos o blancos (ver Figura 2, tomada de Panés, 1916), y se les denominaban de variedad Pintada (Herranz, 1987. Citado por Lobera, 1998).

Santos Arán (1914) en su libro “Ganado de Cerda” indica que el cerdo Murciano parecería un intermedio entre el tipo céltico y el tipo ibérico, no sólo en su conformación, sino también por las condiciones de su aprovechamiento.

A mediados del siglo XIX se produjo una entrada de animales para cebo de otras partes de España (desde Andalucía y especialmente desde Extremadura), en respuesta a que las razas presentes por aquel entonces en Murcia no eran demasiado aptas para el

engorde, ya que requerían para su finalización hasta dos años, dando un peso en carne menor que otras razas de fuera de la Región.



Figura 1. Cerdo Murciano, variedad Gabana (Panés, 1916).



Figura 2. Cerdo Murciano, variedad Pintada (Panés, 1916).

II.1.1.2. El cerdo Chato Murciano.

El origen del cerdo Chato Murciano podemos fijarlo a comienzos del siglo XX, cuando por la necesidad de aumentar parámetros productivos, los ganaderos tomaron la iniciativa de sustituir el antiguo cerdo Murciano primitivo, existente en la Región, por cerdos con mayor velocidad de crecimiento, que además proporcionaban canales más magras, y por reproductoras con mayor tamaño de camada (Panés, 1916; Lobera, 1998; Poto et al., 2000a). Mediante cruces con las razas importadas se logró una población porcina de mejores parámetros productivos que, a su vez, mantenía su adaptación al medio de la Región.

Fueron numerosas las razas que se emplearon en los cruces con el antiguo cerdo Murciano primitivo, siendo las que más aportaron las Berkshire, York (Middle White) y Colorado Extremeño, aunque también lo hicieron en menor medida las Alderney, Craonés y Tamworth (Panés, 1916; Díaz, 1953).

A mediados de los años 50 se inició el declive de la hegemonía del cerdo Chato Murciano por diversos motivos (Lobera, 1998). Por un lado, los mercados impusieron que el cerdo fuese de capa blanca, por lo que se incrementaron los cruces con razas

Yorkshire y Middle-White, que además incrementaban la prolificidad y precocidad. Además, en los años 60, esta raza porcina se sumó a la caída de la calidad de carne, derivada del engrasamiento, debido a la carencia de una adecuada selección cárnica, coincidiendo con el rechazo de la grasa por parte de la sociedad, que demandaba productos magros, ante el riesgo de enfermedades cardiovasculares y el culto a una imagen delgada. También, el incremento de la demanda cárnica y las nuevas modalidades de la misma, que requerían un tipo de animal más precoz, prolífico y con mejores parámetros cárnicos, provocó un aumento de la importación del exterior de cruces genéticos, y que conllevó al arrinconamiento del cerdo Chato Murciano.

Tal fue el desplazamiento de ésta raza, que sólo se llegó a encontrar en el CIFEA (Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias) de Lorca, y en la granja porcina del Hospital “Luis Valenciano” de El Palmar” (Paredes, 1983; Poto, 2003).

En cuanto a las características morfológicas del cerdo Chato Murciano (ver Figura 3), lo podemos describir como un animal subhipermétrico, cóncavo y longilíneo, con orejas de tamaño medio, erectas y tendentes a la verticalidad, hocico corto, grande y fuerte y la jeta inclinada de delante a atrás y de abajo a arriba. La capa es de color negro.



Figura 3. Cerdo Chato Murciano (Poto, 2003).

II.1.1.3. Situación actual.

El cerdo Chato Murciano es una raza de protección especial en peligro de extinción (Real Decreto 1682/1997). Varios proyectos de investigación y ayuda a las asociaciones dedicadas a su conservación y recuperación están siendo implementados, y la preocupación por esta raza se sitúa no sólo en el ámbito regional, sino también en el nacional e internacional. Estos estudios están informando sobre las aptitudes productivas y de transformación industrial de los productos derivados.

Durante los últimos 10 años se han estudiado las posibilidades de conservación y recuperación del cerdo Chato Murciano en un sistema de explotación intensivo, comenzando por el censado y aumento del número de los animales existentes, preparación de dosis seminales congeladas para la creación de un banco de germoplasma (Labroue et al., 2000a; Poto et al., 2000d), caracterización etnozootécnica y genética de la raza (Poto et al., 1999, 2000c, 2002; Martínez et al., 2000; Vega-Pla et al., 2001), así como estudios productivos preliminares de una pequeña población en vías de recuperación (Peinado et al., 1999, 2001) y estudios sobre la calidad de su carne (Poto et al., 2000a,b; Poto 2003; Peinado et al., 2000, 2002, 2004; Galián et al., 2005a; Poto et al., 2007; Galián et al., 2007; Peinado et al., en prensa; Galián et al., en prep.).

Otro de los avances logrados en el intento de recuperar y conservar esta raza fue en el año 2005 la creación de la primera Asociación de Criadores del Cerdo Chato Murciano (ACHAMUR), cuya finalidad es recuperar la raza, además de integrar, representar, defender y promocionar los intereses de todos los criadores del cerdo Chato Murciano interesados en su conservación y mejora, en colaboración con las Administraciones Públicas.

Hoy día la forma de explotación más frecuente es en sistema de manejo intensivo empleando granjas convencionales, aunque también existen explotaciones tipo camping o semiextensivo (Poto et al., 2007).

Uno de los problemas tradicionales para la conservación de esta raza, y su utilización por parte de la industria de la zona, ha sido y es, el desconocimiento aún existente de sus propiedades nutritivas, productivas y tecnológicas diferenciales

respecto al resto de razas porcinas (razas autóctonas y cruces comerciales). Desconocimiento que con el presente y otros trabajos ya publicados esperamos comience a disminuir.

Actualmente el censo exacto de animales de la raza se desconoce, aunque se estima que en la Región de Murcia ya existen más de 300 reproductoras.

II.1.2. El Cerdo Ibérico.

A partir del denominado Tronco Ibérico, formado por la subespecie de jabalí llamada “*Sus Mediterraneus*” o “*Sus Scrofa Variedad Mediterránea*”, aparecieron una serie de razas españolas: Cerdo Ibérico (con las variedades negras y las variedades coloradas), Cerdo Murciano, Raza Balear de Mallorca y de Menorca, etc.

El cerdo Ibérico está adaptado a las difíciles condiciones medioambientales de la dehesa. Su rusticidad, comportamiento al pastoreo, potencial adipogénico, metabolismo anabólico y desarrollo tardío, lo diferencia con características propias de otras razas.

Los productos del cerdo Ibérico fueron siempre muy estimados (se citan ya en el siglo XVII), pero no tuvieron una cualificación especial, como sí ha venido sucediendo, aproximadamente, desde la segunda mitad de los años sesenta del pasado siglo. Sus productos elaborados se concretan en tres formas: jamón, paletas y embutidos, y son los que revalorizan esta raza, justo en la conocida como “crisis del Ibérico”, donde se coloca al borde de la desaparición. De tal forma que algunas de sus variedades son hoy historia. Tales productos, más concretamente el jamón y la paleta, llegaron con rapidez a constituir un sector específico en el mercado de productos cárnicos (Jiménez y Trócoli, 2000).

El cerdo de raza Ibérica, en su forma de explotación más conocida, aprovecha y revaloriza la dehesa de encina y alcornoque, alimentándose de los pastos y de la bellota en montanera, permitiendo la rentabilización de las labores culturales de poda, limpieza, etc., que de otra forma no tendrían justificación económica, lo que pondría en peligro una zona de alto valor ecológico de más de un millón y medio de hectáreas.

La demanda de los productos elaborados de cerdo Ibérico es y ha sido tan alta en las últimas décadas que dio lugar a que se destinaran a la industrialización animales de esta etnia, pero obtenidos fuera del sistema tradicional de explotación, cuyo ejemplo es el cerdo Ibérico de pienso, pues el de recebo se ha producido siempre. Naturalmente, la rápida cualificación del consumo llevó a discriminar la producción, calificando los jamones y paletas según la forma de obtención del cerdo en montanera, recebo y pienso.

En cuanto al **prototipo racial** de los cerdos de raza Ibérica, completamente descrito en la Orden APA/213/2003, podemos decir que son animales de tamaño medio, perfil fronto-nasal subcóncavo, de proporciones medias o ligeramente alargadas y pigmentación oscura, siendo ejemplares armónicos, con osamenta ligera, vivos y de movimientos fáciles y sueltos, con caracteres marcados propios del sexo a que pertenecen; pelo débil, no abundante, del mismo color que la piel; de extremidades finas y resistentes, jamones largos y descendidos.

Bajo el nombre de esta raza se han realizado numerosos cruces, lo que da como resultado efectivos con un bajo porcentaje de sangre Ibérica, por lo cual, en el año 2001, surgió el Real Decreto 1083/2001, que asegura mediante una norma de mínimos, que todo animal denominado como “Ibérico” ha de tener un 50 por 100 de sangre Ibérica, y exigiendo que en todo caso las madres sean individuos de la raza Ibérica en pureza.

El **censo** que ha ido descendiendo alarmantemente desde mediados del siglo XX, casi 600.000 reproductoras en 1955, ha tenido en la última década una manifiesta recuperación, hasta llegar en la actualidad a 223.000 reproductoras (MAPA, 2004), de las que más del 50% se encuentran en Extremadura. De ellas, el 35% se puede decir que son de la raza y el 65% cruzadas. Similar distribución tienen los cerdos de cría y cebo.

Junto a estos datos es conveniente observar los correspondientes a encinares aprovechables, que suponen 1.600.000 hectáreas aproximadamente, con el fin de hacerse una idea del tipo de montanera que se realiza en unas y otras provincias, o por lo menos la densidad de cerdos por hectárea que existe en cada una de ellas.

II.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL PORCINA.

II.2.1. Peso de la canal porcina.

De forma genérica, se entiende por canal el cuerpo del animal tras el desangrado y la retirada de las partes no adecuadas para consumo humano, las vísceras y otras porciones (Prändl, 1994). En todos los animales de abasto, salvo los cerdos, se separan la piel, las patas y la cabeza de la canal. Los animales de carnicería se retiran la lengua, laringe y si es el caso las mollejas (timo), los pulmones con la tráquea, el corazón, el hígado y el esófago. Específicamente en el ganado porcino, la Unión Europea define la canal de cerdo (Reglamento 3220/84) como el cuerpo de un cerdo sacrificado, sangrado y eviscerado, entero o dividido por la mitad, sin la lengua, las cerdas, las pezuñas y los órganos genitales, pero con la manteca, los riñones y el diafragma.

Se pueden comercializar canales enteras, medias canales (cerdo y ovino) o en cuartos (bovino). La calidad de la canal dependerá del estado del animal y de una serie de criterios (porcentaje de músculo y grasa que presenta la canal, distribución del músculo y de la grasa, calidad del músculo y de la grasa) para clasificar las canales en distintas categorías.

El tipo de carne demandada por el consumidor va a determinar el peso de la canal del cerdo en matadero y, con respecto a esto, el peso vivo (PV) de los cerdos al sacrificio varía desde el cerdo de verdeo o para consumo directo con 65-80 kg de PV, hasta el cerdo polivalente con 115-120 kg de PV (Ciriá y Garcés, 1995). Provenientes estas carnes hoy día de cruces comerciales, a partir de otros cruces o razas, como resultado de esquemas de selección y cruzamiento de diversas líneas de las razas, especializadas en uno o varios caracteres.

El peso de la canal al sacrificio viene determinado por diversos factores: genotipo, edad, sexo, condiciones de alojamiento y alimentación, etc. Factores que pueden afectar de forma directa o indirecta al peso de la canal (Ciriá y Garcés, 1995), y que debemos conocer para poder controlarlos si queremos obtener con las mismas edades de sacrificio unos pesos de canales similares y uniformes. Así, para un mismo genotipo, los cerdos van a dar canales de mayor peso y contenido graso con la edad.

Igualmente, el sexo (machos, enteros o, castrados, o hembras) va a influir en diversas variables (consumo voluntario, velocidad de crecimiento, relación entre deposición grasa y proteína e índice de transformación), todas ellas afectan por tanto al peso final de la canal obtenida.

Entre los muchos aspectos que han ido cambiando con el tiempo en la porcicultura en España se encuentra el peso de la canal porcina, que en la segunda mitad del siglo pasado ha pasado de canales muy pesadas con un alto contenido en grasa a canales magras de menores pesos, llegando a un peso medio de canal de 77,5 kg en el año 1994 (MAPA, 2004). Este cambio se debió a una serie de factores ya comentados anteriormente. Sin embargo, en los últimos 10 años esta tendencia se ha invertido, llegando a un peso medio de canal de 87,1 kg en el año 2003 (MAPA, 2004), como consecuencia de un intento de recuperar la calidad sensorial y tecnológica perdidas al disminuir en exceso el porcentaje graso de la canal. En la Región de Murcia, el peso medio de las canales porcinas ha tenido una evolución similar a la de España, pasando de 88,19 kg en 1965 a 76,61 kg en 1989, y volviendo a subir hasta los 86,0 kg en 2003. En otros países de la Unión Europea existe una gran variabilidad en los pesos de las canales comercializadas, con pesos para el año 2003 desde los 63 kg en Portugal hasta los 169 en Bélgica y Luxemburgo, pasando por los 93 de Alemania, 78 de Dinamarca, 90 de Holanda y 117 kg de Italia (MAPA, 2004).

A nivel europeo se están realizando numerosas investigaciones sobre características de calidad de carne obtenida de animales sacrificados a pesos elevados (Castaing y Cazaux, 2000; Lebret et al., 2000; Fischer et al., 2006a; Correa et al., 2006) y que además, logran en pocos meses. Las razas autóctonas necesitan más tiempo que las modernas para alcanzar los mismos pesos. Serra et al. (1998) comprobaron un crecimiento mucho más rápido para lograr 100 kg en la raza Landrace (187 días) que en Ibérico (227 días) explotados en intensivo; Franci et al. (2005) necesitaron 312 días para alcanzar 136,2 kg en la raza autóctona italiana Cinta Senese y para Large White tan sólo 272 días para 139,0 kg.

También es cierto, que las razas tradicionales de forma habitual y también en la mayoría de los estudios realizados sobre ellas, el sacrificio suele ser a pesos muy superiores a las razas comerciales, que sumado a su desarrollo lento, son sacrificadas a

edades elevadas, tal y como se exponen en trabajos sobre diversas razas: Negro Canario (López y Ginés, 1996), Ibérico (Mayoral, 1994; Barba et al., 2000), Cinta Senese y Nero Siciliano (Pugliese et al., 2003, 2004a,b), Mora Romagnola y Casertana (Fortina et al., 2005), Creole (Renaudeau y Mouro, 2007).

Los sistemas de clasificación de canales, que en sus inicios consistía solamente en la apreciación subjetiva de un observador (clasificador de canales), y para lo que posteriormente se han ido incorporando el empleo de varios aparatos de medida (sondas de penetración, ultrasonidos, medidas de conductividad eléctrica, etc.), han servido para categorizar las canales. La CEE requería la identificación de las canales con una sigla correspondiente a las letras de la palabra SEUROP, donde S corresponde a la canal con un porcentaje magro mayor al 60% y P menor al 40%. Los sistemas de medición hoy día utilizados están muy adaptados a los pesos (no válidos a pesos superiores a 110 kg), edades y razas normalizadas, normalmente destinadas a un consumo de la carne en fresco; pero en el caso de las razas autóctonas, con una morfología, pesos y edades de sacrificio diferenciadas, estos sistemas destinados a la clasificación de canales no son válidos.

En la tipificación de la canal porcina de razas autóctonas es corriente realizar la medida del espesor de tocino dorsal; también existen otras medidas de parámetros morfométricos (longitudes lineales y perímetros) que se realizan sobre la canal porcina para deducir su calidad como materia prima de los productos transformados (Poto, 2003; Peinado et al., 2004). Además, hay que tener en cuenta que la carne de esas razas autóctonas es destinada en gran medida a productos transformados, donde componentes como la grasa tienen un valor añadido, mientras que en otro tipo de productos sería motivo de rechazo.

II.2.2. Rendimiento de la canal porcina.

El rendimiento de la canal se refiere al coeficiente entre el peso de la canal en oreo y el peso vivo al sacrificio del animal, siendo éste mayor o menor dependiendo de la inclusión o no de la cabeza dentro de la canal. Por este motivo, cuando se comparan los rendimientos de la canal de las distintas especies se encuentran muchas diferencias entre la canal porcina y el resto de las canales, ya que en porcino la piel y la cabeza

entran a formar parte de la canal, además de presentar las manos y pies íntegros (Poto, 2003).

En cuanto al rendimiento de la canal, los resultados hallados en numerosos trabajos en razas autóctonas españolas y extranjeras (Barba et al., 2001; Pugliese et al., 2003, 2004a,b; Peinado et al., 2004; Fortina et al., 2005; Ramírez y Cava, 2006; Daza et al., 2006) y sobre razas o cruces comerciales (Infocarne, 2006) y otros que las comparan (Serra et al., 1998; Renaudeau y Mourot, 2007) indican que las razas tradicionales tienen unos rendimientos superiores a los de las razas comerciales. Aunque existen otros trabajos que no confirman este hecho al comparar entre razas (Labroue et al., 2000b; Wood et al., 2004; Franci et al., 2005) o que también obtienen elevados rendimientos en razas o cruces comerciales (Tibau et al., 1997; Ruusunen et al., 2006; Fischer et al., 2006a).

En las razas autóctonas españolas el rendimiento encontrado es muy variable. Los primeros datos productivos sobre el rendimiento de la canal del cerdo Ibérico fueron mostrados en concursos promovidos por la Asociación de Ganaderos del Reino en 1929 entre animales de raza Lampiña, la raza Entrepelado y la raza Portuguesa o Colorada, siendo en esta última raza donde se presentaron animales con pesos vivos más altos, comprendidos entre 184 a 245 kg, los cuales ofrecieron los rendimientos medios a la canal más elevados, con un 86,61% (Anónimo, 1931; citado por Barba C., 1999). Según Castro (1953; citado por Barba C., 1999) el rendimiento medio de los cerdos en España a mediados del siglo XX estaba en torno al 82% de media, citando a Torrens, (1948) quien para el cerdo Mallorquín encontraba rendimientos medios del 84,55% (oscilando entre 79,2 y 89,6%). Mientras que Codina (1947) para el grupo Céltico, según el grado de engrasamiento, cifraba rendimientos de entre el 75 y el 85%. En los últimos años también se han publicado numerosos trabajos, sobre todo en la raza Ibérica (Serra et al., 1998; Barba et al., 2001; Ramírez y Cava, 2006; Daza et al., 2006), aunque también en otras como el cerdo Chato Murciano (Peinado et al., 2004) y el cerdo Celta (Sánchez et al., 2001), que indican elevados rendimientos de la canal.

Los trabajos anteriormente citados ofrecen en sus resultados una elevada variabilidad en los rendimientos de la canal debida a numerosos motivos, que además de las diferencias dadas por la raza y la forma de faenarla, existen otros factores que

influyen y varían los rendimientos obtenidos, como son la edad y peso de sacrificio (Tibau et al., 1997; Correa et al., 2006), el sexo (Pugliese et al., 2004b), el sistema de explotación (Danielsen et al., 2000; Sather et al., 1997; Sundrum et al., 2000; Rosenvold y Andersen, 2003; Edwards, 2005) o la alimentación (Wood et al., 2004; Teye et al., 2006).

II.2.3. Estudio morfométrico de la canal porcina.

La composición y la proporción de las partes que integran la canal es consecuencia de la conformación, entendiendo ésta como el conjunto de factores morfológicos que determinan líneas, perfiles y ángulos corporales (Colomer y Kirton, 1975; citado por Poto, 2003). Por tanto, el estudio morfométrico de la canal porcina tiene interés en la predicción de la calidad y cantidad de los componentes de la carne obtenida. Si el tejido muscular forma grupos redondeados, cortos y gruesos presentará un rendimiento mayor que en el caso contrario.

Dado que durante el proceso de enfriamiento de la canal, la misma sufre unos procesos de retraimiento, rugosidad y deformación, tanto de la grasa subcutánea como de la piel, es importante considerar el momento de toma de la medida, si es con la canal en caliente o ya enfriada (Lakshmanan y col., 1984).

El aspecto externo de las canales puede provenir de distintos tipos de conformación asociados al crecimiento relativo de los depósitos grasos de cobertura (Desmoulin, 1986). Ya en 1932, Hammond, y posteriormente numerosos investigadores, estableció que en relación a los diversos tejidos, el grado de madurez se alcanza en el orden cronológico siguiente: nervioso, óseo, muscular y graso. Wood (1984) también estableció esas diferencias en la composición del cuerpo que acontecen durante el crecimiento del ganado porcino hasta pesos de sacrificio.

Dada la tendencia de los últimos años de buscar carne y canales cada vez más magras y con un contenido menor en grasa, se ha ido estableciendo en el mercado un predominio de razas comerciales con un ETD mucho menor, atendiendo a una respuesta a la selección genética realizada en ese sentido (Wood et al., 2004; Inforcarne, 2006; Fischer et al., 2006a). Por el contrario, las razas autóctonas, que no entraron en los

programas de selección hacia carnes magras, además de presentar por ello unos altos niveles de engrasamiento, suelen sacrificarse a edades y pesos mayores, lo que da valores de ETD aún mayores (Mayoral, 1994; Serra et al., 1998; Labroue et al., 2000b; Poto, 2003; Fortina et al., 2005; Daza et al., 2006; Renaudeau y Mourot, 2007).

Se ha comprobado cómo al aumentar el peso vivo se incrementan el estado de engrasamiento y el porcentaje de grasa (Asenjo et al., 2005; Fischer et al., 2006a), aunque hay autores que no confirman este hecho, como Correa et al. (2006) quienes estudiaron el efecto del peso de sacrificio en diversos aspectos de la canal y calidad de la carne, no encontrando diferencias significativas en el espesor de tocino dorsal en tres lotes sacrificados a diferentes pesos vivos (107, 115 y 125 kg); aunque sí en otros parámetros como longitud de la canal y rendimiento de la canal, los cuales aumentan con el peso de sacrificio.

Dado que los sistemas habitualmente empleados en matadero para la tipificación de canales están adaptados a las razas y cruces comerciales, la medida de diversos parámetros morfométricos tiene una gran importancia para el caso de las razas porcinas autóctonas (Poto et al., en preparación), ya que éstas tienen unas características diferenciales que deben ser valoradas también de una forma diferente. De igual manera, parámetros como el perímetro máximo del jamón van a ser muy importantes, ya que en estas razas autóctonas, como el caso del cerdo Chato Murciano, el jamón curado va a ser un producto estrella, y cuyo proceso tecnológico de salazón, secado y curado, va a verse influido por las dimensiones de esa pieza (Poto, 2003).

II.2.4. Despiece de la canal porcina.

Una vez sometida la canal a un periodo de oreo es habitual realizar el corte o partición de la canal, dando lugar a un conjunto de piezas cárnicas denominadas “despiece de la canal”. Estas piezas estarán destinadas a la comercialización y posterior consumo en fresco, o serán transformadas en productos cárnicos, de manera que se aumentará su valor económico, vida útil, facilidad culinaria o valor alimenticio.

El despiece del cerdo es distinto según la finalidad de esa carne (vicobos.es.vg, 2006), y cada pieza tendrá una valoración distinta según sea su destino para venta en fresco o para elaboración de productos cárnicos. El despiece puede realizarse de diversas maneras debido a los diferentes hábitos de consumo y procedimientos de transformación de la carne, aunque la unificación de criterios de mercado ha llegado a establecer un despiece normalizado para la comercialización de canales de cerdos magros destinados al consumo de carne fresca. De esta forma, Gispert y Diestre (1999) describen un despiece normalizado formado por 17 piezas diferentes.

Teniendo en cuenta el valor económico, aquellas piezas que superen el valor de 3,00 €/kg serían consideradas como piezas nobles, entre las que se incluirían el jamón, el costillar (comprendiendo el lomo), la cabeza del lomo y, dependiendo de la cotización de mercado, la paleta o espalda. Las piezas de menor valor son aquellas que presentan mayor cantidad de grasa o hueso (Poto, 2003). También puede considerarse como piezas nobles aquellas que tienen un mayor valor económico por destinarse a la transformación. Dentro de los trabajos realizados sobre razas porcinas autóctonas por diversos autores se estima habitualmente el despiece de jamones, paletillas (Daza et al., 2006) y lomos (Barba, 1999; Ramírez y Cava, 2006); aunque otros además incluyen solomillo, cabeza de lomo, costilla, tocino, y algunos incluso consideran los pesos de huesos, espinazo y rabo.

El tipo de cerdo utilizado en los diferentes estudios (especialmente su peso de sacrificio), depende en gran medida de la finalidad de esa carne (consumo en fresco o para transformados). De modo que los cerdos destinados a transformación, con productos finales de alto valor económico, presentan un mayor peso de sacrificio, lo que confiere unas propiedades distintas a la canal y la carne, especialmente un engrasamiento superior.

Tibau et al. (1997) estudiaron diversos aspectos de calidad de la canal y de la carne en 4 razas comerciales (Large White, Landrace, Duroc y Pietrain) encontrando al aumentar el peso de sacrificio (de 90 a 110 kg) una tendencia marcada hacia canales con un mayor rendimiento, menor porcentaje magro y similar porcentaje de despiece (jamón + chuletero).

Numerosos trabajos indican que las razas o cruces comerciales (Tibau et al., 1997; Fischer et al., 2006a; Renaudeau y Mourot, 2007), seleccionados hacia una alta producción cárnica presentan un rendimiento en piezas nobles respecto al peso de la canal superior a las razas tradicionales (Barba, 1999; Sánchez et al., 2001; Ramírez y Cava, 2006), presentando el cerdo Chato Murciano valores intermedios (Poto, 2003).

II.3. VARIOS ASPECTOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO.

Existen numerosos factores que determinan la “calidad” de la carne, los cuales los podemos clasificar en:

- **Factores antemortem:** estado fisiológico del animal (dado por la raza y edad), predisposición genética (sanitaria y de género), calidad de la alimentación, condiciones de alojamiento, condiciones de transporte (tipo, duración y climatología)

- **Factores en matadero:** condición de cuadras, manejo de los animales, tipo de aturdimiento empleado y desangrado...

- **Factores postmortem:** temperatura de la canal, duración hasta comienzo del enfriamiento, efectividad del enfriamiento, condiciones higiénicas...

Además de todos estos factores, existe una serie de parámetros que se emplean para una caracterización de la calidad de la carne, como son la capacidad de retención de agua, color, valores de pH, cálculo del porcentaje magro/graso de la canal, propiedades eléctricas, estructura en fibra muscular, propiedades de textura, contenido en grasa intramuscular, composición en ácidos grasos, etc.

A continuación se exponen aquellos factores y parámetros de calidad considerados en este trabajo.

II.3.1. Sistema de explotación.

Comparado con los sistemas de producción modernos, los sistemas de producción del pasado eran muy diversificados dependiendo de, por ejemplo, el clima,

el suelo, las características productivas y de la vegetación de las zonas agrícolas, las razas empleadas, ambiente socioeconómico, condiciones de explotación y tecnología empleada. Sin embargo, el constante incremento de la competencia ha ido borrando estas diferencias con el tiempo debido a factores tales como el intercambio de material genético, colaboración entre países y un manejo de la alimentación de acuerdo con los precios del mercado mundial, lo que ha confluído en unos sistemas de producción más normalizados y una calidad porcina mucho más homogénea (Rosenvold y Andersen, 2003).

Uno de los aspectos que diferencia claramente a los sistemas de producción intensivos y al aire libre es la percepción que tienen los consumidores, lo que puede influir en la percepción de la calidad de un producto producido de una u otra forma. Los consumidores perciben el sistema al aire libre como más humano, respetuoso con el medio ambiente, tradicional y sostenible, además de pensar que los productos así obtenidos son más nutritivos y seguros, con un menor uso de aditivos en la dieta y antibióticos (Edwards, 2005). Aunque esta perspectiva del consumidor no es siempre correcta, cerdos finalizados en sistemas al aire libre crecieron mejor, y tuvieron menos lesiones en piel y úlceras estomacales que animales explotados en sistemas intensivos con suelo en “slat”; pero estos resultados no fueron mejores que cerdos explotados en intensivo sobre paja. Se ha comprobado que los sistemas al aire libre son mejores para la salud de los animales en algunos aspectos, pues los costes veterinarios y en medicinas se reducen en un 10-20%, sin embargo, las parasitosis aumentan en los sistemas al aire libre, al igual que el control de la bioseguridad se ve reducido, además de la amenaza de transmisión de infecciones zoonóticas por parte de los animales salvajes (ej. *Salmonella* procedente de pájaros). Los cerdos en intensivo sufren menor estrés térmico y menor competencia social.

Los sistemas de producción en extensivo, como la producción al aire libre, y otras formas de producción mejoradas, han ganado interés en Europa y Norte América. Junto a unos pocos sistemas de producción tradicionales en La Dehesa, un cambio del confinamiento de los animales a sistemas mejorados, incluyendo aspectos de al aire libre van a ser un reto para la producción porcina, la cual está siendo constantemente modernizada (Hansen et al., 2006).

Las diferencias encontradas en los cerdos y en las canales de los “nuevos” sistemas de producción, como el ecológico, no se deben en exclusiva al sistema de producción en sí, sino que existen otra serie de factores (genética, alimentación y manejo presacrificio) que deben ser tomados en cuenta (Hansen et al., 2006). El genotipo de los animales empleados va a depender habitualmente del sistema de producción empleado (intensivo o al aire libre). Los animales explotados al aire libre necesitan tener una constitución más robusta para poder soportar las rigurosidades climáticas (calor o frío), exhibir unas pautas de comportamiento adecuadas, y deben ser capaces de soportar unas condiciones sociales donde se lucha por los recursos, tales como comida y refugio (Edwards, 2005). Una de las razas empleadas para conferir la característica de robustez es la raza Duroc, que soporta las condiciones ambientales, y además mejora el contenido en grasa intramuscular, el tipo de fibra y parámetros de calidad de carne (color, firmeza y ternura). Las razas autóctonas están adaptadas a las condiciones locales y sistemas de producción extensiva, lo que favorece hoy día su mantenimiento y recuperación en zonas frecuentemente deprimidas social y económicamente.

La carne de cerdo producida en intensivo es con mayor frecuencia más tierna que la producida en sistemas ecológicos (Danielsen et al., 2000; Wood et al., 2004; Edwards, 2005). Se ha sugerido que esto se debe a la menor ganancia media diaria en el sistema ecológico, lo que disminuye el potencial proteolítico del músculo en el momento del sacrificio. Por otro lado, en los sistemas ecológicos, la cantidad de grasa intramuscular es mayor, y además, la composición en ácidos grasos es más insaturada comparada con los sistemas intensivos. Todo ello puede dar lugar a una carne de calidad tecnológica inferior, debido al aumento de la oxidación lipídica y a la presencia de una grasa blanda (Nilzén et al., 2001; Bryhni et al., 2002; Wood y Enser, 1997; Wood et al., 2003; Rosenvold y Andersen, 2003).

En los sistemas de producción ecológica, se hace especial énfasis en la utilización de razas autóctonas adaptadas a las condiciones locales y a los sistemas de producción extensiva. Estas razas además tienen en general mayores niveles de tocino dorsal y de grasa infiltrada, una grasa más firme, producen una carne más oscura, y con menores pérdidas por goteo durante el almacenamiento (Edwards, 2005). Asociándose

estos mayores niveles en grasa IM a una calidad sensorial superior (Fernandez et al., 1999).

El contenido en elementos antioxidantes aumenta en la carne de los sistemas ecológicos al aire libre con acceso a la hierba comparado con los sistemas en intensivo. Sin embargo, esta diferencia no es suficiente para compensar dado el alto nivel de ácidos grasos poliinsaturados en relación con la estabilidad oxidativa de la carne (Hansen et al., 2000). La carne de los animales producidos en sistema ecológico ha mostrado tener un alto porcentaje magro y un valor de la canal mayor debido al aumento del peso de los lomos y jamones comparados con aquellos que provienen del sistema de producción intensivo (Sather et al., 1997; Edwards, 2005).

En un estudio realizado por Hansen et al. (2006) se demuestra que los cerdos producidos en sistemas ecológicos en los que sólo son alimentados con concentrado *ad libitum* producen canales y carnes de alta calidad, similar a los cerdos producidos de forma convencional en intensivo; sin embargo, otros lotes alimentados con una parte de la ración con ensilado mostraron una carne más dura, un nivel de grasa IM más bajo y mayor en ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGM); no viéndose afectado el color.

En comparación con los animales estabulados, los cerdos producidos al aire libre generalmente disponen de zonas donde pueden moverse, y además tienen un ambiente más diverso que les estimula a desarrollar su conducta exploratoria. Esa mayor actividad física puede ser muy importante para el bienestar animal, además el tono muscular y la dureza del hueso pueden verse adversamente afectado por el movimiento restringido, aunque una actividad incrementada necesita disponer de niveles energéticos mayores (Edwards, 2005).

El principal factor limitante de la explotación al aire libre en la producción porcina es la temperatura (Lebret et al., 2002). De hecho, la temperatura ambiental influye en las características de canal, músculo y grasa. Otros factores, tales como variaciones en la temperatura durante el transcurso del día o de un día a otro, la alimentación o la actividad física, pueden influir en las características de los tejidos y calidad de la canal (Lebret et al., 1999). Además, el sistema de explotación influye en

las características de la grasa subcutánea. La conclusión de Lebret et al. (1999) fue que a pesar de que las condiciones del sistema de producción outdoor influyen en la percepción del consumidor de la producción porcina, estas condiciones no mejoran la calidad de la canal.

El cerdo Chato Murciano ha sido una raza tradicionalmente explotada en sistemas al aire libre, siendo hoy día explotado más comúnmente en sistemas convencionales en intensivo (Poto et al., 2007). Diversos estudios realizados sobre esta raza rústica demuestran la mayor adaptación de estos animales a los sistemas de explotación al aire libre, donde los problemas de consanguinidad se ven minimizados por la situación de bienestar y ausencia de factores estresantes, y donde los niveles de producción son superiores a la explotación en intensivo (Peinado et al., 2004; Galián et al., 2005a, 2007, en prep.; Poto et al., 2007).

II.3.2. Estudio del pH muscular.

El pH de la carne va a influir sobre las características de color, terneza, sabor, capacidad de retención de agua y conservabilidad, de modo que va a afectar a las propiedades organolépticas de esa carne y, además, a su calidad higiénica y a su aptitud tecnológica para la elaboración de productos cárnicos.

En el animal vivo existen dos vías metabólicas que proporcionan el aporte energético del músculo. La vía anaeróbica o glicolítica, que no consume oxígeno, degrada la glucosa hasta Acetil-CoA, dando lugar a dos moléculas de ATP por cada una de glucosa catabolizada. Y la vía aeróbica u oxidativa, que utiliza el Acetil-CoA, producido en la glucólisis, en el catabolismo de ácidos grasos o en la desaminación de aminoácidos. Esta última vía requiere aporte de oxígeno, almacenado en el músculo en la mioglobina. Existen otras fuentes de energía almacenada como la Creatin Fosfato, que se utiliza en casos de necesidad: falta de alimentos, enfermedades, fatiga, etc.

Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, el cual debe utilizar sus reservas de energía para sintetizar ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. Conforme se reducen los niveles de ATP se genera simultáneamente fosfato inorgánico, que a su vez estimula la

degradación de glucógeno a ácido láctico mediante la glucólisis anaerobia (Garrido et al., 2005). La formación de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos va a provocar un descenso del pH muscular que continúa hasta que se agotan las reservas de glucógeno o hasta que se inactivan los enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie, 1998). También hay que tener en cuenta que, en general, la glicólisis y el comienzo del *rigor mortis* son más rápidos en los músculos blancos que en los rojos (Ordóñez et al., 1998); pero este hecho puede verse enmascarado por la tasa de enfriamiento según la ubicación del músculo (Monin y Ouani, 1992). La mayoría de los estudios que tratan aspectos de calidad han sido realizados sobre el músculo Longísimo lumbar, que es un músculo blanco, con alta capacidad glicolítica.

Existen dos circunstancias en la evolución del pH de los animales sacrificados que producen alteraciones en la calidad final de la carne, son las conocidas carnes PSE (pale, soft, exudative) y DFD (dark, firm, dry), cuyas características han sido ampliamente estudiadas y se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las carnes PSE y DFD (Hoffmann, 1987).

Característica	Carne PSE	Carne DFD
Glicólisis, caída del pH	Muy elevada	Lenta e incompleta
Valor de pH	pH ₄₅ < 5,8	pH ₂₄ > 6,2
Color	Claro, pálido	Oscuro
Consistencia	Blando	Dura, firme
CRA	Escasa	Elevada
%PG	Alta	Baja
Caducidad	A veces reducida	Reducida
Terneza	Disminuida	Aumentada

CRA: capacidad de retención de agua. %PG: porcentaje de pérdidas por goteo.

La variación y valor final de pH está regulada por diversos factores, entre los que destacan los genéticos, alimentación, edad al sacrificio, sexo, condiciones de transporte y descanso previo al sacrificio. La duración del ayuno previo al sacrificio es determinante en la evolución y valor final del pH (Rosenvold y Andersen, 2003; Faucitano et al., 2006). La depleción de glucógeno muscular, y por tanto el valor final del pH una vez sacrificado el animal, dependerá en gran medida de todos aquellos

factores que causan malestar físico y, por tanto, estrés físico y fisiológico a los animales (Sanz et al., 1996; Terlow, 2005).

Diversos estudios demuestran que factores como el sistema de explotación (Barton-Gade y Blaabjerg, 1989; Gandemer et al., 1990), el genotipo y el matadero (Terlow, 2005), estrés provocado por descargas eléctricas (Küchenmeister et al., 2005), la duración del transporte y la densidad de animales (Mota-Rojas et al., 2006), el tipo de aturdimiento empleado (eléctrico o con CO₂; Lammens et al., 2006) o la concentración y tiempo de exposición al CO₂ para el aturdimiento en matadero (Nowak et al., 2006), afectan al estrés sufrido por los animales y por tanto a diversos parámetros de calidad de carne (pH, CRA, entre otros).

La medida de los valores de pH sobre los diferentes músculos de la canal tiene como finalidad comprobar la evolución de este parámetro durante los procesos de transformación en carne. Por ello, se utilizan para su medición tiempos cercanos a la obtención de la canal; es decir, a los cuarenta y cinco minutos del sacrificio (pH₄₅) y a las 24 horas postmortem (pH₂₄), ya que este es el momento cuando se alcanza el pH más bajo, a partir de aquí se mantiene o comienza a subir según la temperatura ambiental (Barton-Gade, 1980; Oliver et al., 1991). Además, hay que tener en cuenta la localización de la medida, pues la velocidad de descenso del pH depende del músculo seleccionado y de la caída de temperatura del mismo, la cual también modula la velocidad de la glucólisis postmortem, de modo que temperaturas elevadas (alrededor de 40 °C) aceleran el descenso del pH, siendo necesarias menos horas para alcanzar el pH final (Pearson y Young, 1989).

Algunos autores indican diferencias según el sexo en los valores y evolución del pH debido a un distinto potencial glicolítico (Larzul et al., 1997), aunque este efecto se mantiene en controversia pues otros autores no encuentran esas diferencias (Pugliese et al., 2004b).

Existen numerosos estudios realizados sobre razas autóctonas (Serra et al., 1998; Labroue et al., 2000b; Peinado et al., 2004; Pugliese et al., 2004b; Franci et al., 2005; Renaudeau y Mourot, 2007) y sobre razas comerciales (Lebret et al., 2002; Fischer et al., 2006b; Ruusunen et al., 2006), de manera independiente o comparándolas,

encontrándose habitualmente unos valores de pH superiores en las primeras. Un caso particular es la raza Duroc, que a pesar de ser una raza altamente seleccionada, mantiene elevadas características de rusticidad, y ofrece valores de pH típicamente asociados a las razas tradicionales (Tibau et al., 1997).

II.3.3. Estudio del color de la carne.

La CIE (Comisión Internacional de l'Eclairage) define el color percibido como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos. Este color no depende sólo del color físico del estímulo sino también de su tamaño, forma, estructura y estímulos que le rodean, aparte del estado del sistema visual del observador y de su experiencia en situaciones de observación semejantes o relacionadas.

El color, junto con la ternura, sabor, jugosidad y aroma es uno de los parámetros principales que se utilizan para medir la calidad de la carne, y va a ser uno de los factores más importantes al determinar la elección y aceptación de esa carne por parte del consumidor, y que, a su vez, va a determinar el valor del producto en el momento de su comercialización. Además, es la primera característica apreciada por el consumidor y el primer atributo que se juzga en el momento de la compra, y de aquí su importancia, al ser relacionado con las cualidades sensoriales del mismo.

La determinación del color de la grasa y del músculo es fundamental para ofrecer un producto tipificado al consumidor. No obstante, en el caso del músculo la medida es mucho más compleja debido a que la apariencia del color varía al estar condicionada por los procesos de oxidación y oxigenación de la mioglobina (Alberti et al., 2005).

En los últimos años se ha pasado de la utilización de los métodos subjetivos del color a las determinaciones objetivas, midiendo el color por reflexión, concentración de pigmentos, etc. Pero el color deseable es algo más que el brillante rojo cereza de la carne fresca magra, o el rosa apetecible de la carne curada que indican al comprador que el producto es sano y comestible. El color de la grasa también es importante, amarillo para el vacuno en extensivo o rosa pálido para los animales alimentados con pienso.

Existen tres fuentes de la variación del color en el músculo (Honikel, 1998):

- El contenido en pigmentos (mioglobina fundamentalmente), que es el factor intrínseco más importante, y está relacionado con la especie, la edad del animal, la raza, el sexo y el tipo de alimentación.
- Las condiciones del periodo presacrificio, procedimiento de sacrificio y posterior procesado (estrés, temperatura y humedad de la cámara, etc.) afectan al color, al variar la velocidad de caída del pH y de la temperatura.
- El tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización van a influir en la apariencia del color a través de los procesos de oxigenación y oxidación de la mioglobina.

La carne está compuesta por varias fracciones entre las que destacan el músculo y la grasa. La estructura del músculo y la concentración de pigmentos influirán en la cantidad de luz reflejada y, por tanto, en su color. Asimismo, el color de la grasa estará influido por la concentración de pigmentos y la composición química de los distintos ácidos grasos que compongan el depósito graso (los colores de la grasa subcutánea, intermuscular e intramuscular son los que tienen importancia para el consumidor).

La **mioglobina** es el pigmento que se encuentra en mayor cantidad en la carne, aunque cuando la carne procede de un animal mal sangrado, el pigmento hemático se encontrará también en la carne. La mioglobina es la responsable del color rojo de la carne fresca y actúa como depósito o transportador de oxígeno en el músculo vivo. El oxígeno que llega al músculo con la hemoglobina se difunde desde los capilares a la fibra muscular, donde se une a la mioglobina para su posterior uso en el metabolismo aerobio, actuando de esta manera como almacén de oxígeno. La cantidad de mioglobina presente en el músculo depende del tipo de fibra muscular. Normalmente, las fibras tipo II son ricas en enzimas glicolíticos pero pobres en metabolismo aerobio y contienen poca mioglobina, mientras que las fibras tipo I contienen muchas mitocondrias, lo que supone una alta demanda de oxígeno y son ricas en mioglobina (Poto, 2003). La molécula de mioglobina (ver Figura 4) está compuesta por una proteína, la globina y un anillo de porfirina con un átomo de hierro en el centro, lo que se conoce como “grupo hemo”. El átomo de hierro tiene seis enlaces de coordinación y está unido de la siguiente forma: por un enlace a la proteína (globina), por cuatro enlaces a los mismos

átomos de nitrógeno del anillo protoporfirínico y por el sexto enlace se une generalmente al oxígeno y a una molécula de agua según el estado químico en que se encuentre.

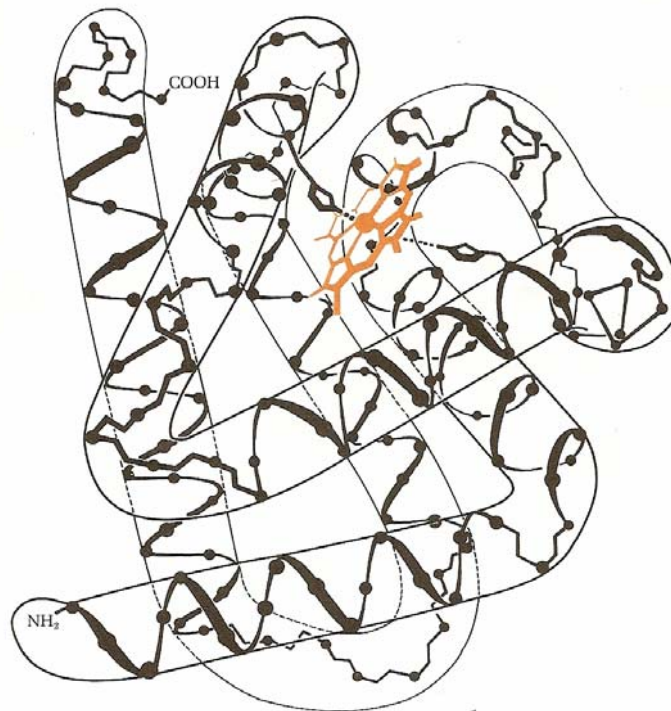


Figura 4. Estructura de la mioglobina deducida de los datos por rayos X de alta resolución (0,2 nm) (Reproducido de R.E. Dickerson, 1964). El grupo hemo, al que se une la molécula de oxígeno, se muestra en rojo.

El contenido de mioglobina en carne es alto en el ganado vacuno y bajo en el pollo. Otros pigmentos de la carne son los citocromos, las flavinas y la vitamina B₁₂, pero sus concentraciones son muy bajas y no intervienen directamente en el color de la carne.

En el músculo, el hierro se encuentra en la mioglobina en forma de ión ferroso, y así se encuentra en la carne fresca. El grupo hemo puede tener asociado una molécula de oxígeno, formando entonces la oximioglobina (ver Figura 5), de color rojo brillante, que es el que se observa en la parte exterior de la carne, produciendo el color deseado por la industria. En el interior, la mioglobina no tiene oxígeno unido, estando entonces en forma de deoximioglobina, que tiene un color rojo púrpura más intenso y oscuro que el de la oximioglobina. Estas dos formas son interconvertibles, dependiendo de la presión parcial de oxígeno, y en la práctica, de la superficie de contacto.

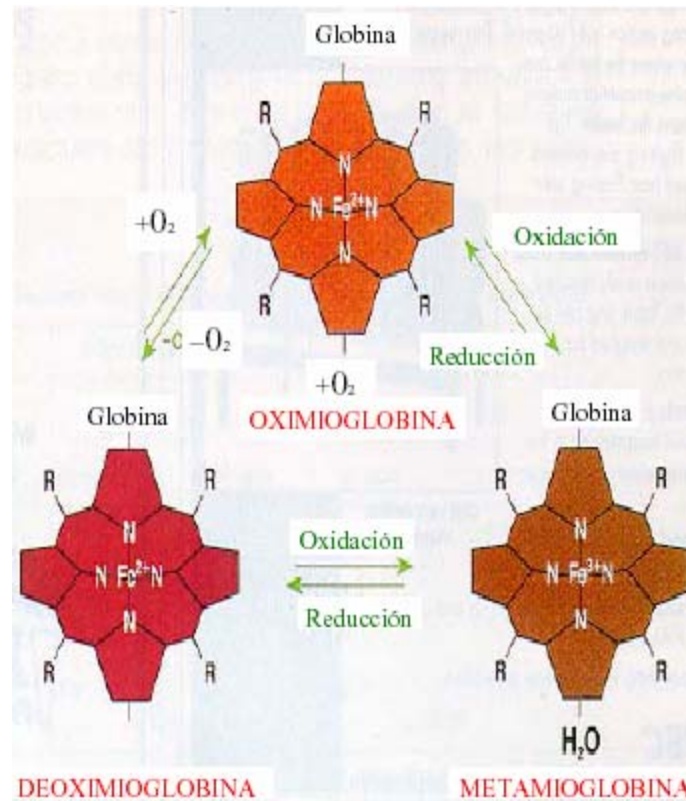


Figura 5: Cambios en el estado químico de la mioglobina.

En la carne picada, con gran superficie expuesta, el ión ferroso, inestable, pasa a férrico, oxidándose con gran rapidez. La mioglobina con el hierro en forma férrica recibe el nombre de metamioglobina o ferrimioglobina, es de color marrón poco atractivo, propio de la carne almacenada demasiado tiempo. En la carne cocinada acaece un fenómeno similar. En los productos curados, el óxido nítrico (NO), procedente de la reducción de los nitritos utilizados como aditivo, se une al hierro de la mioglobina, dando nitrosilmioglobina, pigmento de color rojo, pero relativamente inestable. La desnaturalización de la proteína permite que se una al hierro un segundo NO, que estabiliza el color formando ferrohemocromo (<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/mioglobina.html>, 2006).

La vitamina E es un potente antioxidante, que retarda los procesos de oxidación y aumenta la vida útil de la carne, y mantiene su color deseable (Álvarez et al., 2005), además también protege de la oxidación y enranciamiento en los ácidos grasos insaturados (Bosi et al., 2000; Wood et al., 2003). En el cerdo Ibérico la alimentación rica en productos vegetales y antioxidantes naturales mantiene un color apetecible tanto de la carne fresca como en los transformados cárnicos (López-Bote et al., 2000).

Judge et al (1989) indicaron una serie de factores que afectan al color, tales como: especie, alimentación, raza, sexo, edad, estado químico de la mioglobina y hemoglobina, estado físico del conjunto cárnico, etc. Muchos de los cuales son consecuencia del estado de frescura, maduración, transformación o tiempo desde que se realizó el corte de la pieza cárnica.

La Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International de l'Eclairage- CIE) ha definido el sistema más importante y más usado en la actualidad para la descripción del color, basado en el uso de observadores y fuentes de iluminación estándar (Giese, 1995). El método de referencia ampliamente utilizado para la medición del color es el referenciado por Honikel (1997, 1998). La ventaja de utilizar este espacio de color (CIE-Lab) estriba en su similitud con la uniformidad visual humana. El sistema obtiene los valores triestímulo CIE en relación con el espectro visible, definiendo tres colores primarios: rojo (X), verde (Y) y azul (Z). A partir de ellos se calculan matemáticamente las coordenadas de color L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde), b^* (amarillo-azul). El parámetro L^* varía de 0 (negro) a 100 (blanco), el valor de a^* puede ser positivo ($a^* > 0$, rojo) o negativo ($a^* < 0$, verde) y el valor de b^* puede ser positivo ($b^* > 0$, amarillo) o negativo ($b^* < 0$, azul).

Diversos trabajos (Serra et al., 1998; Edwards, 2005; Franci et al., 2005; Estévez et al., 2006) indican de forma general que las razas porcinas tradicionales presentan un color de la carne característicamente más oscuro y rojo que las comerciales. Coincidiendo con esta afirmación los trabajos realizados sobre el cerdo Chato Murciano (Poto, 2003, 2007; Galián et al., 2005a, 2007; Peinado et al., en prensa). Los resultados de otros autores en cuanto el efecto del sistema de explotación sobre el color de la carne son contradictorios (Pugliese et al., 2004a,b; Hansen et al., 2006).

El ejercicio favorece la acumulación de pigmentos hemínicos, como adaptación fisiológica para conseguir un mayor metabolismo oxidativo y potencia las coloraciones más rojas (frente a los colores rosados característicos de animales confinados). La presencia de altas concentraciones de hierro en forma hemínica es probable que adquiera un papel esencial en la regulación de las reacciones de oxidación (Rey y López-Bote, 2000). Sin embargo, en estudios realizados sobre la raza porcina Chato Murciano (Galián et al., 2005a; Poto et al., 2007; Galián et al., 2007) donde aparecen

animales explotados de forma extensiva e intensiva, se muestra que en este último manejo el nivel de hierro en músculo es mayor, lo que puede indicar que la menor cantidad de oxígeno disponible en las naves de intensivo es lo que proporciona una mayor demanda de oxígeno en el músculo y como consecuencia un aumento de la mioglobina.

II.3.4. Estudio de la Capacidad de Retención de Agua.

Capacidad de retención de agua (CRA) es el término empleado para la propiedad de la carne por la que ésta conserva su agua durante la manipulación y toma y retiene agua añadida durante el procesado (Offer y Knight, 1988). Es importante, ya que pérdidas o ganancias de agua afectan al peso y valor económico de la carne. El contenido y distribución en agua influyen en las propiedades de la carne, especialmente en su resistencia, jugosidad, ternura y aspecto.

La carne cruda de los mamíferos inmediatamente tras el sacrificio contiene, por término medio, un 75% de agua (Lawrie, 1991), porcentaje que varía con la especie de procedencia, el músculo y, fundamentalmente, el contenido graso del mismo, disminuyendo la cantidad de agua al aumentar la edad del animal. Tras el sacrificio, parte de esta agua se pierde con la manipulación de la carne: por evaporación durante el enfriamiento de las canales; por goteo, como consecuencia de la sección de los tejidos; las mayores pérdidas de agua, sin embargo, se producen como consecuencia del cocinado de la carne, pérdidas que pueden superar el 40%. Callow (1962) observó que el contenido en agua para el músculo porcino al nacimiento y a las 28 semanas de vida descendió del 83 al 76%, parte de este descenso fue atribuido a la reducción en el porcentaje del tejido conectivo, rico en agua, que se produce con el crecimiento de las fibras musculares.

Las pérdidas de agua por evaporación de la superficie de las canales se producen durante el enfriamiento de éstas, por diferencias de presión de vapor. La evaporación afecta al aspecto de la carne, disminuyendo su aceptabilidad por parte del consumidor (James y Swain, 1986). La evaporación se produce fundamentalmente en superficie, siendo prácticamente insignificante más allá de unos milímetros hacia el interior, pero el

contenido de agua de la superficie puede disminuir en un 33%, con el correspondiente incremento en la concentración de sales y proteínas.

Rosenvold y Andersen (2003) indicaron que la CRA se ve influida por diversos aspectos: el sistema de aturdimiento empleado (la estimulación eléctrica produce una caída más rápida del pH y una menor CRA frente al empleo de cámara de CO₂), la suplementación con vitamina E (que mejora la CRA en porcino), el ayuno previo al sacrificio (mejora la CRA al disminuir los depósitos musculares de glucógeno y, por tanto, aumentar el pH₂₄), e incluso un enfriamiento excesivamente rápido de la canal tiene, especialmente si el nivel de energía del músculo es muy elevado, un efecto negativo sobre la CRA, aunque existen otros estudios con resultados no concluyentes.

Todos los factores relacionados con la aparición de carnes PSE (pale, soft, exudative) y carnes DFD (dark, firm, dry) que afectan al metabolismo postmortem de la carne, van a influir decisivamente además de en la CRA, en una serie de parámetros de calidad de la carne (pH, color, textura, etc.). Las carnes PSE ofrecen una pésima CRA, en contraste con las carnes DFD (Hoffmann, 1987; Warner et al., 1997).

Existen múltiples procedimientos para medir la CRA de la carne. Considerando la forma en que el agua está presente en el músculo y los distintos mecanismos que la retienen en él, Hamm (1986) propuso cuatro metodologías de determinación:

- Pérdidas por goteo (drip loss), determinadas por la formación de un exudado sobre la carne, sin aplicación de fuerzas externas.
- Pérdidas por descongelación (thawing loss), que originan un exudado sobre la carne tras su congelación y descongelación, sin aplicación de fuerzas externas.
- Pérdidas por cocinado (cooking loss), consistente en fluidos liberados tras el calentamiento de la carne sin aplicación de fuerzas externas.
- Jugo exprimible (expressible juice) de la carne no calentada (incluso de la descongelada), mediante aplicación de fuerzas externas originadas por métodos de compresión, centrifugación o succión.

II.3.4.1. Pérdidas por goteo.

Las pérdidas de agua vienen ocasionadas por cambios en las miofibrillas, inducidas por la caída del pH pre-rigor y la fijación de las cabezas de miosina a los filamentos de actina en el rigor, donde las miofibrillas se contraen debido a la caída del pH. La desnaturalización de las proteínas puede también contribuir a la reducción de la CRA, particularmente en condiciones de caídas rápidas del pH pre-rigor. El fluido que como consecuencia es expulsado, se acumula entre los fascículos musculares. Cuando el músculo es cortado, este fluido drenará desde la superficie por acción de la fuerza de la gravedad si la viscosidad del fluido es lo bastante baja y las fuerzas de capilaridad no lo retienen (Offer y Knight, 1988).

Cuando una canal es cortada, en la superficie del corte aparece una solución acuosa rojiza rica en proteínas, afectando a su peso y valor, y además cambia el aspecto y atractivo de esa carne. La cantidad de las PG de las canales es probablemente insignificante, pero aumenta tras la partición de la canal en dos (0,1-1% tras dos días en refrigeración), y más aún con el despiece (suponiendo un 2-6% del peso tras 4 días en refrigeración). La congelación y descongelación aumentan estas pérdidas, y pueden duplicarse, llegando en casos repetitivos de congelación y descongelación al 25% (Offer y Knight, 1988). Las carnes PSE producidas a partir de cerdos particularmente sensibles al estrés incluso exudan un goteo más abundante.

Offer y Knight (1988) establecieron una serie de factores que determinan las pérdidas por goteo: grado de corte de la musculatura, tamaño del trozo de carne, método de sujeción/suspensión, tiempo tras el sacrificio, pH final de la carne, tasa de glucólisis postmortem y condición PSE, temperatura postmortem previa al rigor mortis, acortamiento muscular, fuerzas en el empaquetado o envalado, temperatura de almacenamiento, congelación y descongelación, especies y corte. Además de todos estos factores, la cantidad de PG depende de factores intrínsecos como la genética del animal y el tipo de fibra muscular bajo estudio. De tal forma, que existe una metodología estandarizada para el procesado de las muestras de carne que van a ser estudiadas (Honikel, 1998).

II.3.4.2. Pérdidas por cocción.

Durante el calentamiento de la carne hasta una temperatura próxima a los 75 °C, sus proteínas se desnaturalizan. Esto produce cambios estructurales como la destrucción de membranas celulares, encogimiento longitudinal y transversal de las fibras, agregación de proteínas sarcoplásmicas y encogimiento del tejido conjuntivo. Todos estos fenómenos, y especialmente el último, originan una disminución de la CRA en la carne cuando se somete a calor (Pla-Torres, 2005).

Cuando la carne es cocinada se produce una retracción importante debida a altas pérdidas de agua, que pueden llegar hasta el 40 %. Esta retracción reduce el tamaño de las porciones y endurecen la carne. Durante el cocinado en seco, usando aire caliente o radiación, la temperatura en la superficie de carne excede los 100 °C, pero el interior alcanza sólo entre los 60 u 80 °C (en la carne poco o muy hecha). En sistemas de cocinado con vapor o en agua, la temperatura del total de la carne alcanza los 100 °C y, además, pueden durar horas. El endurecimiento de la carne muestra tres fases con el incremento de la temperatura: una fase inicial que comienza con 40 °C y que llega hasta los 55 °C, otra fase entre los 60 y los 80 °C, y una tercera fase sobre los 80 °C en la que hay una pérdida gradual de dureza. Los incrementos en dureza van en correlación con los cambios en la distribución de agua en la carne y su contenido en agua: durante la primera fase de endurecimiento hay una retracción lateral de las fibras musculares; en la segunda fase hay una retracción longitudinal de las fibras. Las pérdidas concomitantes de agua implican un aumento en la concentración de componentes estructurales del músculo y tejido conectivo en la carne contraída, la cual puede explicar en parte el aumento de la dureza (Offer y Knight, 1988).

Rosenvold y Andersen (2003) indicaron que los sistemas de producción al aire libre generan menores pérdidas por cocinado. Aunque los trabajos de otros autores (Pugliese et al., 2004a,b) muestran resultados contradictorios. Edwards (2005) indica que las razas tradicionales pierden menos agua durante su almacenamiento, lo que coincide además con los resultados de Franci et al. (2005) y Renaudeau y Mourot (2007) donde comparan cerdos Cinta Senese y Creole, respectivamente, con Large White, obteniendo las razas autóctonas una mejor CRA.

Ramírez y Cava (2006) observaron diferencias significativas en las PG y PCO al estudiar tres genotipos distintos de cerdos de raza Ibérica cruzada con cerdos Duroc explotados en intensivo. Fischer et al. (2006b) hallaron en cerdos comerciales una disminución en las pérdidas por cocinado al aumentar el peso de sacrificio, mientras que las PG no variaron significativamente.

Por todo lo anteriormente expuesto podemos concluir que el estudio de la CRA está muy relacionado con su participación en los atributos determinantes de la calidad sensorial y tecnológica de la carne.

II.3.5. Estudio de la textura.

La textura es una palabra simple que engloba un concepto muy complejo. Hay muchas definiciones de textura: Szczesniak (1963) la definió como “la manifestación sensorial de la estructura del alimento y la forma de reaccionar de la estructura del alimento frente a la aplicación de fuerzas”.

No podemos referirnos a “la textura de un alimento” como si fuera una sola característica de éste, sino que más correctamente deberíamos referirnos a los atributos de textura o a las características o propiedades de textura del alimento. La textura de la carne está determinada directamente por las propiedades de las estructuras miofibrilares, conjuntivas y el citoesqueleto, las cuales son muy variables dependiendo de la especie, raza, sexo, edad y está influida por numerosas variables biológicas y tecnológicas (Beltrán y Roncalés, 2005).

La mayoría de los consumidores consideran la dureza como el factor más importante que determina la calidad de la carne. Quizás sea debido esto a que, cuando se habla de carne, frecuentemente se utilizan indistintamente los términos textura y dureza, y conviene recordar que no son sinónimos. La textura es una propiedad sensorial, mientras que la dureza es un atributo de la textura (Chrystall, 1994).

La textura de la carne puede ser evaluada por diferentes métodos:

- Subjetivos: mediante test de consumidores y/o paneles de catadores.

- **Objetivos:** que pueden clasificarse en: mecánicos (corte, compresión, penetración, etc.), estructurales, químicos y otros (ultrasonidos, fluorescencia, etc.).

Wood et al. (2004) consideran que el aspecto más importante de la calidad de carne es la “calidad comestible” (“eating quality”), definida habitualmente como la puntuación dada por una panel de catadores en los aspectos terneza, jugosidad y sabor.

Las mediciones objetivas de la textura pretenden imitar las fuerzas producidas al morder y durante la masticación. Han sido desarrollados un gran número de aparatos para determinar las propiedades mecánicas de la carne; sin embargo, la complejidad del proceso de masticación humana hace muy difícil reproducir exactamente esas condiciones. De todos modos, no está siempre claro que propiedades estructurales de la carne son descritas durante la evaluación de la textura, aunque se espera encontrar buenas correlaciones entre la evaluación subjetiva y objetiva.

Las mediciones se pueden realizar sobre la carne cruda y cocinada. En el caso de las muestras cocinadas, la temperatura y el tiempo de cocción influyen notablemente sobre la fuerza de deformación de la muestra. Por este motivo, la temperatura final de cocción en el centro de la muestra debe ser definida y medida con precisión, siendo 75 °C la recomendación general. El grosor y peso de las muestras debe ser igualmente constante (Honikel, 1998). Todas las condiciones de la prueba deben ser siempre claramente definidas en la metodología.

Honikel (1998) describió tres metodologías para medir la textura de la carne, los cuales tienen sus ventajas y limitaciones, ya que ninguno de ellos por separado dan un perfil completo de la textura:

- **Test de tensión:** este método está mejor adaptado a investigaciones estructurales que a predicciones de la evaluación sensorial de la textura. Usado frecuentemente en conjunción con otros métodos. Válido para carne cruda o cocinada. Puede haber problemas en la sujeción de la muestra.
- **Medidas por penetración:** en el que se utiliza un vástago acabado en plano, que penetra sobre la muestra, en dirección perpendicular a la fibra muscular.

- El método más utilizado es el **método mecánico de corte o cizalla mediante la célula Warner-Bratzler (Warner-Bratzler Shear Test - WBST)**. Mide la fuerza necesaria para cortar una muestra de carne con un área de sección determinada mediante una cuchilla de borde romo. Cuanto mayor es la fuerza, más dura es la carne. Numerosos factores influyen en la medición: temperatura de cocinado, uniformidad de la muestra a analizar, dirección de las fibras musculares, cantidad y distribución del tejido conjuntivo y materia grasa, temperatura de la muestra, y velocidad de la célula Warner-Bratzler. A la hora de evaluar las medidas reflejadas en la curva de la fuerza de deformación (ver Figura 6) hay que tener en cuenta el pico máximo de fuerza aplicada (Peak Force) y la energía total o fuerza total aplicada (área total bajo la curva). El resultado se expresa en Kpa, kgf o N.

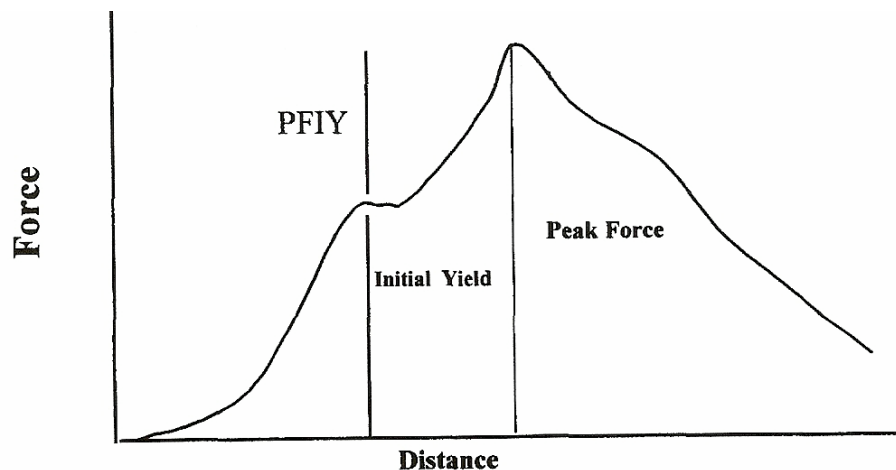


Figura 6. Curva de la fuerza de deformación de la medida mediante el método mecánico de corte con la célula Warner-Bratzler (Honikel, 1998).

Los métodos para evaluar productos para el consumidor deben ser validados con paneles sensoriales, no existiendo un método único ideal que prediga las percepciones del consumidor.

La cantidad de grasa intramuscular va a influir en la ternura o resistencia al corte de la carne. Wood et al. (2003) indicaron que existen varias explicaciones posibles de este efecto de los lípidos. Los lípidos neutros situados en los adipocitos situados en el perimio podrían tener un efecto físico al separar los haces de fibras musculares, comenzando el proceso de blandamiento de la carne al “abrir” la estructura del

músculo. Los lípidos pueden también atrapar humedad en el músculo aumentando la jugosidad.

El músculo seleccionado para realizar la determinación de la resistencia al corte va a ser fundamental, ya que según el que sea elegido, los resultados van a variar. Morgan et al. (1991) clasificaron los músculos según su terneza (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación relativa en terneza de diversos músculos de la canal (Tomado de Morgan et al., 1991).

Tierno	Intermedio	Duro
Psoas mayor	Bíceps femoris	Pectoral profundo
Intraespinoso	Recto femoral	Latísimo del dorso
Glúteo medio	Abductor	Trapezio
Longísimo dorsal	Semitendinoso	Pectoral superficial
Tríceps braquial	Semimembranoso	

De forma general se considera que las razas modernas tienen una carne más tierna que las razas tradicionales (Danielsen et al., 2000; Wood et al., 2004; Edwards, 2005; Franci et al., 2005), lo que se ha atribuido a la mayor ganancia diaria en el sistema intensivo y en las razas comerciales, lo que aumenta el potencial glicolítico del músculo en el momento del sacrificio, a pesar del mayor contenido en grasa IM de las razas tradicionales. Pero al respecto aparecen resultados contradictorios.

Pugliese et al. (2004a) en el cerdo Nero Siciliano y Teye et al. (2006) en cerdos híbridos comerciales no hallaron diferencias significativas en la textura según el sistema de explotación, a pesar de un nivel superior en grasa IM en los lotes outdoor. Sin embargo, en cerdos Cinta Senese explotados en sistema outdoor encontraron mayor dureza de la carne que el resto de lotes manejados (Pugliese et al., 2004b). Hansen et al. (2006) con cerdos comerciales, obtuvieron resultados similares en la textura evaluada de forma sensorial en cerdos explotados al aire libre y en intensivo alimentados *ad libitum* con pienso comercial, sin embargo, otro lote explotado al aire libre alimentado con parte de ensilado, ofrecieron una carne menos tierna.

En cuanto a otros factores que puedan afectar a la textura, Pugliese et al. (2004a) no hallaron diferencias dadas por el sexo, y Küchenmeister et al. (2005) no encontraron diferencias en lotes sometidos a diferentes niveles de estrés, pero sí una disminución notable de la resistencia al corte con el tiempo de almacenamiento de la carne.

Dada la importancia que los consumidores conceden a las propiedades de textura como determinante de la calidad de la carne, el estudio y determinación de este aspecto ha adquirido gran importancia en los últimos años, y suele ser incluido de forma rutinaria en muchos de los estudios de calidad de carne.

II.3.6. Estudio de la grasa.

Los lípidos en la carne son una mezcla compleja de sustancias que se encuentran constituidos por triacilglicéridos (triglicéridos, 90-95%), diacilglicéridos y monoacilglicéridos (diglicéridos y monoglicéridos, 1-2%), ácidos grasos libres (0,5%), fosfolípidos (3-7%) y otros compuestos menores (ácidos grasos libres, ésteres metílicos y etílicos de ácidos grasos, alcoholes, esteroides, vitaminas, tocoferoles, etc.). En principio, se puede considerar que los lípidos tienen poca relación entre sí, porque estructuralmente son muy heterogéneos, sin embargo, derivan de precursores biológicos similares y exhiben características físicas y químicas muy parecidas.

La composición en lípidos de la grasa de cerdo está influida por la cantidad de ácidos grasos presentes en la dieta del animal, ya que la mayor parte de los ácidos grasos suministrados por los alimentos no se modifican en el curso de la digestión, sino que son absorbidos y depositados en los tejidos adiposos. Raimondi et al. (1975) y Asghar et al. (1990) demostraron que la adición de diferentes grasas a la dieta del animal influye significativamente en la composición en ácidos grasos de los lípidos de los animales monogástricos como el cerdo. Los AGP linoleico y alfa-linolénico no pueden ser sintetizados *in situ* por el animal, por ello, sus concentraciones en los tejidos responden rápidamente a su presencia en la dieta (Wood, 1984; Rosenvold y Andersen, 2003); por el contrario, los ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGM) pueden ser sintetizados *de novo*, y por ello su concentración se ve menos influenciada por la dieta.

Durante muchos años ha existido un elevado interés en modificar la composición de la grasa animal a través de la alimentación, de manera que se logre llegar en la composición de la grasa (% AGS e insaturados) de la carne a las recomendaciones dietéticas para humanos, debiendo ser superior a 0,4 el ratio recomendado de AGP respecto al AGS (Ministerio de Salud y Seguridad Social del Reino Unido, 1994). Teniendo en cuenta que la carne de algunas especies tienen naturalmente una relación AGP:AGS de alrededor de 0,1 (ternera: 0,11, cordero: 0,15, cerdo: 0,58; Enser et al. 1996), la carne ha sido implicada como causa de la dieta no balanceada del consumidor de hoy día. Sin embargo, una carne con un gran porcentaje de AGP puede desembocar en carnes y productos cárnicos clasificados como “blandos”, además de una mayor inestabilidad oxidativa, siendo por ello de peor calidad tecnológica (Wood y Enser, 1997; Wood et al., 2003; Rosenvold y Andersen, 2003).

Los ácidos grasos participan además en varios aspectos tecnológicos de calidad de carne. Dado que tienen muy diferentes puntos de fusión, la variación en la composición en ácidos grasos tiene un efecto importante en la firmeza o blandura de la grasa, especialmente en la grasa subcutánea e intermuscular, pero también en la IM (Wood et al., 2003). Dentro de los ácidos grasos de la serie de 18 átomos de carbono, el ácido esteárico (18:0) funde a 69,6 °C, ácido oleico (18:1) a 13,4 °C, 18:2 a -5 °C y 18:3 a -11 °C, por ello, al aumentar el nivel de insaturación, disminuye el punto de fusión. Los grupos de adipocitos que contengan grasa solidificada con un elevado punto de fusión aparecen más blancos que aquella grasa líquida con un punto de fusión más bajo, de manera que el color de la grasa es otro aspecto de calidad afectado por los ácidos grasos. La habilidad para oxidarse rápidamente de los ácidos grasos insaturados, especialmente aquellos con más de dos dobles enlaces, es importante para regular el periodo de vida útil de la carne (enranciamiento y deterioración del color). De todos modos, esta propensión a la oxidación es importante en el desarrollo del flavor durante el cocinado. Fischer et al. (2006b) indican que para la elaboración de productos transformados, el tocino no debe contener más de un 12-14% de AGP.

Los problemas generados por el colesterol, las grasas saturadas y una mayor preocupación por la imagen han sido la causa de la selección de animales más magros, sobre todo en la especie porcina, donde la ausencia de grasa da lugar a una carne “light”, desde el punto de vista nutricional. Pero esto ha derivado en una falta de

caracteres sensoriales y a una carne con calidad tecnológica menor (Laencina et al., 1996). Daszkiewicz et al. (2004) indican que los animales criados en las grandes compañías comerciales y en todas las razas porcinas alemanas, con excepción del Duroc (2,1%), Leicoma (1,6%) y Schwäbisch Hällisch (1,6%), se caracterizan por un contenido medio del porcentaje de grasa IM (1,5%); y Mörlein (2005) destaca los bajos niveles de grasa presente en los cerdos seleccionados alemanes, donde más del 50% de los animales sacrificados estaban por debajo del 1% de grasa IM, y donde líneas paternas daban una descendencia con un valor medio de 1,2-1,5%, evidentemente todo ello como consecuencia de la política de pago al ganadero por porcentaje magro de la canal.

La grasa IM en la carne es muy importante en su calidad, al participar en la textura, en la jugosidad y en el flavor. La grasa IM es necesaria para lubricar las fibras musculares y así favorecer la jugosidad y el flavor de producto cocinado. La grasa visible presente en los espacios interfasciculares del músculo se denomina veteado, debe presentarse uniforme y finamente distribuida en el seno del músculo (Beriain et al., 2005). La cantidad y la composición de la grasa de la carne es, por tanto, uno de los criterios de aceptabilidad de la misma, y actualmente se están llevando a cabo intentos para elevar la calidad gastronómica de este tipo de carne aumentando su contenido en grasa IM. Uno de los sistemas que se está empleando para conseguirlo es el cruce de los animales con cerdos de la raza Duroc (lo que se conoce como “efecto Duroc”), en la que el contenido de grasa IM es mayor.

Daszkiewicz et al. (2004) señalan unos valores en grasa IM del 2-3% para optimizar la calidad sensorial de la carne. Las evaluaciones sensoriales llevadas a cabo en carne de cerdo, realizada en varios laboratorios en presencia de comités especializados, muestran que el contenido óptimo en grasa IM varía entre el 0,8 y el 3%. Por otro lado, Fernandez et al. (1999) indicaron que un incremento en los valores de grasa IM aumenta la calidad sensorial de la carne, pero valores superiores al 2,5-3,5% provocan un rechazo por parte del consumidor por el aspecto visual o jaspeado del exceso de grasa. En carne destinada a productos curados de calidad, estos niveles óptimos podrían situarse entre el 3,5 y el 4% (Reixach, 2004). Más aún, los transformados cárnicos de muy alta calidad, derivados de razas autóctonas españolas,

presentan porcentajes de grasa infiltrada muy superiores, desde el 4,76 % al 16,10 %, (Benito et al, 1998; Solis et al, 2001; Poto, 2003).

Otro de los factores que van a influir en la cantidad de grasa en la carne va a ser el sexo (Rosenvold y Andersen, 2003; Nuernberg et al., 2005; Fischer et al., 2006b; Renaudeau y Mourot, 2007). Los animales castrados tienen mayor capacidad de presentar carnes infiltradas que las hembras y los machos. Estas diferencias apreciadas entre sexos varían en función de la raza, edad y la calidad y forma de racionamiento del pienso (Batallé, 2006). Además, el sexo puede influir en el perfil de ácidos grasos de esa grasa (Piedrafita et al., 2001; Pugliese et al., 2004a; Fischer et al., 2006b). Sin embargo, Ramírez y Cava (2006) en un trabajo con cerdos Ibérico cruzados con Duroc no hallaron diferencias debidas al sexo en el nivel de grasa IM y su composición en ácidos grasos; y Pugliese et al. (2004a) no hallaron diferencias en el porcentaje graso del cerdo Nero Siciliano según el sexo, pero sí, aunque de forma suave, en la composición de ácidos grasos.

La edad de sacrificio influye en el grado de engrasamiento de la canal y de la carne (Daszkiewicz et al., 2004; Asenjo et al., 2005; Fischer et al., 2006a,b), y es por ello, que las razas autóctonas, que ya de por sí poseen unos superiores niveles de grasa IM que las razas comerciales (Serra et al., 1998; Estévez et al., 2003; Wood et al., 2004; Peinado et al., 2004; Fortina et al., 2005), muestren además unas tasas más altas debido a un sacrificio a mayor edad y peso. Los niveles de grasa IM se ven también incrementados en los sistemas de explotación al aire libre (Rosenvold y Andersen, 2003; Pugliese et al., 2004a), medio al que las razas autóctonas están muy bien adaptadas, aunque hay trabajos que indican la tendencia contraria (Enfält et al., 1997).

El perfil de ácidos grasos se va a ver afectado también por el sistema de explotación empleado. Rosenvold y Andersen (2003) indican que la composición en ácidos grasos de la carne de cerdos explotados al aire libre, incluyendo a los de producción ecológica, es más rica en ácidos grasos insaturados comparada con los del sistema intensivo, lo que aumenta el riesgo de oxidación lipídica y da lugar a una grasa más blanda y por ello de inferior calidad tecnológica. En cuanto a la distribución corporal de la grasa, se ha visto que la exposición al frío aumenta la deposición grasa en el tejido subcutáneo, además de existir una relación inversa entre la temperatura

ambiente y el grado de insaturación de la grasa (Lebret et al., 2002). Además, numerosos trabajos indican que un aumento en los niveles de grasa de la canal o intramuscular va asociado a un aumento en el total de AGS y disminución en AGP (Wood et al., 2004; Galián et al., 2005b; Ramírez y Cava, 2006; Fischer et al. 2006b; Teye et al., 2006; Monziols et al., 2007).

Numerosos trabajos demuestran que la dieta afecta al porcentaje de grasa IM y a la composición en ácidos grasos (Wood et al., 2004; Edwards, 2005; Nuernberg et al., 2005; Teye et al., 2006; Peinado et al., en prensa). Wood et al. (2004) además comprobaron que una dieta baja en proteínas incrementa más el engrasamiento de la canal en razas modernas (Large White y Duroc) que en tradicionales (Tamworth y Berkshire); mientras que con una dieta rica en proteínas, las razas modernas aprovechan mejor esa proteína logrando un mayor crecimiento y un menor engrasamiento. Nuernberg et al. (2005), Teye et al. (2006) y Mitchaothai et al. (2007) con dietas enriquecidas con diferentes aceites hallaron diferencias en la composición en ácidos grasos, pero no en el nivel de grasa IM.

Es característico el perfil de ácidos grasos asociado al cerdo Ibérico, pero debemos reseñar que va ligado a su sistema de explotación en montanera y a la dieta que el animal así consigue. Estévez et al. (2006) en cerdos Ibéricos explotados en extensivo (alimentados exclusivamente de recursos naturales) y cerdos comerciales en intensivo hallaron niveles de AGM de 61,4% frente a 50,7%, respectivamente, en tocino y de 56,7% frente a 46,7%, respectivamente, cuando se partió de grasa IM, respectivamente. Sin embargo, esos niveles en Ibérico disminuyen si, aún siendo explotado en extensivo, la dieta es suplementada con piensos (Estévez et al., 2003); y más aún si se realiza en condiciones de intensivo (51,67% AGM en grasa IM; Serra et al., 1998), o cruzado con otras razas (Ramírez y Cava, 2006). Esta composición diferencial en el perfil de ácidos grasos según el sistema de explotación y la alimentación, también aparece en otras razas autóctonas, como en el Nero Siciliano (Pugliese et al., 2004a).

En la actualidad tanto el porcentaje de grasa IM, como los perfiles de ácidos grasos de la carne empiezan a valorarse en su justa medida y muchos de los trabajos realizados para conocer la calidad de los productos cárnicos, bien frescos o bien

transformados, indican niveles superiores a los que hasta ahora se estimaban como óptimos.

II.3.7. Estudio de la composición mineral.

El cuerpo de los animales contiene entre un 3% y un 5% de componentes inorgánicos, con una correlación negativa entre el contenido graso y el contenido de cenizas (Pfeffer y Flachowsky, 2002). Los minerales en el organismo van a tener diversas funciones. Forman parte de tejidos como hueso y dientes, regulan el impulso nervioso al músculo, el intercambio de iones en las membranas celulares, el equilibrio del medio interno e intervienen como factores de enzimas regulando el metabolismo.

Según las cantidades en que son necesarios **se clasifican en:**

- Macronutrientes o macroelementos, los cuales son necesarios en grandes cantidades (>100 mg/día), como son el calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio y azufre.
- Micronutrientes, que son necesarios en cantidades más pequeñas (<100 mg/día). También denominados oligoelementos o elementos traza, como son el hierro, cobre, flúor, cobalto, zinc, cromo, manganeso, iodo, molibdeno, selenio...

Algunos se consideran posiblemente esenciales, pero su función es aún poco conocida, tales como estaño, silicio, iodo, molibdeno, selenio... Además, existe una serie de minerales que pueden ser contaminantes, como el mercurio, aluminio, plomo, arsénico, litio...

La concentración de los minerales en los alimentos de origen animal varía menos que en los de origen vegetal. En general, los cambios en la ingesta diaria del animal tienen sólo un efecto pequeño en la concentración de minerales en carne, leche y huevos, como consecuencia de los diversos mecanismos homeostáticos. La composición de los tejidos animales es similar a la de los humanos. Por ello cabría esperar que los alimentos de origen animal fueran una buena fuente de nutrientes. La carne y el pescado son buenas fuentes de hierro, zinc, fosfatos y cobalto (como vitamina B₁₂), aunque no de calcio, salvo que se consuman los huesos. Los productos lácteos son una excelente fuente de calcio (Miller, 2000).

Las “cenizas” se incluyen en las bases de datos de nutrientes como uno de los componentes inmediatos de los alimentos. Proporcionan una estimación del contenido total de minerales de éstos. Los minerales se encuentran en las cenizas en forma de óxidos, sulfatos, nitratos, fosfatos, cloruros y otros haluros. Por ello, el contenido en cenizas sobreestima, aunque es aproximado, el contenido mineral total en gran medida debido al oxígeno presente en muchos de los aniones.

Los elementos traza son necesarios para una producción animal eficiente pero las necesidades varían en función del tipo de animal, estadio productivo y objetivos de producción. Hasta hace pocos años los microminerales se añadían a las dietas para controlar deficiencias nutricionales tales como la anemia (hierro), la paraqueratosis (zinc) y el bocio (yodo). Sin embargo, trabajos publicados en los últimos años han demostrado que cantidades adicionales de ciertos elementos traza mejoran aspectos productivos distintos de los clásicos de deficiencia. A este particular, la suplementación extra de zinc y selenio mejora el estado inmunitario y la resistencia a enfermedades y la de cromo y manganeso la calidad de la canal. De gran importancia práctica es la inclusión de niveles farmacológicos de cobre y zinc para reducir problemas digestivos y mejorar el crecimiento en lechones (Mateos et al., 2004).

Las acciones de los minerales en las funciones animales están relacionadas entre sí; rara vez funcionan de forma independiente y autosuficiente (Hays y Swenson, 1999). La relación definida del calcio y el fósforo en la formación de huesos y dientes, y las relaciones del hierro, cobre y cobalto (presente en la vitamina B₁₂) en la síntesis de la hemoglobina y en la formación de glóbulos rojos, son algunos ejemplos. El sodio, potasio, calcio, fósforo y cloro actúan individual y colectivamente en los líquidos del organismo. Sin embargo, algunos elementos tienen funciones muy específicas, como el yodo en la tiroxina y el cobalto como parte integral de la vitamina B₁₂. No obstante, la tiroxina y la vitamina B₁₂ intervienen asociadas en procesos relacionados con muchos nutrientes orgánicos e inorgánicos.

El **hierro** es el elemento traza más abundante en el organismo animal, donde aproximadamente el 60% forma parte de la hemoglobina. El hierro es preciso en reacciones bioquímicas tales como el transporte y almacenamiento de oxígeno (hemoglobina y mioglobina), generación de ATP (proteínas ferrosulfuradas y

citocromos), síntesis de ADN (ribonucleótido reductasa) y metabolismo general de los nutrientes; todo ello gracias a su capacidad oxidante y reductora y su capacidad para transportar electrones. La deficiencia mineral en Fe es la más frecuente en el hombre a nivel mundial, tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo. Es bien conocida la interacción Cu y Fe en el sentido de que el exceso del primero reduce la absorción del segundo.

El hierro de la hemoglobina representa aproximadamente el 60 por ciento del total de hierro en el organismo, mientras que la mioglobina, presente sólo en el músculo, representa el 3% (en perro 7%). Es por esto último que el desangrado de los animales al ser sacrificados será un factor muy importante en la presencia de sangre en músculo y, por tanto, hemoglobina. El hierro es uno de los elementos minerales para los que el consumo de carne tiene gran importancia, ya que no sólo ésta posee gran cantidad de hierro, sino que además tiene una buena absorción. El organismo humano contiene unos 4 g de hierro, de los cuales, la mayor parte (2,5 g) se hallan formando parte de la hemoglobina de los glóbulos rojos, gracias al cual esta proteína es capaz de transportar el oxígeno de los pulmones hasta los tejidos. En el hígado, bazo y médula ósea se almacena en forma de ferritina, que sirve de reserva, y que puede movilizarse cuando el hierro se necesita para la síntesis de hemoglobina, mioglobina u otras proteínas férricas. La transferrina es una proteína sintetizada en el hígado, que transporta el hierro en la sangre.

El color de la carne fresca depende de la valencia del Fe que forma parte de la mioglobina y hemoglobina. El Fe^{2+} es rojo y el Fe^{3+} pardo. Además, forma complejos verdes, azules o negros con polifenoles, y reacciona con S^{2-} dando FeS en alimentos enlatados (Miller, 2000).

El **cobre**, al igual que el hierro, es un elemento de transición y se encuentra en los alimentos en dos estados de oxidación Cu^{1+} y Cu^{2+} . Es necesario para la actividad de numerosas enzimas (tirosinasa, lacasa, oxidasa del ácido ascórbico, citocromo oxidasa, monoamino oxidasa plasmática, eritrocupreína (ceruloplasmina), uricasa y superóxido dismutasa) relacionadas con el transporte y metabolismo del Fe, la formación del colágeno y el desarrollo armónico de los huesos, la producción de melanina y la integridad del sistema nervioso central y mejora la evolución de las anemias por déficit

de hierro. Sin embargo, las necesidades del animal para prevenir estas deficiencias fisiológicas son muy reducidas.

La biodisponibilidad del Cu en los productos ingeridos de origen vegetal es sólo del 50% en relación con los de origen animal. En ocasiones resulta importante el aporte de Cu a partir de cañerías, utensilios y equipos para satisfacer las necesidades de animales en intensivo. Aunque la deficiencia en Cu no sea frecuente en monogástricos es preciso suplementar los piensos con pequeñas cantidades (5 a 15 ppm según especie) a través del corrector vitamínico-mineral.

El Cu puede modificar el perfil en ácidos grasos de la grasa subcutánea, aumentando el grado de insaturación del tocino dorsal (Amer y Elliot, 1973). Este efecto puede ser importante en la producción de carnes de calidad, tales como las del jamón de Parma o de los productos de Ibérico, donde un exceso de ácidos grasos insaturados perjudica la calidad tecnológica del producto final. Sin embargo, Bosi et al. (2000) no encontraron efecto alguno de 175 ppm de Cu sobre el perfil lipídico o la calidad de la carne de cerdos destinados a la producción de jamón de Parma. El exceso de Cu en la dieta da lugar a exceso del mineral en carne y vísceras, muy por encima de las necesidades de la población. Además, cuando la capacidad del hígado para secuestrar el Cu se ve superada, el Cu se excreta vía intestinal, causando problemas medioambientales allí donde se utilizan los purines (Miller, 2000).

Los elementos **calcio**, **fósforo** y **magnesio** tienen funciones similares. El 99% del calcio y el 80% del fósforo del organismo humano forman parte del hueso y de los dientes. El 60% del magnesio se combina con el calcio y el fósforo en el tejido óseo. La carencia de estos minerales va a dar lugar a una falta de mineralización ósea, mientras que en los niños y animales jóvenes da lugar a deformidades que se manifiestan como trastornos típicos del raquitismo. En los adultos aparece la osteomalacia, donde predominan los dolores óseos y la debilidad muscular.

El **calcio**, además de su papel estructural en vegetales y animales, desempeña un papel esencial en numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos. Por ejemplo, participa en la coagulación sanguínea, la contracción muscular, la fosforilación oxidativa, la división celular, la transmisión de los impulsos nerviosos, la actividad enzimática, la

función de la membrana celular y la secreción hormonal. Las múltiples funciones del calcio dentro de las células vivas se relacionan con su capacidad para formar complejos con proteínas, carbohidratos y lípidos. La unión del calcio es selectiva. De gran importancia es también su papel funcional en la leche y sus derivados (Miller, 2000).

Los **fosfatos** se encuentran en los alimentos en muchas formas diferentes, como componentes naturales de las moléculas biológicas y como aditivos alimentarios con funciones específicas. Se encuentran de forma ubicua, los productos de origen animal suelen ser buenas fuentes. En los sistemas vivos, los fosfatos participan en una variedad de funciones. Por ejemplo, el trifosfato de adenosina (ATP) es la principal fuente de energía de las células. Las fosfoproteínas (ferritinas) participan en el almacenamiento del hierro. Los fosfolípidos son componentes principales de las membranas. El hidroxiapatito, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, constituye la fase mineral de los huesos. Los azúcares-fosfato, como la glucosa-6-fosfato, son intermediarios clave del metabolismo de los carbohidratos.

Aproximadamente el 70% del **magnesio** en el organismo animal está en el hueso. Este elemento juega un papel principal en la transmisión de estímulos e impulsos, y en la activación de muchos enzimas. El músculo cardiaco, el músculo esquelético y el tejido nervioso dependen de un equilibrio correcto entre los iones de calcio y los de magnesio. El efecto primario del magnesio se debe a una reducción en la estimulación neuromuscular debido a su efecto antagonista sobre el calcio. El magnesio es un componente activo de varios sistemas enzimáticos en los que el pirofosfato de tiamina es un cofactor. La fosforilación oxidativa se reduce mucho en ausencia de magnesio. El magnesio también es un activador esencial de las enzimas que transfieren fosfato como la miocinasa, la cinasa de difosfopiridín nucleótico y la cinasa de creatina. También activa a la carboxilasa de ácido pirúvico, la oxidasa de ácido pirúvico y la enzima condensadora para las reacciones en el ciclo del ácido cítrico (Hays y Swenson, 1999). Los síntomas de su deficiencia son similares a los de la tetania por falta de calcio. Se ha comprobado que la suplementación dietética de magnesio previo al sacrificio mejora la calidad de la carne al mejorar la CRA y dar una carne más roja.

El **zinc** es un elemento esencial, cuya deficiencia produce un cuadro clínico caracterizado por retraso del crecimiento, alteraciones en la función sexual (en macho y hembra), dermatitis (paraqueratosis en porcino). Además, influye sobre la regulación del apetito, lo que puede estar relacionado con la expresión de genes; también es un componente funcional de varios sistemas enzimáticos, incluidos la anhidrasa carbónica, la carboxipeptidasa, la fosfatasa alcalina, la deshidrogenasa de ácido láctico y la deshidrogenasa de ácido glutámico; e interviene en muchas funciones del organismo: crecimiento, fertilidad, reproducción, visión nocturna, sentido del gusto, apetito, etc. El Zn se encuentra localizado sobre todo en hígado, páncreas, riñón y músculos, y con una alta concentración en ojos, cabello, piel, uñas y próstata. La carne es una importante fuente de zinc, donde se encuentra formando combinaciones que favorecen su absorción, también se encuentra en los cereales.

El **manganeso** es un componente de varias enzimas, esencial para la formación de tejido óseo, crecimiento, reproducción y para el metabolismo de los hidratos de carbono y lípidos. El Mn está ampliamente distribuido en los tejidos orgánicos pero a concentraciones muy reducidas. Su carencia produce ataxia, deformidades esqueléticas y deficiencias en el crecimiento, reproducción, formación del cascarón del huevo y coagulación de la sangre. Algunos de estos defectos se relacionan con la función del ión manganeso como el activador más eficaz de las enzimas con actividad glucosiltransferasa en la síntesis de los mucopolisacáridos y glucoproteínas. Las dosis elevadas son tóxicas para el organismo (Castillo, 2000). Diversos estudios muestran que la suplementación extra con Mn de dietas para cerdos en cebo mejora diversos aspectos de calidad de la canal, tales como color, terneza de la carne y la CRA (Miller, 2000), aunque las cantidades óptimas todavía no están bien precisadas. El Mn está distribuido en todo el organismo, en muy baja cantidad, y se encuentra en concentraciones mayores en hueso, hígado, riñón y páncreas que en el músculo esquelético. La carne no es una buena fuente de Mn.

El **sodio** es un macroelemento que va a tener una gran variedad de funciones, siendo las principales: mantener el equilibrio hídrico y osmótico, regular el ritmo del músculo cardíaco, permitir la transmisión de los impulsos nerviosos, extraer el exceso de acidez de las células, especialmente las del cerebro, prevenir la aparición de calambres musculares, permitir la absorción de los nutrientes en el intestino, mantener

el equilibrio ácido/base en el cuerpo, evitar el exceso de salivación, mantener el equilibrio del azúcar, etc. Su déficit es raro, ya que se encuentra en la mayoría de los alimentos. Más bien ocurre lo contrario, se toma en exceso en forma de sal (cloruro sódico).

El **potasio** es el tercer mineral más importante del cuerpo después de calcio y fósforo. Se puede encontrar prácticamente en su totalidad en el interior de las células. Se considera, al igual que el sodio y el cloruro, un electrolito. Las principales funciones del potasio son mantener el equilibrio ácido-básico, la regulación de la presión osmótica y el establecimiento de los potenciales de la membrana celular, igual que el sodio. Cuando la concentración de potasio extracelular es baja, la transmisión de los impulsos nerviosos se deteriora y se presenta parálisis muscular. El potasio influye en la contractibilidad de los músculos liso, esquelético y cardíaco, y afecta a la irritabilidad muscular ya que al igual que el sodio, tiende a contrarrestar el efecto del ión calcio. El potasio ayuda en la transferencia de fosfato del trifosfato de adenosina al ácido pirúvico y probablemente interviene en muchas otras reacciones enzimáticas celulares básicas (Hays y Swenson, 1999). Las frutas, hortalizas y la carne se consideran buenas fuentes de potasio.

Parte del contenido mineral de la carne se encuentra asociado a compuestos orgánicos. Las sales inorgánicas permiten el mantenimiento de la presión osmótica de las células. Además, los iones participan en diversas funciones metabólicas, como por ejemplo en la contracción muscular. En los músculos frescos el contenido en minerales se eleva al 1%, aproximadamente, que corresponde a fosfatos y sulfatos de potasio, además de sodio, magnesio, calcio, cloro, hierro y zinc. Otros oligoelementos presentes en la carne son el flúor, el bromo, el yodo, el silicio, así como el manganeso y el cobre (Prändl, 1994).

En cuanto al contenido en minerales de la carne no existe demasiada información en la literatura científica, salvo escasos autores y numerosas tablas de composición de alimentos. Aún más escasa es esta información en cuanto a razas domésticas autóctonas en peligro de extinción. Se ha observado (ver Tabla 3), que en ocasiones hay importantes diferencias en los resultados obtenidos para un mismo elemento según los diversos autores, tomando como referencia el músculo longísimo

lumbar. También destaca las diferencias notables observadas entre los resultados obtenidos por González-Martín et al. (2002), diferencias que pueden ser atribuibles a que todos los autores han tomado como referencias carnes procedentes de carnes comerciales convencionales, mientras que González-Martín et al. (2002) y Estévez et al. (2006) realizaron su trabajo sobre cerdos de raza Ibérica.

Tabla 3. Contenido mineral en el músculo longísimo lumbar de cerdo. *Resultados expresados en mg/100 g de materia fresca. **Resultados expresados en mg/100 g de materia deshidratada.

Referencia	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P	Mn	K	Na
González-M et al.*	1,33		0,400		0,57			106,22	11,44
Estévez M. et al.*			2,98						
Lombardi et al.*			0,42	0,05	1,55				
Leonhard et al.**			1,9		6,5				
Tabla CESNID*	9	20	0,9		2,4	151		212	63
Tabla Muñoz*	15		0,8		2,38	145		439	67
Tabla McCance*	8	17	0,8	0,13	1,6	160	0,03	290	56
Tabla Mataix*	9,4	16	1,8	0,02	1,6	170	Trazas	300	70

En la Tabla 4 vienen expresados los resultados de la composición mineral en otras especies de interés comercial. En cuanto al hierro son destacables los resultados en general superiores a los obtenidos en cerdo en las especies vacuna, ovina y caballar, y unos valores similares en pavo y pollo. También destaca el mayor contenido en hierro de la carne de vacuno adulto que el vacuno joven. Los valores de zinc son mayores en vacuno, ovino y équidos que en porcino, mientras que los valores más bajos se encuentran en pavo y pollo. Y en cuanto al cobre el vacuno adulto y équidos presentan valores superiores al porcino, mientras que la ternera presenta valores inferiores; pollo y pavo presentan valores parecidos.

Tabla 4. Contenido en minerales de carne de otras especies. *Resultados expresados en mg/100 g de materia fresca. **Resultados expresados en mg/100 g de materia deshidratada.

Referencia	Muestra	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Na
Lombardi et al.*	Vaca (Ll)			2,37	0,09	4,01	
”	Ternera (Ll)			1,2	0,03	5,01	
”	Cordero (Ll)			1,98	0,10	2,43	
”	Caballo (Ll)			2,27	0,12	1,95	
”	Pechuga de pollo			0,4	0,05	0,65	
”	Pechuga de pavo			0,50	0,06	1,08	
Huerta-L. et al.*	Bovinos (Ll)	2,77	21,62	1,93	0,084	4,13	76,06
Tabla Mataix*	Ternera (Ll)	9,2	12,9	1,8	0,1	3,5	60
”	Pechuga de pollo	22,8	22,4	1,5	0,041	1,4	65
”	Caballo	12	23	7	0,14	6	40
Leonhard et al.**	Vaca (Ll)			7,7		20,5	
”	Ternera (Ll)			1,7		10,6	
”	Pechuga de pollo			1,5		2,7	
Prändl O. *	Carne en general	5-7	10-30	10-20		3-5	40-80

En general, el aporte de minerales de la carne es adecuado en Fe e I, y bueno en Se, y suele proporcionar una abundante cantidad de la mayoría de los oligoelementos (Pfeffer y Flachowsky, 2002). Recientemente han sido publicados artículos (Galián et al., 2005a; Poto et al., 2007; Galián et al., 2007) con la composición mineral del músculo Ll del cerdo Chato Murciano tanto en pureza como cruzado con otras razas, de donde se puede destacar que su carne es rica en hierro, cobre y fósforo, pobre en calcio y sodio, y con unos niveles medios de magnesio, zinc y potasio.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

III.1. ANIMALES EMPLEADOS.

Para el presente trabajo se realizaron dos experiencias, una de ellas, cuyos animales fueron sacrificados a finales del año 2004, y otra, en la que los animales fueron sacrificados a finales del año 2006, y en la que se añadieron algunas mediciones y determinaciones laboratoriales respecto a la primera experiencia. Todos los cerdos fueron machos castrados.

III.1.1. Experiencia I.

Se utilizaron un total de 80 animales de raza Chato Murciano o cruzado con Ibérico, sacrificados con edades similares, y divididos en varios lotes:

- Lote 1: formado por 22 animales de raza Chato Murciano, explotados al aire libre (CHE). Con un peso medio de la canal en caliente (PCC) de 100,38 kg.
- Lote 2: formado por 16 animales de raza Chato Murciano, explotados en sistema intensivo (CHI). Animales que alcanzaron en matadero un PCC de 110,29 kg.
- Lote 3: formado por 15 animales de raza Chato Murciano cruzado con Ibérico, explotados al aire libre (CHxIBE). Con un PCC de 90,94 kg.
- Lote 4: formado por 27 animales de raza Chato Murciano cruzado con Ibérico, explotados en sistema intensivo (CHxIBI). Con un PCC de 114,32 kg.

III.1.2. Experiencia II.

Para la segunda experiencia se utilizaron un total de 32 animales de raza Chato Murciano, sacrificados con edades similares, y divididos en dos lotes:

- Lote 1: formado por 20 animales de raza Chato Murciano, explotados al aire libre (CHE). Con un PCC de 100,52 kg.
- Lote 2: formado por 12 animales de raza Chato Murciano, explotados en sistema intensivo (CHI). Con un PCC de 93,07 kg.

MATERIAL Y MÉTODOS: ESQUEMA.

MEDIDAS SOBRE EL ANIMAL Y LA CANAL

EXPERIENCIA I

LOTES:

- **CHE**
- **CHI**
- **CHxIBE**
- **CHxIBI**

- Peso de la canal caliente.
- Medidas morfométricas: longitud de la canal, longitud de la pata, longitud de la mano, longitud del jamón, perímetro máximo del jamón, perímetro de la caña.
- Pesos piezas nobles: lomo, cabeza de lomo, solomillo, jamón.
- Espesores de tocino dorsal.

EXPERIENCIA II

LOTES:

- **CHE**
- **CHI**

- Peso vivo.
- Peso de la canal caliente.
- Peso de la canal fría.
- Rendimiento de la canal caliente.
- Rendimiento de la canal fría.
- Pérdidas por oreo.
- Medidas morfométricas: longitud de la canal, longitud de la pata, longitud de la mano, longitud del jamón, perímetro máximo del jamón, perímetro de la caña.
- Pesos piezas nobles: lomo, cabeza de lomo, solomillo, paleta, jamón.
- Espesores de tocino dorsal.

MEDIDAS SOBRE PARÁMETROS DE CALIDAD DE CARNE (músculo longísimo lumbar)

- pH a los 45 minutos y 24 horas postmortem.
- Color (L*, a*, b*) a los 45 minutos y 24 horas postmortem.
- Porcentaje de grasa intramuscular.
- Composición mineral.

- pH a los 45 minutos y 24 horas postmortem.
- Color (L*, a*, b*) a los 45 minutos y 24 horas postmortem.
- Porcentaje de grasa IM.
- Pérdidas por goteo.
- Pérdidas por cocción.
- Resistencia al corte.
- Composición mineral.
- Perfil de ácidos grasos:
 - En tocino.
 - En músculo longísimo lumbar.

III.2. MANEJO Y ALIMENTACIÓN DE LOS ANIMALES.

Los animales recibieron una alimentación y un manejo diferente según el sistema de explotación que fuera empleado (intensivo o al aire libre).

III.2.1. Sistema intensivo.

Los animales explotados bajo el sistema de producción intensivo fueron manejados bajo un sistema convencional en naves para porcino (Figura 7).

La alimentación consistió en pienso comercial adaptado a las necesidades nutritivas de los animales. La composición del pienso varió según la experiencia (ver Tabla 5). Para la Experiencia I se empleó un pienso con un 15,00% de proteína cruda, un 4,94% de grasa, y 3.218 Kcal. de energía digestible porcino; en el caso de la Experiencia II se empleó un pienso con un 17,01% de proteína cruda, un 2,36% de grasa, y 3.247 Kcal. de energía digestible porcino.



Figura 7. Sistema intensivo.



Figura 8. Sistema al aire libre.

III.2.2. Sistema al aire libre.

Los animales explotados bajo este sistema (Figura 8) fueron ubicados, como su propio nombre indica, al aire libre, en corrales de gran superficie, donde 20 animales disponían de unos 1.500 m² de superficie disponible, con arbolado, cabañas tipo camping para el descanso, charca para baños, disposición de agua y alimentación a base de piensos *ad libitum*, teniendo como único aditivo ácido cítrico para situar en 4,5 el pH del agua, como profilaxis de procesos diarreicos.

La composición del pienso comercial (ver Tabla 5), al igual que en el sistema intensivo, varió según fuese la Experiencia I o II. Además, los animales de ambos sistemas de producción recibieron las vacunaciones y desparasitaciones pertinentes recomendadas por las autoridades sanitarias.

Tabla 5: Ingredientes, composición química (%) y análisis nutricional de la dieta concentrada suministrada a los animales de la Experiencia I y II.

	Experiencia I	Experiencia II
<i>Ingredientes y composición química (%)</i>		
Maíz	15	40
Cebada dos carriles	34,9	34,8
Torta de soja 44% PB	11	22
Guisantes	12	
Harinillas	10	
Trigo	7,3	
Alfalfa deshidratada	3	
Manteca	2,5	
Carbonato cálcico	1,63	0,7
Melaza caña	1	
Fosfato mono-dicálcico	0,52	1,9
CINa	0,35	0,3
Vitaminas y minerales	0,3	0,3
Aceite de soja	0,25	
Setnazyme fitasa	0,1	
<i>Análisis nutricional (%)</i>		
Materia seca	89,06	88,93
Proteína cruda	15,00	17,01
Extracto etéreo	4,94	2,36
Fibra cruda	5,09	4,03
Cenizas	4,89	5,60
Ca	1,00	0,94
Na	0,15	0,13
P (total)	0,63	0,70
Cu	8*	28*
C18:2	1,30	1,27
Lisina	0,74	0,86
Metionina	0,23	0,26
DE (Kcal/Kg)	3.218	3.247
ME (Kcal/Kg)	3.077	3.100

DE: energía digestible; ME: energía metabolizable.

* Valores expresados en mg/kg

III.3. SACRIFICIO DE LOS ANIMALES Y OBTENCIÓN DE LAS CANALES.

El sacrificio de todos los animales se realizó según la legislación vigente, de acuerdo con las especificaciones detalladas en el Real Decreto 147/1993, publicado en el B.O.E. 12/03/1993.

El proceso de sacrificio y manipulación de las canales se realizó en las instalaciones de la Unidad Alimentaria Mercamurcia y de la industria Cárnicas La Noria S.L.

Los animales vivos fueron ubicados a su llegada a las instalaciones en corrales cubiertos, con libre disposición de agua, y con un reposo previo al sacrificio de 24 horas.

El aturdimiento previo al sacrificio se realizó mediante cámara de CO₂. Tras el desangrado se procedió al proceso de faenado habitual (escaldado, depilación y evisceración de los órganos contenidos en tórax y abdomen, a excepción de los riñones, que quedaron con la canal).

III.4. MEDIDAS REALIZADAS SOBRE LA CANAL Y LA CARNE EN MATADERO.

Tras el sacrificio de los animales, a los 45 minutos y a las 24 horas manteniendo las canales a 4 °C, se procedió a realizar la toma de muestras y la medición de una serie de parámetros de calidad de la canal y de la carne, los cuales fueron:

- **Peso de las canales:** expresado en kilogramos, tanto a los 45 minutos (peso de la canal caliente – PCC) como a las 24 horas postmortem (peso de la canal fría – PCF; Figura 9).

Figura 9: Pesada de canal en frío



- **pH:** medido mediante pHmetro portátil con electrodo de punción (Mod. pH-506, Barcelona). La medición se realizó en el músculo longísimo lumbar (Figura 10) tomado a la altura de la última costilla de la hemicanal derecha, a los 45 minutos (pH_{45}) y 24 horas (pH_{24}) postmortem.
- **Color de la carne:** fue medido mediante colorímetro (Minolta Chromameter CR 350, Japón; Figura 11) empleando el sistema CIELab, expresándose el color mediante las coordenadas L^* , a^* y b^* ; donde L^* representa el índice de luminosidad (abarcando desde el valor 100, que corresponde al blanco absoluto, al valor 0, que corresponde con el negro absoluto), a^* corresponde con el índice de rojos-verdes, y b^* con el índice de amarillos-azules. Previo a la medición del color, se cortaba una capa de la carne a medir, y se dejaba airear (blooming time) durante 15 minutos (Honikel 1998, modificado por Centro Federal de Investigación de la Carne de Alemania), para permitir la captación del oxígeno de la nueva superficie expuesta. En general, se procuró tomar la medición en zonas homogéneas y representativas, libres de grasa intramuscular y de manchas de sangre. La medición se realizó a los 45 minutos y 24 horas postmortem.



Figura 10. Medida del pH.



Figura 11. Medida del color.

- **Estudio morfométrico** de las canales (realizado a los 45 minutos postmortem):
 - **Medidas lineales:** fueron tomadas con cinta métrica sobre la hemicanal derecha colgada las siguientes medidas (ver Figura 12 y 13):
 - **Longitud de la canal (LC):** medida desde la mitad del borde craneal de la primera costilla hasta la sínfisis pélvica.
 - **Longitud de la mano (LM):** medida desde la tuberosidad del olécranon al extremo distal de la pezuña.

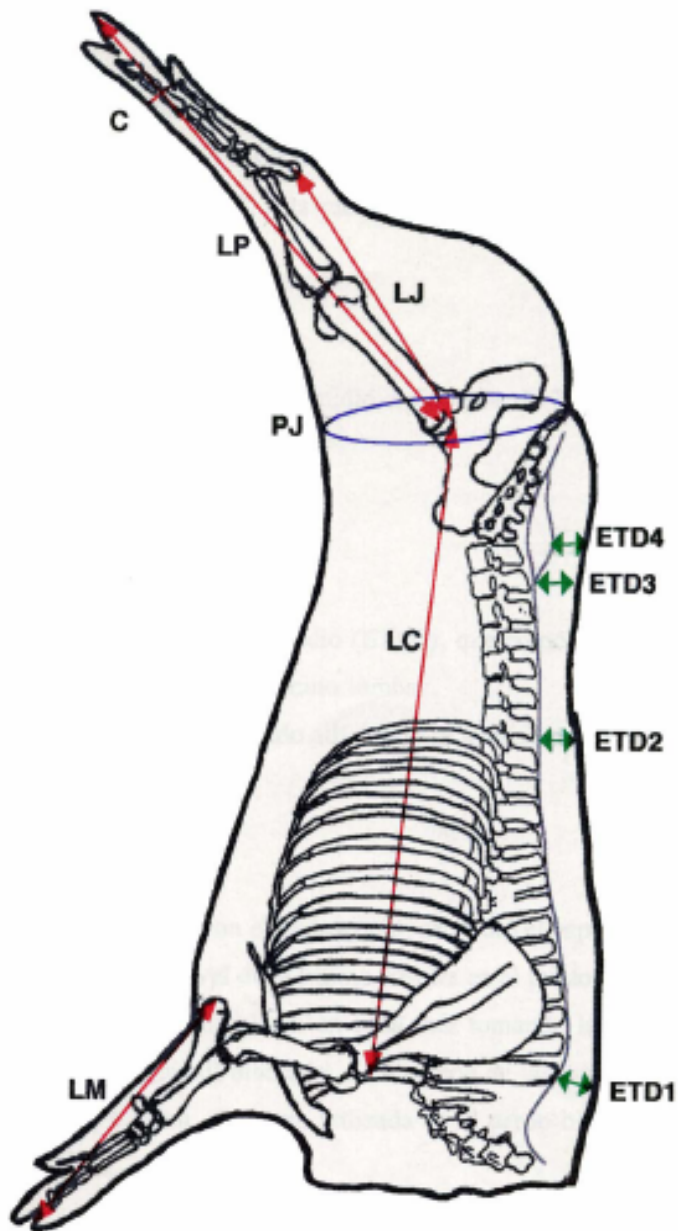


Figura 12. Esquema de las medidas realizadas sobre la media canal derecha (tomada de Mayoral, 1994).

- **Longitud de la pata (LP)**: desde el borde caudal de la sínfisis pélvica hasta el extremo distal de la pezuña.
- **Longitud del jamón (LJ)**: desde la sínfisis pélvica a la mitad del calcáneo (cara medial).
- **Perímetro máximo del jamón (PJ)**: zona de máxima amplitud, caudalmente al rabo.
- **Perímetro de la caña (PC)**: en la zona más estrecha, hacia la mitad de la región del metatarso.

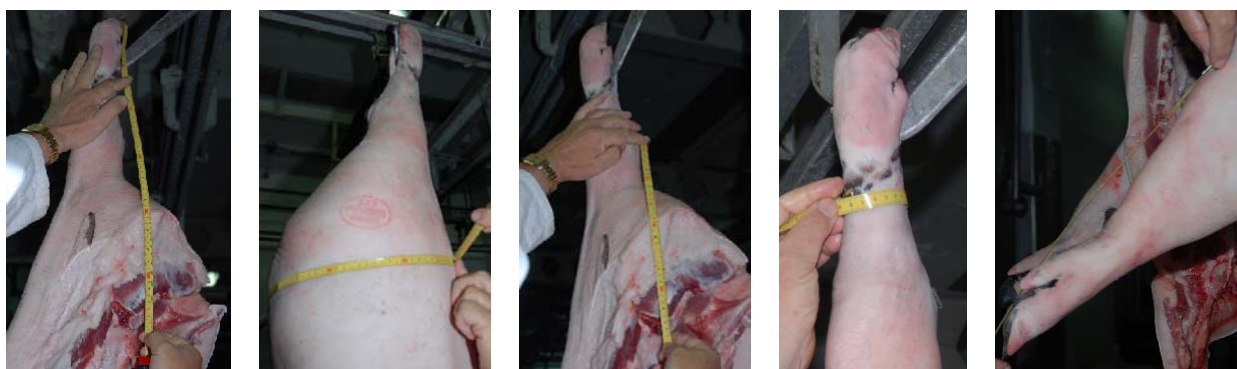


Figura 13. Toma de medidas morfométricas.

- **Pérdidas por oreo y porcentaje de pérdidas por oreo.** Calculados de la siguiente forma:

- **Pérdidas por oreo:**

$$PO = PCC - PCF$$

PO = Pérdidas por oreo, expresado en kilogramos.

PCC = Peso medio en kilogramos de la canal a los 45 minutos postmortem.

PCF = Peso medio en kilogramos de la canal tras permanecer 24 horas a 4 °C.

- **Porcentaje de pérdidas por oreo:**

$$\% PO = (PO / PCC) \times 100$$

% PO = Porcentaje de pérdidas por oreo.

PO = Pérdidas medias por oreo en kilogramos.

PCC = Peso medio de la canal en kilogramos a los 45 minutos postmortem.

- **Despiece de las canales:** realizada a las 24 horas postmortem, anotándose el peso de las piezas comerciales más importantes, también llamadas piezas nobles, las cuales fueron:

- Lomo.
- Cabeza de lomo.
- Solomillo.
- Jamón (recortado).
- Paleta.

Figura 14. Despiece del lomo y cabeza de lomo.



El despiece practicado se llevó a cabo en colaboración con la industria Cárnicas La Noria S.L., y consistió en un despiece tradicional de la región de Murcia, que no difiere en gran medida del realizado en otras partes de España, aunque estas variaciones, descritas por Poto (2003), vienen impuestas por la raza y los productos a que se destinan las piezas cárnicas van a marcar algunas diferencias, como también es el despiece realizado en el caso del cerdo Ibérico.

Para el despiece del **lomo** y de la **cabeza de lomo**, que forman parte del costillar, se han de separar estas partes de las costillas y de las apófisis vertebrales dorsolumbares, integrando en primer lugar una sola pieza, que posteriormente son separados (Figura 14 y 15). El lomo se obtiene seccionando perpendicularmente la parte caudal de la cabeza del lomo y lo conforma la mayor parte del músculo longísimo lumbar. La cabeza del lomo es considerada como pieza o como magro de primera, que en este estudio ha sido valorado individualmente.

El **solomillo** se obtiene de los trayectos abdominal y pélvico de los músculos psoas menor, iliopsoas y cuadrado de los lomos, para lo que es necesario retirar las fascias de recubrimiento y se seccionan sus intersecciones coxales y femorales.

La pieza que va a dar lugar al **jamón** se prepara incidiendo la articulación sacrocoxal, seccionando transversalmente la musculatura a nivel del espacio lumbosacro y verticalmente hasta el despliegue de la babilla, así como independizándola de su unión a las paredes del abdomen. Tras ello se recorta el exceso de piel y grasa de su contorno, pero dejando cubierta toda la musculatura externa, sin realizar el corte en V invertida o corte serrano, que es típico del jamón de cerdo Ibérico. El exceso de grasa pélvica también es eliminado.



Figura 15. Despiece de la canal.

La **paleta** se aísla del miembro torácico seccionándola y separándola del tronco, de tal forma que contenga toda la musculatura que rodea a la escápula; finalizándose con el recorte de la piel y grasa subcutánea, hasta conseguir en su parte superior una forma de media elipse, característica del país.

III.5. OBTENCIÓN Y PROCESADO DE LAS MUESTRAS MUSCULARES.

Para los posteriores estudios a realizar en laboratorio (pérdidas por goteo, pérdidas por cocinado, textura, determinación de cenizas, contenido en grasa intramuscular, contenido mineral y en ácidos grasos) las muestras de carne del músculo longísimo lumbar fueron tomadas en matadero a los 45 minutos tras el sacrificio, a partir de la media canal derecha y a nivel de la última costilla (Figura 16).



Figura 16. Toma de muestras de músculo y tocino en matadero.

La toma de muestras sobre este músculo se realizó por diversos motivos: en primer lugar, es el más ampliamente utilizado por la mayor parte de investigadores a todos los niveles; en segundo lugar, por ser una pieza de alto valor cárnico; en tercer lugar, por tener un fácil acceso en la canal; y por último, al ser un músculo de gran tamaño, nos permitió tomar unas cantidades de muestra lo suficientemente grandes para realizar un gran número de determinaciones, y con las repeticiones necesarias.

Una hora tras el sacrificio de los animales, y a partir de la muestra tomada en matadero a nivel de la última costilla se tomaron las muestras oportunas de la carne en fresco para la realización de las determinaciones de las pérdidas por goteo y pérdidas por cocción.

Las muestras tomadas en matadero, mantenidas en una pieza, permanecieron en cámara frigorífica a 4 °C durante 24 horas.

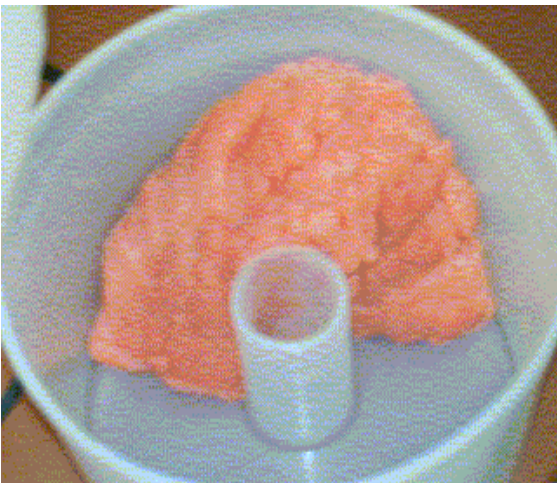


Figura 17. Homogeneización muestra.



Figura 18. Muestras envasadas al vacío.

A las 24 horas postmortem, tras haber sufrido la carne un proceso de maduración, con el correspondiente paso de músculo a carne, se procedió a la homogeneización de las muestras (Figura 17), en picadora convencional (Moulinex, modelo 320), durante 15 segundos, y se tomaron las cantidades oportunas de muestra para cada uno de los procesos laborales posteriores, éstas fueron envasadas al vacío (Figura 18) y se mantuvieron en cámara congeladora a -36 °C hasta el momento de las determinaciones correspondientes.

III.6. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.

Para valorar la capacidad de retención de agua de la carne, a partir de las muestras obtenidas en la Experiencia II, fueron empleadas dos determinaciones:

III.6.1. Determinación de las pérdidas por goteo.

Se siguió el protocolo Honikel (1997), en el cual, a partir de la canal caliente (45 minutos postmortem) se tomó una muestra, la cual era pesada inmediatamente y puesta en un recipiente plástico, quedando suspendida mediante un alambre en el centro del mismo (Figura 19), sin estar en contacto con sus paredes. Este recipiente permanecía cerrado durante el almacenamiento para evitar evaporaciones al ambiente. La carne era mantenida en cámara frigorífica a 4 °C durante 24 horas, tras lo cual era sacada del recipiente, secada suavemente sobre papel de laboratorio, e inmediatamente pesada. Para el pesaje fue utilizada una báscula (marca Precisa 300C, Pag Oerlikon AG, Zurich) con una precisión de $\pm 0,01$ g.



Figura 19. Determinación de las pérdidas por goteo.

La muestra era tomada siempre del músculo longísimo lumbar, del cual era seccionado una loncha de 1,5-2 cm de espesor, y cortada perpendicularmente al eje del músculo, alcanzando un peso de 80 ± 10 gr. Además, eran retirados todo resto de grasa intermuscular o de tocino, pero respetando la fascia que recubre al músculo.

El resultado final era expresado en porcentaje de pérdidas por goteo, calculado mediante la siguiente operación:

$$\% \text{ PG} = 100 - [(P_o / P_f) \times 100]$$

% PG = Porcentaje de pérdidas por goteo.

P_o = Peso inicial de la muestra.

P_f = Peso final de la muestra (a las 24 horas).

III.6.2. Determinación de las pérdidas por cocción.

La determinación de las pérdidas por cocción se realizó siguiendo las directrices marcadas por Honikel (1997).

La muestra a partir de la cual se realizaba el cocinado consistía en una loncha de 2 cm de grosor tomada del músculo longísimo lumbar, cortado tras el sacrificio en fresco. Posteriormente, tras 1 día en refrigeración, esta loncha era envasada al vacío y congelada hasta el día antes de la cocción, en el que se dejaba en frigorífico a 4 °C hasta el día siguiente.



Figura 20. Cocción de las muestras.



Figura 21. Muestras tras cocinado.

Previo a la cocción cada muestra era pesada en báscula (marca Precisa 300C, Pag Oerlikon AG, Zurich) con una precisión de $\pm 0,01$ g antes de comenzar el cocinado. Se procesaban un máximo de 3 muestras simultáneamente, ya que la introducción de un número mayor al baño, produciría una bajada de la temperatura brusca e indeseable del agua. A cada una de las muestras se le introducía un termómetro de punción, de manera que éste realizaba la medición exactamente en el centro de la muestra de carne.

La temperatura del agua de cocción se situaba en 72 °C. Y las muestras eran introducidas en bolsas de plástico suspendidas en el agua, de manera que el borde superior de la bolsa quedaba abierto y fuera del líquido (Figura 20). El tiempo que las muestras permanecían en el agua era monitorizado. El proceso se detenía cuando el último termómetro de punción indicaba que en el centro de la muestra la temperatura

alcanzada era de 70 °C. Momento en el cual todas las muestras eran sacadas del baño de cocción, e introducidas en otro baño a 15 °C durante 5 minutos.

Posteriormente, las muestras eran sacadas de las bolsas, secadas suavemente con papel de laboratorio, y pesadas (Figura 21). El resultado de la prueba era expresado en porcentaje de pérdidas por cocción, calculado mediante la siguiente operación:

$$\% \text{ PC} = 100 - [(P_o / P_f) \times 100]$$

% PC = Porcentaje de pérdidas por cocción.

P_o = Peso inicial de la muestra.

P_f = Peso final de la muestra (tras la cocción).

III.7. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA.

Se realizó sobre las muestras empleadas en la determinación de las pérdidas por cocción, siempre a las 24 horas de su cocción, habiendo estado mantenidas en cámara frigorífica a 4 °C.

La textura fue determinada mediante el método “Warner Bratzler Shear Test”, descrito por Honikel (1997), que consiste en un aparato que va a medir la terneza de la carne (Figura 23). El aparato empleado fue un texturómetro (Stable Micro Systems Texture Analyser, Model TA-XT plus, Reino Unido), que por fuerza de cizallamiento cortaba la muestra cocinada.



Figura 22. Preparación de las muestras previa a la obtención de resultados.



Figura 23. Determinación de la resistencia al corte en texturómetro.

La muestra que va a ser seccionada consiste en un rectángulo de sección de 1 cm^2 , con la dirección de las fibras paralelas a lo largo del rectángulo, y con una longitud de al menos 30 mm (Figura 22). Las muestras son seccionadas en ángulo recto al eje de las fibras. La velocidad de ensayo aplicada fue de 3,33 mm/seg. (Honikel 1997, modificado por el Centro Federal de Investigación de la Carne de Alemania).

Para cada muestra se realizaron tres determinaciones, se tomaron tres submuestras o rectángulos, uno central y otros dos laterales, y luego se tomó la media como valor final. Además, en la elección de la zona donde se tomaban las submuestras, se evitaron en lo posible la existencia de tendones, vasos sanguíneos, nervios y acúmulos de grasa. En aquellas muestras con una notable infiltración grasa, fue inevitable la inclusión de cierta cantidad de fascículos o componentes grasos en la muestra a seccionar.

En la Figura 24 se muestra una imagen capturada del programa informático empleado para la realización de la determinación de textura mediante el “Warner Bratzler Shear Test”. Se puede observar en la gráfica obtenida tras la realización del corte, el área total bajo la curva (área punteada), que representa el valor total de la fuerza aplicada (F_{total}), y el punto máximo de fuerza (F_{max}), que representa la fuerza máxima puntual aplicada en la realización del corte. Estos valores fueron expresados en Newton (N).

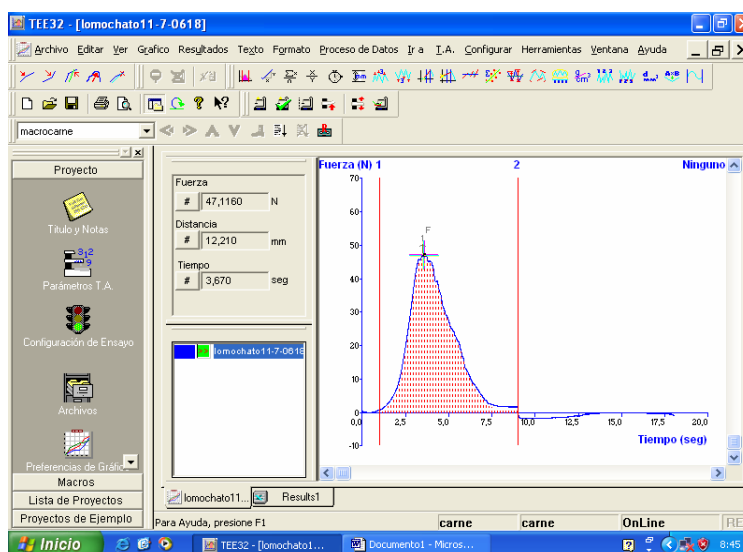


Figura 24. Imagen del programa informático durante la realización del “Warner Bratzler Shear Test” en una muestra de carne cocinada.

III.8. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN GRASA DE LA CANAL.

III.8.1. Determinación del espesor de tocino dorsal.

Las medidas del espesor de tocino dorsal (ETD) fueron realizadas en matadero a los 45 minutos del sacrificio de los animales (ver Figuras 12, 25, 26, 27 y 28) utilizando un pie de rey digital (Mitutoyo, mod. CD-15D, Japan), a varios niveles (Mayoral, 1994; Peinado et al., 2004):

- Primera costilla (ETD1).
- Última costilla (ETD2).
- Extremo craneal del músculo glúteo medio (ETD3). Coincidiendo con la zona de mayor grosor de tocino lumbar.
- Glúteo medio (ETD4). A nivel del músculo glúteo medio en la zona de menor espesor graso.



Figura 25. Medida del ETD1.



Figura 26. Medida del ETD2.



Figura 27. Medida del ETD3.



Figura 28. Medida del ETD4.

III.8.2. Determinación de la grasa intramuscular.

A partir de las muestras homogeneizadas del músculo longísimo lumbar se procedió a la determinación de su contenido en grasa. Previo a la homogeneización la muestra era desprendida de fascias y restos de grasa intermuscular.

Las determinaciones se realizaron por duplicado, siguiendo el método descrito en la norma ISO 1443 (1979), con el extractor Soxhlet, con las siguientes pautas:

- Peso de la muestra, con aproximación de miligramo: 2,5 g, que fueron introducidos en un matraz Erlenmeyer de 500 ml.
- Digestión con 100 ml de ácido clorhídrico 3N, añadiendo varias unidades de pequeñas piedras pómez (de 4 a 8 milímetros). Tapada la boca del matraz con un vidrio de reloj, se sometió a ebullición suave en placa calefactora durante 1 hora.
- Enfriado y filtrado sobre un doble papel de filtro Albet 242Ø, lavando el residuo con agua fría hasta que desaparezca la reacción ácida.
- Verificación de que en el filtrado no existe materia grasa.
- Desecado en estufa a 95-98 °C durante una hora y media de los papeles de filtro conteniendo el residuo.
- Extracción Soxhlet con hexano durante 6 horas (Figura 29).
- Eliminación del disolvente en rotavapor (Figura 30) y secado de los restos de disolvente durante 1 hora y media en estufa a 75 °C.



Figura 29. Extracción de grasa en Soxhlet.



Figura 30. Extracción de hexano en rotavapor.

- Desecación del matraz Soxhlet que ha recibido la grasa, previamente tarado, y pesado cuando se alcanza la temperatura ambiente. Se repite el calentamiento y la pesada hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas resulta menor de 5 mg.
- Los cálculos son expresados en porcentaje de peso, según la siguiente relación:

$$\text{Porcentaje grasa} = [(P' - P) / P''] \times 100$$

P = Peso en gramos del matraz

P' = Peso en gramos del matraz con la grasa

P'' = Peso en gramos de la muestra

III.9. ESTUDIO DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.

La preparación de las muestras para el estudio del perfil de ácidos grasos se realizó de forma diferente según se hiciese a partir de muestras de tocino dorsal, tratándose de extraer en este caso los ácidos grasos de la grasa de cobertura, o a partir de muestras de músculo longísimo lumbar, tratándose de extraer en este caso los ácidos grasos de la grasa intramuscular. Por ello, a continuación se detalla el procedimiento en cada caso:

III.9.1. En tocino dorsal.

Para la extracción de los ácidos grasos presentes en el tocino dorsal se siguió el protocolo detallado a continuación:

La muestra fue tomada de tocino dorsal el mismo día del sacrificio, a nivel de la última costilla, y correspondiente al tocino que recubre al lomo. Esta muestra era conservada envasada al vacío y en cámara frigorífica a -36 °C (Figura 31).

El día del procesado de la muestra, en primer lugar se retiró la piel de la muestra que iba a ser analizada y, posteriormente, se realizó una homogeneización suave en picadora convencional (Moulinex, modelo 320) durante 10 segundos, partiéndose aproximadamente de unos 100 g de tocino.



Figura 31. Muestras de tocino y músculo envasadas al vacío.

A continuación se vertieron 5-10 g del triturado en un vaso de precipitado, al cual se le añadió 0,5 ml de butilhidroxitoluol, como estabilizador de la muestra, y así evitar oxidaciones indeseables. Este vaso con la muestra era sometido a un baño María a unos 90 °C durante unos 15 minutos. A la mitad de este tiempo, la muestra era volteada con una cuchara para facilitar que toda la muestra se viera afectada por la temperatura aplicada.

Para la preparación de 0,5 ml de butilhidroxitoluol se emplearon 0,5 ml methanol + 0,1377 g butilhidroxitoluol (BHT).

Pasados los 15 minutos se tomaron 10 µl de la grasa licuada, los cuales se introdujeron en un vial para la cromatografía de gases, el cual ya contenía 750 µl de Toluol p.a., como medio de dilución. Posteriormente 250 µl del reactivo hidróxido de trimetil sulfonio 0,2 mol eran añadidos.

Finalmente las muestras eran agitadas, y ya estaban preparadas para ser utilizadas directamente en el cromatógrafo de gases, hasta lo cual las muestras podían ser conservadas en frigorífico a 4 °C.

III.9.2. En grasa intramuscular.

Para la extracción de la grasa intramuscular se siguió el protocolo de Schulte y Weber (1989). El proceso se realizó por duplicado. Cada una de la muestras fueron previamente homogeneizadas y envasadas al vacío, y se introdujeron en un tubo de cristal:

- 5 gramos de carne.
- 5 gramos de arena de mar. El cual ejercía una función mecánica en la trituración.
- 10 gramos de sulfato de sodio libre de agua. El cual ejercía una función de secuestrar el agua.
- 25 ml de mezcla de disolución, formada por:
 - Metanol:Diclorometano, en proporción 1 a 2.
 - Estabilizador BHT (2,6 Di-tert.-butyl-4-methylphenol). En una cantidad de 0,3443 g por cada 2,5 litros de la mezcla anterior.

Esta mezcla era triturada durante 1,5 minutos (en homogeneizador Bühler HO 4/A, Hechingen, Alemania; Figura 32). Posteriormente, el triturado era depositado sobre un filtro (papel de filtro para análisis cuantitativo, cualitativo y para análisis especiales. Marca Macherey-Nagel, MN 615 ¼, 18,5 cm de diámetro), y se dejaba filtrar 1 minuto (Figura 33).

A partir del filtrado se tomaron 750 µl, los que junto con 250 µl de hidróxido de trimetil sulfonio se introdujeron en un vial para cromatografía. Mezcla que ya estaba preparada y era adecuada para el pipeteado directo por el cromatógrafo de gases. Este proceso se realizó por duplicado.



Figura 32. Homogeneizador Bühler.



Figura 33. Filtrado y preparación viales para cromatografía de gases.

Con el resto del filtrado sobrante, se tomaron 900 µl de reserva, que nos servirían para posibles repeticiones. Estos eran mantenidos congelados a -36 °C.

III.9.3. Cromatógrafo de gases.

Una vez preparadas las muestras y dispuestas para ser utilizadas, éstas fueron llevadas al cromatógrafo de gases, en concreto, el aparato utilizado fue Fison GC 8000 Series, con detector de ionización de llama e inyector automático. El programa utilizado en el aparato (Oven Programm) comenzaba a 50 °C, mantenida 1 min, y posteriormente ascendiendo 25 °C por minuto, hasta alcanzar 175 °C, para después subir 4 °C por minuto hasta alcanzar los 230 °C, y mantenido durante 20 minutos.

Otros parámetros utilizados por el aparato fueron: temperatura del detector: 250 °C, flujo de aire: 400 mL/min, flujo de hidrógeno: 35 mL/min. Temperatura inyector: 280 °C. Gas portador: helio a 20 mL/m. Columna de extracción: Agilent Technologies DB-23 (50%-cianopropil-metilpolixilosano) de 60 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 micrómetros de espesor de película.

En la calibración del aparato, como patrón de referencia fue utilizado el material 18919-AMP, de Supelco, que permite identificar 37 componentes (ácidos grasos), los cuales vienen a continuación (todos ellos en su forma metilada):

- Acido araquídico m.e. (C20:0)
- Acido araquidónico m.e. (C20:4, cis-5,8,11,14)
- Acido behénico m.e. (C22:0)
- Acido butírico m.e. (C4:0)
- Acido cáprico m.e. (C10:0)
- Acido caproico m.e. (C6:0)
- Acido caprílico m.e. (C8:0)
- Acido cis-13,16-docosadienoico m.e. (C22:2)
- Acido cis-4,7,10,13,16,19-docosaheptaenoico m.e. (C22:6)
- Acido cis-11,14-eicosadienoico m.e. (C20:2)
- Acido cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico m.e. (C20:5)

- Acido cis-8,11,14-eicosatrienoico m.e. (C20:3)
- Acido cis-11,14,17-eicosatrienoico m.e. (C20:3)
- Acido cis-11-eicosenoico m.e. (C20:1)
- Acido eláídico m.e. (C18:1, trans-9)
- Acido erúcico m.e. (C22:1, cis-13)
- Acido heneicosanoico m.e. (C21:0)
- Acido heptadecanoico m.e. (C17:0)
- Acido cis-10 heptadecenoico m.e. (C17:1)
- Acido laúrico m.e. (C12:0)
- Acido lignocérico m.e. (C24:0)
- Acido linoleico m.e. (C18:2 cis-9,12)
- Acido linolelaidico m.e. (C18:2, trans-9,12)
- Acido γ -linolénico m.e. (C18:3, cis-6,9,12)
- Acido linolénico m.e. (C18:3, cis-9,12,15)
- Acido mirístico m.e. (C14:0)
- Acido miristoleico m.e. (C14:0, cis-9)
- Acido nervónico m.e. (C24:1, cis-15)
- Acido oléico m.e. (C18:1, cis-9)
- Acido palmítico m.e. (C16:0)
- Acido palmitoleico m.e. (C16:1, cis-9)
- Acido pentadecanoico m.e. (C15:0)
- Acido cis-10 pentadecenoico m.e. (C15:1)
- Acido esteárico m.e. (C18:0)
- Acido tricosanoico m.e. (C23:0)
- Acido tridecanoico m.e. (C13:0)
- Acido undecanoico m.e. (C11:0)

III.10. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL.

III.10.1. Determinación de cenizas.

En el proceso de determinación de la composición mineral, es imprescindible la obtención previa de las cenizas de la carne. Este proceso se realizó por duplicado a partir de las muestras homogeneizadas del músculo longísimo lumbar, permaneciendo éstas envasadas al vacío y congeladas a -36 °C hasta el día de su procesamiento.

Para la realización de la obtención de cenizas se partió aproximadamente de 1 gramo de muestra en fresco, el cual fue introducido en horno MUFLA (marca Nabetherm, modelo L9/12/S27, Alemania; Figura 34). La rampa de temperatura utilizada, alcanzaba y mantenía la muestra durante 6 horas a 550 °C. Una vez finalizado el proceso en el horno, normalmente al día siguiente a primera hora, las muestras eran introducidas en desecador, donde se estabilizaban y enfriaban; posteriormente eran pesadas en báscula (Sartorius AG Göttingen, Mod. CP324S, Alemania) de precisión de 0,1 mg.



Figura 34. Horno MUFLA.

El resultado de la determinación era expresado en porcentaje de cenizas, calculado mediante la siguiente operación:

$$\% \text{ cenizas} = (P_f / P_o) \times 100$$

% cenizas = Porcentaje de cenizas.

P_f = Peso final de las cenizas.

P_o = Peso inicial de la muestra.

III.10.2. Determinación de la composición mineral.

En la determinación de la composición mineral se siguió el método oficial AOAC 985.35 (1999). A partir de las cenizas de cada muestra se realizó un proceso de digestión por medio de ácidos clorhídrico (5 ml) y nítrico (2 ml) durante 5 minutos (Figura 35). Posteriormente, el conjunto de cada muestra fue diluido hasta 50 ml empleando agua ultrapura tipo 1, obtenida en el aparato Milli-Q Gradient A10, quedando preparada la muestra para la determinación de los minerales en un espectrómetro de absorción por plasma (ICP), siendo el aparato utilizado de la marca Perkin-Elmer, modelo Optima 200DV (Figura 36).

Los elementos minerales analizados fueron: calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), fósforo (P), manganeso (Mn), potasio (K) y sodio (Na).



Figura 35. Dilución de cenizas.



Figura 36. Medición en ICP.

Para la calibración del espectrómetro de absorción por plasma se prepararon unas rectas de calibración (ver Figura 37) cuyas ecuaciones y coeficientes de correlación vienen indicadas en la Tabla 6 para cada uno de los elementos minerales a analizar, las cuales partían de unas concentraciones de los elementos en cada uno de los patrones empleados, a partir de las cuales, el aparato era capaz de reconocer las concentraciones de cada elemento en cada una de las muestras.

Los datos obtenidos de cada uno de los elementos minerales son expresados en mg/100g de materia fresca, posterior a la aplicación de los factores de dilución correspondientes, teniendo en cuenta el volumen de dilución utilizado para un peso determinado de cenizas y materia fresca de cada muestra.

Tabla 6. Ecuaciones de las rectas de calibración, coeficientes de correlación, y concentraciones en partes por millón (ppm) de los patrones empleados en la determinación de la concentración mineral en espectrómetro de absorción por plasma.

Mineral	Blanco	Patrón (ppm)				Ecuación recta	R ²
		1	2	3	4		
Ca	0	5	10	20	30	$y = 76860x + 6756,2$	0,9999
Cu	0	0,1	0,5	1	2	$y = 586800x - 1782,0$	0,9999
Fe	0	0,5	1	2	5	$y = 60450x + 10994,5$	0,9942
K	0	50	80	110	150	$y = 951100x + 435589,9$	0,9999
Mg	0	10	20	30	40	$y = 330700x + 351682,3$	0,9992
Mn	0	0,5	1	2	5	$y = 697500x + 7632,1$	0,9999
Na	0	5	10	15	20	$y = 4845000x - 2710032,2$	0,9992
P	0	50	80	110	150	$y = 3162x + 5284,4$	0,9992
Zn	0	0,5	1	2	5	$y = 4830x + 64,8$	0,9999

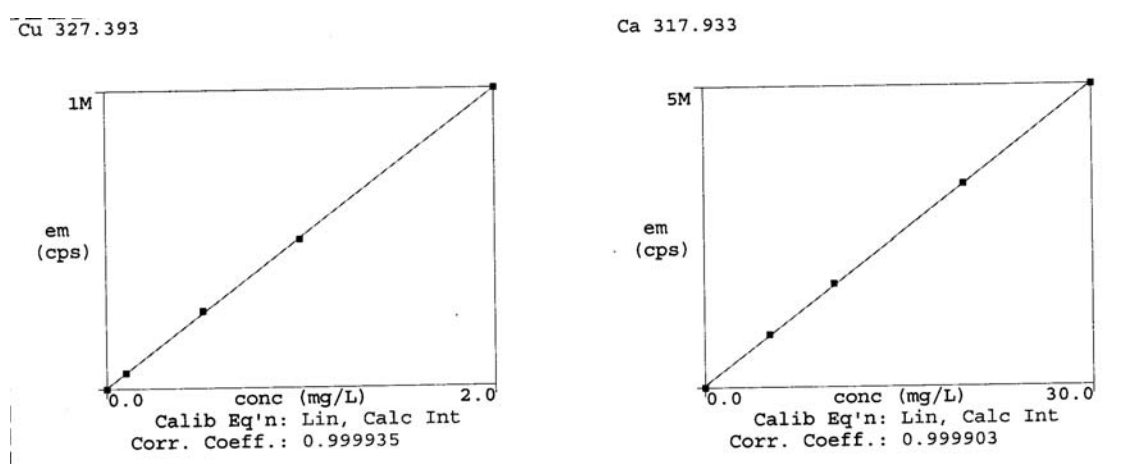


Figura 37. Rectas de calibración del espectrómetro de absorción por plasma para los elementos calcio (Ca) y cobre (Cu).

Los cálculos, para llegar a la expresión de los resultados en forma de mg por cada 100 gramos de carne en fresco, fueron realizados de la siguiente forma:

$$B = A / 50$$

$$D = (B \times 100) / C$$

A = Valor expresado por el ICP, en ppm ó mg/L

B = Valor expresado en mg/50ml

C = peso fresco de la muestra.

D = Valor expresado en mg/100g carne en fresco.

La exactitud de las mediciones realizadas fueron corroboradas mediante el empleo de un material de referencia (BCR 184 – Bovine muscle).

III.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

Para el análisis estadístico y procesado de los datos se utilizaron los programas Excel 2000 y el programa estadístico Statgraphics Plus, Versión 2.1. Se realizaron los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar), un análisis de varianza, las medias se compararon mediante un test de Tukey, y se realizó un estudio de correlación de Pearson entre los parámetros estudiados. Los estadísticos analizados se realizaron a un nivel de confianza del 95, 99, y 99,9%.

IV. RESULTADOS

Hay que tener en cuenta que se realizaron dos experiencias cuyos resultados vienen expresados en el presente trabajo. La recuperación de la raza porcina Chato Murciano es hoy una realidad muy reconocida en todos los niveles, productivos y académicos, y los estudios sobre las calidades que encierran estos animales han tenido que realizarse de forma correlativa, a medida que se han incorporado nuevos equipos y se han desarrollado diferentes técnicas en el proceso de recuperación racial. La denominada Experiencia II de este trabajo es la más novedosa por incorporar los resultados obtenidos con la aplicación de técnicas y equipos sobre nuevos aspectos cualitativos de esta materia prima y, por tanto, completan los aspectos ya desarrollados en la denominada Experiencia I y en otros trabajos previos realizados sobre esta raza autóctona.

Para una mejor comprensión de los resultados obtenidos, la exposición de los mismos se va a realizar en primer lugar considerando la Experiencia I y, posteriormente, los de la Experiencia II.

En la **Experiencia I** se expondrán los datos referentes al peso de la canal caliente, más tarde los datos morfométricos de la canal obtenidos para los diferentes lotes, que incluirá las medidas realizadas sobre la media canal (medidas lineales y perímetros). Siguiendo con los datos del despiece de las canales, incluyendo las piezas cárnicas de mayor valor. Además se expondrán algunos datos de los parámetros de calidad de carne (pH, color, contenido en grasa IM y composición mineral).

En la **Experiencia II** se abarcarán los mismos parámetros y mediciones que en la I, pero además, con datos referentes al peso vivo al sacrificio y de la canal (caliente y fría), datos de rendimiento de la canal (caliente y fría) y pérdidas por oreo; también se incluirán otros aspectos adicionales de calidad de carne estudiados sobre el músculo longísimo lumbar (L1) como son la capacidad de retención de agua (pérdidas por goteo y pérdidas por cocción) y textura sobre la carne cocinada. Una vez tratados estos aspectos, se continuará con la exposición de resultados sobre el perfil de ácidos grasos (de grasa subcutánea e IM).

Para finalizar este apartado de resultados se introduce el **Anexo I** con diferentes tablas de resultados y coeficientes de correlación.

IV.1. EXPERIENCIA I.

IV.1.1. Peso de la canal caliente.

Los valores del peso de la canal caliente (PCC, medidos a los 45 minutos post-mortem) para los animales de la Experiencia I [animales Chato Murciano explotados al aire libre (CHE) y en intensivo (CHI), y Chato Murciano cruzados con Ibérico explotados al aire libre (CHxIBE) y en intensivo (CHxIBI)] vienen representados en el Gráfico 1 y fueron los siguientes (promedio y desviación estándar):

- CHE: $100,38 \pm 11,34$ kg.
- CHI: $110,29 \pm 9,49$ kg.
- CHxIBE: $90,94 \pm 14,97$ kg.
- CHxIBI: $114,32 \pm 9,61$ kg.



Figura 38. Canal de cerdo Chato Murciano.

En el **Anexo I** (Tabla I) aparece información complementaria con datos de valores máximos y mínimos.

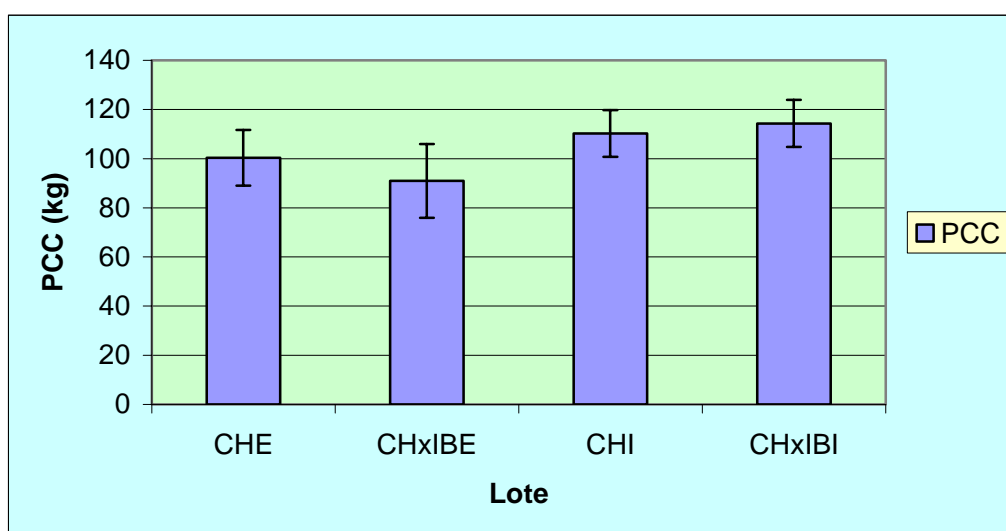


Gráfico 1. Peso de la canal caliente de los lotes de cerdos de la Experiencia I.

El estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XIII a XXVIII) entre el PCC y el resto de parámetros será descrito en cada uno de los apartados correspondientes.

IV.1.2. Estudio morfométrico de la canal.

El estudio morfométrico de la canal abarcó los siguientes parámetros: longitud de la canal (LC), perímetro máximo del jamón (PMJ), longitud de la mano (LM), longitud de la pata (LP), longitud del jamón (LJ) y perímetro de la caña (PC).

Los valores (promedio y desviación estándar) de éstos parámetros para los diversos lotes vienen representados en la Tabla 7. En el **Anexo I** (Tabla I) aparece información complementaria con datos de valores máximos y mínimos.



Figura 39. Jamones y paletas de cerdos CH.

Tabla 7. Medidas morfométricas tomadas sobre la canal de los cerdos de la Experiencia I.

	CHE	CHI	CHxIBE	CHxIBI
LC	83,82 ± 3,69	85,50 ± 2,92	81,64 ± 2,59	86,48 ± 3,25
PMJ	73,35 ± 4,20	75,94 ± 2,77	70,29 ± 6,26	76,63 ± 2,80
LM	34,95 ± 2,10	36,56 ± 1,60	36,71 ± 1,68	37,15 ± 1,85
LP	59,82 ± 2,69	63,63 ± 2,85	58,21 ± 9,49	66,63 ± 5,31
LJ	37,55 ± 2,01	39,72 ± 2,29	37,43 ± 1,72	40,76 ± 1,51
PC	18,18 ± 1,12	17,13 ± 1,38	17,39 ± 0,97	16,54 ± 0,81

LC: longitud de la canal, PMJ: perímetro máximo del jamón, LM: longitud de la mano, LP: longitud de la pata, LJ: longitud del jamón, PC: perímetro de la caña. Valores expresados en centímetros.

Para poder comparar estadísticamente los resultados entre los diferentes lotes, se han calculado los valores relativos de éstos respecto al PCC, de manera que se minimicen las diferencias debidas a los diferentes pesos de sacrificio. En la Tabla 8 se muestran esos valores relativos medios y su desviación estándar, y se indica si hay o no diferencias significativas en los resultados debidos a los factores genotipo y sistema de explotación. En todos los parámetros estudiados se observa una influencia

estadísticamente significativa acusada del sistema de explotación ($p < 0,001$ en todos los casos, menos para LP con $p < 0,05$); mientras que el genotipo influyó en el parámetro LM ($p < 0,01$) y LJ ($p < 0,05$). En todos los parámetros menos en LP se apreció interacción entre los factores genotipo y sistema de explotación.

Tabla 8. Análisis estadístico sobre los valores relativos de las medidas morfométricas de la canal respecto al PCC, en los cerdos de la Experiencia I.

		Sistema de explotación		Significancia		
		Aire libre	Intensivo	Genotipo	Sistema explotación	Interacción
LC	CH	84,32 ± 8,18 ^b	77,93 ± 5,56 ^a	-	***	*
	CHxIB	91,55 ± 12,88 ^b	76,14 ± 5,60 ^a			
PMJ	CH	73,71 ± 6,61 ^b	69,19 ± 4,19 ^a	-	***	*
	CHxIB	78,25 ± 8,25 ^b	67,33 ± 4,22 ^a			
LM	CH	35,24 ± 4,57 ⁺	33,27 ± 3,01	**	***	**
	CHxIB	41,16 ± 5,95 ^{+b}	32,51 ± 3,10 ^a			
LP	CH	60,29 ± 7,14	58,03 ± 4,83	-	*	-
	CHxIB	64,65 ± 10,98	58,64 ± 7,09			
LJ	CH	37,78 ± 4,03 ⁺	35,95 ± 2,31	*	***	*
	CHxIB	41,88 ± 5,29 ^b	35,79 ± 2,83 ^a			
PC	CH	18,29 ± 1,89 ^b	15,71 ± 1,49 ^{+a}	-	***	**
	CHxIB	19,40 ± 2,01 ^b	14,48 ± 1,24 ^{+a}			

LC: longitud de la canal, PMJ: perímetro máximo del jamón, LM: longitud de la mano, LP: longitud de la pata, LJ: longitud del jamón, PC: perímetro de la caña. Valores expresados en centímetros.

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre sistemas de explotación.

⁺ Con el símbolo “+” se indica diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre genotipos.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

En cuanto al estudio dentro de cada lote de la Experiencia I de los coeficientes de correlación entre los parámetros morfométricos de la canal (**Anexo I**, Tablas XIII a XVI) aparecieron numerosas e importantes correlaciones estadísticamente positivas ($p < 0,05$) en el caso de los grupos (CHI y CHxIBE), sin embargo en el lote CHxIBI no aparecen tantas correlaciones positivas, y en el lote CHE aparecen incluso correlaciones significativas negativas ($p < 0,05$). Es de destacar la variabilidad obtenida en las correlaciones del parámetro PC, para el que aparecen correlaciones estadísticamente positivas para el lote CHI y el CHxIBI, y negativas para el CHxIBE, y correlaciones próximas a 0 para el CHE. Respecto al PCC, resultaron destacadas las correlaciones positivas con la mayoría de los parámetros morfométricos en todos los lotes, especialmente con LC y PMJ.



Figura 40. Lomo con cabeza



Figura 41. Solomillos.

IV.1.3. Despiece de la canal porcina.

En la Tabla 9 vienen expresados los datos (media y desviación estándar) relativos al despiece de la canal porcina de los diferentes lotes de la Experiencia I, incluyendo las piezas siguientes: lomo, cabeza de lomo, solomillo y jamón. En el **Anexo I** (Tabla II) aparece información complementaria con datos de valores máximos y mínimos.

Tabla 9. Medidas realizadas sobre el despiece de la canal de los cerdos de la Experiencia I.

	CHE	CHI	CHxIBE	CHxIBI
Lomo	2,59 ± 0,44	2,83 ± 0,54	1,97 ± 0,28	2,76 ± 0,25
Cabeza Lomo	1,75 ± 0,31	1,78 ± 0,44	1,49 ± 0,26	1,63 ± 0,17
Solomillo	0,45 ± 0,09	0,41 ± 0,07	0,28 ± 0,05	0,42 ± 0,09
Jamón	11,16 ± 1,59	11,89 ± 1,44	9,95 ± 1,43	12,19 ± 1,24

Valores expresados en kg. Referidos a media canal.

Debido a los diferentes pesos de partida de los distintos lotes, para poder comparar estadísticamente los resultados de este apartado, se han calculado los valores relativos del despiece respecto al PCC, de manera que se minimicen los efectos relativos a los pesos de sacrificio. En la Tabla 10 se muestran estos valores relativos medios y su desviación estándar, y se indica si hay o no diferencias significativas en los resultados de los factores genotipo y sistema de explotación, y si hay interacción entre ellos. Se puede apreciar que el sistema de explotación influyó en los pesos de la cabeza del lomo ($p<0,01$) y del jamón ($p<0,05$) y el genotipo en los pesos del solomillo ($p<0,001$), lomo ($p<0,01$) y cabeza del lomo ($p<0,05$). Solamente en el caso del solomillo se apreció interacción, siendo ésta además muy marcada ($p<0,001$), entre los dos factores genotipo y sistema de explotación.

Tabla 10. Análisis estadístico sobre los valores relativos del despiece de la canal respecto al PCC, en los cerdos de la Experiencia I.

	Sistema de explotación		Significancia			
	Aire libre	Intensivo	Genotipo	Sistema explotación	Interacción	
Lomo	CH	2,58 ± 0,44 ⁺	2,54 ± 0,50	**	-	-
	CHxIB	2,04 ± 0,23 ^{+a}	2,42 ± 0,26 ^b			
Cabeza lomo	CH	1,75 ± 0,30	1,61 ± 0,26	*	**	-
	CHxIB	1,65 ± 0,29 ^b	1,41 ± 0,14 ^a			
Solomillo	CH	0,45 ± 0,10 ^{+b}	0,36 ± 0,06 ^a	***	-	***
	CHxIB	0,31 ± 0,06 ⁺	0,36 ± 0,08			
Jamón	CH	11,15 ± 1,53	10,68 ± 0,58	-	*	-
	CHxIB	10,98 ± 0,40	10,59 ± 0,60			

Valores expresados en kg. Referidos a media canal.

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p<0,05$) entre sistemas de explotación.

⁺ Con el símbolo “+” se indica diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p<0,05$) entre genotipos.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ***: $p<0,001$.

En cuanto al estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XVII a XX) de cada lote en los pesos del despiece de la canal (pesos de solomillo, cabeza de lomo, lomo y jamón) resultaron estadísticamente positivas ($p<0,05$) en la mayoría de las

combinaciones posibles entre las distintas piezas. Respecto al PCC, éste resultó positivamente correlacionado de forma estadística respecto a la mayoría de las piezas.

IV.1.4. Estudio del pH de la carne.

Los valores del pH de la carne de los animales de la Experiencia I medidos en el músculo LI a los 45 minutos postmortem quedaron comprendidos entre los $6,20 \pm 0,22$ del lote CHE y los $6,46 \pm 0,20$ kg del lote CHxIBE, y cuando fueron medidos a las 24 horas postmortem los valores quedaron comprendidos entre los $5,60 \pm 0,22$ del lote CHxIBE y los $5,73 \pm 0,22$ kg del lote CHI, reflejándose estos resultados en el Gráfico 2. Los valores máximos y mínimos aparecen en el **Anexo I** (Tabla III).

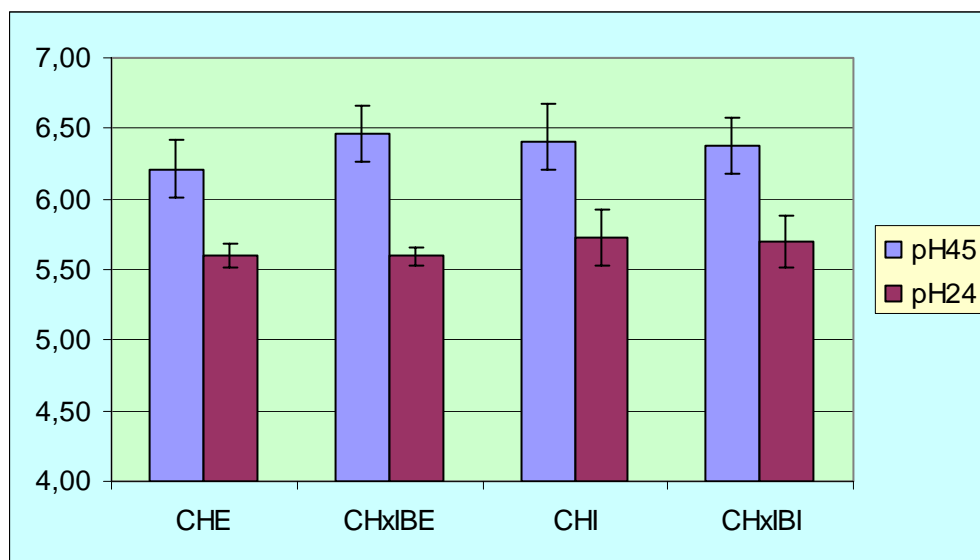


Gráfico 2. Valores del pH medido a los 45 minutos (pH₄₅) y a las 24 horas (pH₂₄) postmortem en los cerdos de la Experiencia I.

En la Tabla 11 vienen expresados los datos relativos al pH, tanto a los 45 minutos como a las 24 horas, del músculo LI de la canal porcina de los diferentes lotes de la Experiencia I. Se muestran los valores medios y desviación estándar, además, se indica si hay o no diferencias significativas en los resultados debidos a los factores genotipo y sistema de explotación, y si hay interacción entre estos dos factores. Se puede apreciar que el genotipo afecta significativamente ($p < 0,05$) a los valores de pH₄₅, además de encontrarse una interacción ($p < 0,05$) entre los dos factores (genotipo y

sistema de explotación). En los valores de pH₂₄ se halló una influencia del sistema de explotación ($p < 0,05$).

Tabla 11. Valores medios y diferencias significativas en los valores del pH medidos a los 45 minutos (pH₄₅) y a las 24 horas (pH₂₄) postmortem de los diferentes lotes de la Experiencia I.

		Sistema de explotación		Significancia		
		Aire libre	Intensivo	Genotipo	Sistema explotación	Interacción
pH ₄₅	CH	6,20 ± 0,22 ^{+a}	6,40 ± 0,28 ^b	*	-	*
	CHxIB	6,46 ± 0,20 ⁺	6,38 ± 0,20			
pH ₂₄	CH	5,61 ± 0,08 ^a	5,73 ± 0,19 ^b	-	**	-
	CHxIB	5,60 ± 0,07	5,69 ± 0,19			

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre sistemas de explotación.

⁺ Con el símbolo “+” se indica diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre genotipos.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

Tras el estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII) destacar la correlación positiva entre el pH₄₅ y el pH₂₄ en todos los lotes, siendo además de forma significativa ($p < 0,05$) en el caso de los animales CH (CHE y CHI). En el caso del lote CHI aparecen además correlaciones negativas entre los valores del pH y los parámetros de color, siendo incluso estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre pH₄₅ y L*₄₅, pH₄₅ y b*₂₄, y pH₂₄ y a*₂₄.

IV.1.5. Estudio del color de la carne.

Los parámetros de color medidos a los 45 minutos y a las 24 horas postmortem de los lotes aparecen en la Tabla 12. Además, se muestra si la influencia del genotipo y sistema de explotación es significativa o no, y la posible interacción entre estos dos factores. Se puede apreciar una influencia del sistema de explotación en todos los parámetros menos L*₄₅; el genotipo influyó ($p < 0,05$) en el valor de a*₄₅ y b*₂₄; y solamente apareció interacción entre los dos factores genotipo y sistema de explotación en b*₂₄. Los valores máximos y mínimos aparecen en el **Anexo I** (Tabla III).

Tabla 12. Parámetros de color (L*, a*, b*) medidos a los 45 minutos y a las 24 horas postmortem para los lotes de la Experiencia I.

	Sistema de explotación		Significancia			
	Aire libre	Intensivo	Genotipo	Sistema explotación	Interacción	
45 minutos						
L*	CH	37,92 ± 2,55	38,62 ± 1,26	-	-	-
	CHxIB	38,31 ± 1,11	39,02 ± 3,10	-	-	-
a*	CH	5,62 ± 1,11 ^a	8,42 ± 1,26 ^b	*	***	-
	CHxIB	6,10 ± 0,49 ^a	10,68 ± 2,92 ^b	-	-	-
b*	CH	0,07 ± 0,81 ⁺	1,35 ± 2,35	-	*	-
	CHxIB	1,17 ± 0,46 ⁺	1,57 ± 1,77	-	-	-
24 horas						
L*	CH	46,05 ± 5,17	42,09 ± 3,47	-	**	-
	CHxIB	46,36 ± 1,47	43,42 ± 3,95	-	-	-
a*	CH	8,76 ± 2,00 ^a	13,28 ± 2,19 ^b	-	***	-
	CHxIB	9,79 ± 1,87 ^a	13,01 ± 2,54 ^b	-	-	-
b*	CH	4,40 ± 3,44 ⁺	2,09 ± 1,14	*	***	*
	CHxIB	7,41 ± 1,80 ^{+b}	1,86 ± 1,83 ^a	-	-	-

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre sistemas de explotación.

⁺ Con el símbolo “+” se indica diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre genotipos.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

El estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII) reveló unos resultados no coincidentes entre los distintos lotes, es decir, donde para algunos aparecen correlaciones positivas ($p < 0,05$), en otros no se encuentran, e incluso son negativas, como por ejemplo en el caso de la correlación entre a^*_{45} y b^*_{24} , o a^*_{24} y b^*_{24} . En el caso de L^*_{45} , de forma negativa, y a^*_{24} , de forma positiva, respecto al PCC aparece una correlación positiva estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en los grupos explotados al aire libre, mientras que en los otros lotes no fue así.

IV.1.6. Estudio de la grasa.

IV.1.6.1. Espesores de tocino dorsal.

Los datos referidos al espesor de tocino dorsal (ETD) de los animales de la Experiencia I aparecen en la Tabla 13. Además, se muestra si la influencia del genotipo y sistema de explotación es significativa o no, y la posible interacción entre estos dos factores. Solamente el sistema de explotación tuvo una influencia ($p < 0,001$) sobre el parámetro ETD1, y el genotipo ($p < 0,05$) sobre el parámetro ETD2. No se apreció interacción entre los dos factores estudiados. Información más completa con valores máximos y mínimos aparece en el **Anexo I** (Tabla IV).

Tabla 13. Medidas del ETD de las canales de los cerdos de la Experiencia I.

		Sistema de explotación		Significancia		
		Aire libre	Intensivo	Genotipo	Sistema explotación	Interacción
ETD1	CH	50,78 ± 8,55 ^a	57,69 ± 11,68 ^b	-	***	-
	CHxIB	49,36 ± 8,33 ^a	57,44 ± 7,33 ^b			
ETD2	CH	28,62 ± 5,84	29,88 ± 6,72	*	-	-
	CHxIB	32,21 ± 7,08	32,59 ± 6,12			
ETD3	CH	35,70 ± 8,12	35,13 ± 7,66	-	-	-
	CHxIB	36,57 ± 6,46	38,07 ± 7,92			
ETD4	CH	26,82 ± 7,28	24,84 ± 6,60	-	-	-
	CHxIB	24,21 ± 6,66	26,46 ± 7,61			

ETD=Espesor del tocino dorsal, medido en: ETD1=primera costilla; ETD2=última costilla; ETD3=extremo craneal del glúteo medio; ETD4=en el área de menor espesor graso a nivel del músculo glúteo medio. Valores expresados en milímetros.

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre sistemas de explotación.

⁺ Con el símbolo “+” se indica diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre genotipos.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.



Figura 42. Canal de Chato Murciano, con amplio espesor de tocino dorsal.

El PCC mostró en la mayoría de los casos una marcada correlación positiva con los diferentes ETD (**Anexo I**, Tablas XXI a XXIV), excepto en el caso del lote CHI, donde los valores fueron muy bajos (cerca de 0). Los ETD entre sí mostraron marcadas correlaciones positivas en todos los grupos y, excepto algunos datos puntuales, éstas fueron estadísticamente positivas ($p < 0,05$).

IV.1.6.2. Grasa intramuscular.

Los resultados (promedio y desviación estándar) del contenido en grasa intramuscular del músculo LI hallados en los diversos lotes aparecen expuestos en la Tabla 14 y gráficamente representados en el Gráfico 3. Destaca la elevada variabilidad en los resultados obtenidos dentro de cada lote, donde la desviación estándar abarca un rango amplio de resultados.

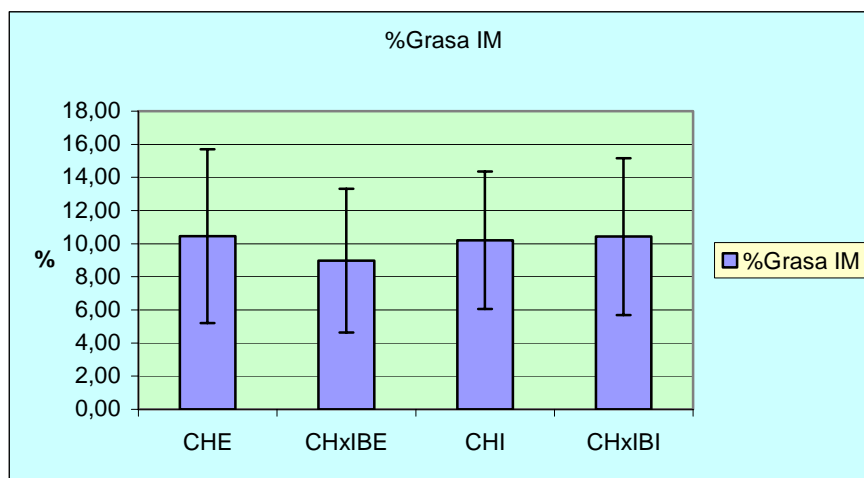


Gráfico 3. Contenido en grasa intramuscular del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia I.

En la Tabla 14, además, se muestran los valores obtenidos junto con el estudio estadístico de los mismos. Se aprecia que los factores genotipo y sistema de explotación no dieron lugar a diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores de grasa de los distintos lotes. Tampoco se halló interacción entre estos factores. Información más completa con valores máximos y mínimos aparece en el **Anexo I** (Tabla IV).

Tabla 14. Datos del contenido y análisis estadístico de los valores de grasa intramuscular del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia I.

	Sistema de explotación		Significancia			
	Aire libre	Intensivo	Genotipo	Sta. Explot.	Interacción	
Genotipo	CH	10,47 ± 5,25	10,21 ± 4,15	-	-	-
	CHxIB	8,97 ± 4,34	10,43 ± 4,73			

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

El porcentaje de grasa intramuscular respecto al PCC no mostró ninguna correlación clara dentro de los lotes. Y respecto al resto de parámetros no aparecieron correlaciones repetitivas entre los distintos lotes (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII).

IV.1.7. Estudio de la composición mineral.

En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos en la composición mineral del músculo Ll correspondiente a los elementos calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio y sodio en los lotes estudiados. Se muestran los valores medios y desviación estándar, además, se indica si hay o no diferencias significativas en los resultados debidos a los factores genotipo y sistema de explotación, y si hay interacción entre estos dos factores. El mineral manganeso sí fue estudiado, pero sólo pudieron detectarse trazas del mismo, debido a que su cantidad se encontraba en el límite de detección de la técnica empleada, por este motivo no se muestran los resultados y estudio estadístico relativos a este mineral. El sistema de explotación influyó en la concentración de los minerales Fe, Cu, Zn, K, P y Mg; y el genotipo en la de Fe, Cu, Na y Mg. Sólo en el caso del Fe apareció interacción ($p < 0,05$) entre los factores genotipo y sistema de explotación. En el **Anexo I** (Tabla V) aparece información complementaria con datos de valores máximos y mínimos.

Tabla 15. Composición mineral de los lotes de la Experiencia I.

	Sistema de explotación		Significancia			
	Aire libre	Intensivo	Genotipo	Sistema explotación	Interacción	
Ca	CH	5,24 ± 1,20	5,21 ± 0,99	-	-	-
	CHxIB	5,17 ± 1,47	5,66 ± 1,97			
Mg	CH	21,99 ± 2,26 ^b	19,22 ± 3,32 ^{+a}	**	*	-
	CHxIB	24,65 ± 4,36	22,36 ± 3,13 ⁺			
Fe	CH	3,88 ± 2,53	4,61 ± 1,70 ⁺	***	***	*
	CHxIB	4,98 ± 2,76 ^a	8,15 ± 2,45 ^{+b}			
Cu	CH	0,30 ± 0,12 ^{+a}	0,42 ± 0,10 ^{+b}	***	***	-
	CHxIB	0,40 ± 0,25 ⁺	0,55 ± 0,06 ⁺			
Zn	CH	1,42 ± 0,19 ^{+a}	2,18 ± 0,49 ^b	-	***	-
	CHxIB	1,66 ± 0,37 ⁺	2,16 ± 0,63			
P	CH	205,40 ± 14,68	198,84 ± 17,81	-	*	-
	CHxIB	218,92 ± 26,66	200,26 ± 17,30			
K	CH	349,33 ± 27,68 ^b	310,44 ± 31,54 ^a	-	***	-
	CHxIB	376,04 ± 49,10 ^b	327,21 ± 39,67 ^a			
Na	CH	39,17 ± 6,20 ⁺	40,59 ± 7,36 ⁺	**	-	-
	CHxIB	45,01 ± 7,52 ⁺	44,33 ± 5,35 ⁺			

Resultados expresados en mg / 100 g de materia fresca. Tr. = trazas.

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre sistemas de explotación.

⁺ Con el símbolo “+” se indica diferencia estadísticamente significativa (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre genotipos.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

El estudio de los coeficientes de correlación entre los distintos minerales (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII) reflejó en todos los lotes unas correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la mayoría de los casos, entre los elementos Ca y Mg, Ca y P, Ca y K, Mg y P, Mg y K, y P y K. Las correlaciones entre los minerales y parámetros de color, muestran diversos resultados, que difieren según el lote. Destaca además, la correlación negativa encontrada entre el Fe y los parámetros a*45 y a*24, hallada en todos los lotes, aunque, salvo en a*45 en el lote CHE, no fue significativa.

IV.2. EXPERIENCIA II.

IV.2.1. Peso vivo al sacrificio y de la canal.

IV.2.1.1. Peso vivo al sacrificio.

Los valores del peso vivo previo al sacrificio para los animales de la Experiencia II, alcanzaron un promedio de $125,03 \pm 9,75$ kg para el lote de animales explotados al aire libre (CHE), con un peso mínimo de 113 kg y máximo de 153 kg; y para el lote explotado en intensivo (CHI) se obtuvo un peso vivo medio de $119,58 \pm 10,64$ kg, con un peso mínimo de 109 kg y máximo de 138 kg. Estos resultados vienen representados en el Gráfico 4.



Figura 43. Pesada en báscula de los animales vivos.

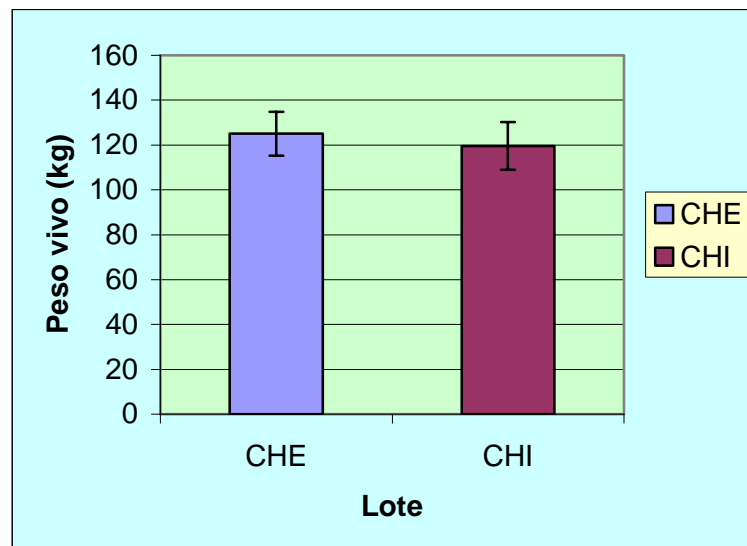


Gráfico 4. Peso vivo al sacrificio de los cerdos Chato Murciano.

IV.2.1.2. Peso de la canal caliente.

En el Gráfico 5 quedan representados los valores hallados en el PCC correspondientes a lotes de animales de raza Chato Murciano, donde el lote explotado al aire libre (CHE) obtuvo un valor de $100,52 \pm 8,29$ kg, con un valor mínimo de 90,50 kg y máximo de 122,90 kg; y el explotado en sistema intensivo (CHI) alcanzó un peso medio de $93,07 \pm 7,25$ kg, con un valor mínimo de 85,10 kg y máximo de 104,50 kg.

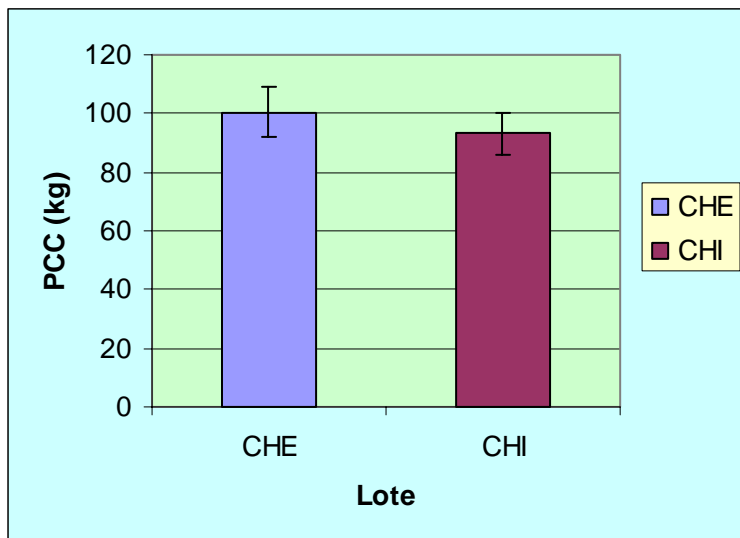


Gráfico 5. Peso de la canal caliente de los lotes de cerdos de la Experiencia II.

IV.2.1.3. Peso de la canal fría.

Los valores del peso de la canal fría (PCF, medidos a las 24 horas postmortem), los cuales sólo fueron tomados en esta experiencia, vienen representados en el Gráfico 6.

Los valores fueron de $98,84 \pm 8,84$ kg para el lote criado al aire libre (CHE), con un valor mínimo de 86,00 kg y máximo de 121,20 kg; y para el lote explotado en intensivo (CHI) un peso medio de $90,27 \pm 7,12$ kg, con un valor mínimo de 82,40 kg y máximo de 101,70 kg.

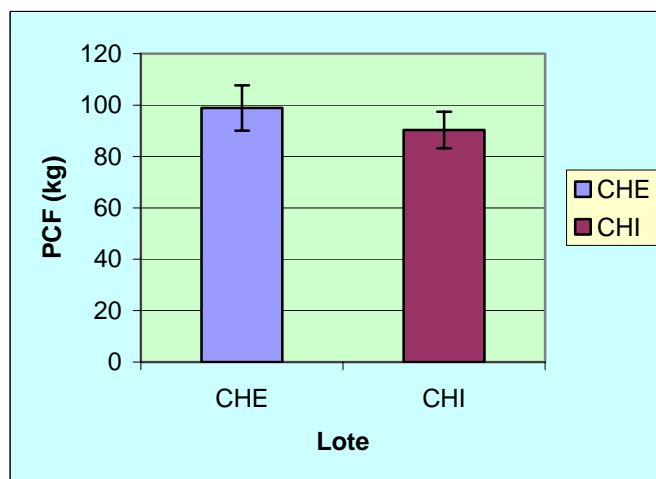


Gráfico 6. Peso de la canal fría de los lotes de cerdos de la Experiencia II.

El estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXIX a XXXVIII) entre el PV, PCC y PCF revelaron unos valores elevados, cercanos a 1. Las correlaciones entre estos valores de pesos y el resto de parámetros estudiados serán descritos en cada uno de los apartados correspondientes cuando se considere oportuno.

IV.2.2. Rendimiento de la canal y pérdidas por oreo.

El rendimiento de la canal en caliente (medido a los 45 minutos postmortem) y en frío (medido a las 24 horas postmortem), y el porcentaje de pérdidas por oreo están expuestos en el Gráfico 7.

Para el **rendimiento en caliente** el valor medio obtenido para el lote CHE fue de $80,39 \pm 1,65\%$, con un valor mínimo de 76,96% y máximo de 82,84%; y para el lote CHI el valor medio fue de $77,89 \pm 1,09\%$, con un mínimo de 75,72% y máximo de 78,78%. Estos valores resultaron ser estadísticamente diferentes ($p < 0,01$).

Para el **rendimiento en frío** el valor medio obtenido para el lote CHE fue de $79,02 \pm 2,48\%$, con un valor mínimo de 74,23% y máximo de 82,19%; y para el lote CHI el valor medio fue de $75,54 \pm 0,92\%$, con un mínimo de 73,70% y máximo de 76,20%. Estos valores resultaron ser estadísticamente diferentes ($p < 0,01$).

El **porcentaje de pérdidas por oreo** para el lote CHE fue de $2,07 \pm 1,91\%$, con un mínimo de 0,33% y máximo de 5,25%; y para el lote CHI el valor medio fue de 3,01

± 0,45%, con un mínimo de 2,43% y máximo de 3,72%. Estos valores no resultaron ser estadísticamente diferentes.

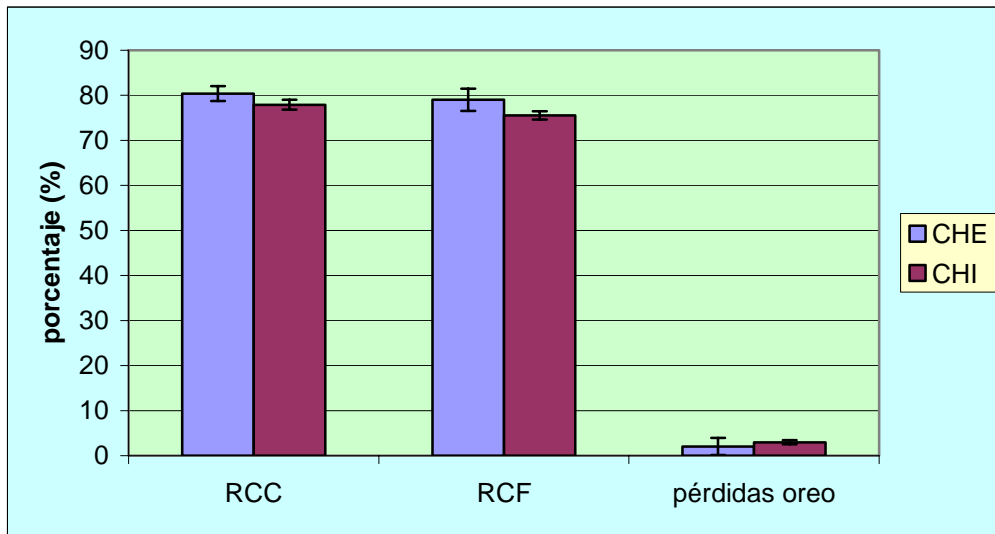


Gráfico 7. Valores promedio y desviación estándar de los rendimientos de la canal caliente (RCC) y fría (RCF) y pérdidas por oreo de los lotes de la Experiencia II.

IV.2.3. Estudio morfométrico de la canal.

Para la Experiencia II, los valores de parámetros morfométricos vienen expuestos en la Tabla 16. Se puede apreciar que sólo se hallaron diferencias significativas en el parámetro longitud de la pata, en el resto de parámetros no las hubo. Los valores máximos y mínimos obtenidos aparecen en el **Anexo I** (Tabla VI).

Tabla 16. Medidas realizadas sobre la canal de los cerdos de la Experiencia II.

	CHE	CHI	Significancia
LC	85,49 ± 3,50	85,82 ± 3,33	-
PMJ	74,50 ± 2,12	72,33 ± 3,43	-
LM	34,68 ± 1,73	35,28 ± 1,46	-
LP	59,50 ± 2,46	62,17 ± 1,50	*
LJ	36,58 ± 1,76	38,08 ± 1,87	-
PC	17,62 ± 0,85	17,35 ± 0,66	-

LC: longitud de la canal, PMJ: perímetro máximo del jamón, LM: longitud de la mano, LP: longitud de la pata, LJ: longitud del jamón, PC: perímetro de la caña. Valores expresados en centímetros. Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

El estudio de los coeficientes de correlación entre los parámetros de la canal caliente (**Anexo I**, Tablas XXIX y XXX) muestra numerosas correlaciones estadísticamente significativas, especialmente en el lote CHE.

IV.2.4. Despiece de la canal porcina.

Para la Experiencia II, los valores del despiece de la canal de los cerdos vienen expuestos en la Tabla 17, en la que se incluyen las piezas cárnicas siguientes: lomo, cabeza de lomo, solomillo, paleta y jamón. Se puede apreciar que sí se hallaron diferencias significativas en los pesos del lomo y de la cabeza del lomo, mientras que en los demás pesos no las hubo. Los valores máximos y mínimos obtenidos aparecen en el **Anexo I** (Tabla VII).

Tabla 17. Medidas realizadas sobre el despiece de la canal de los cerdos de la Experiencia II.

	CHE	CHI	Significancia
Lomo	2,80 ± 0,30	2,34 ± 0,18	**
Cabeza Lomo	1,92 ± 0,18	1,63 ± 0,18	**
Solomillo	0,37 ± 0,05	0,33 ± 0,04	-
Paleta	7,39 ± 0,50	7,03 ± 0,44	-
Jamón	12,27 ± 0,86	11,59 ± 0,96	-

Valores expresados en kilogramos. Referidos a media canal.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

En el estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXI y XXXII), para cada lote en los valores del despiece de la canal, aparecieron en la mayoría de combinaciones posibles unos coeficientes positivos, y estadísticamente significativos ($p < 0,05$) especialmente en el lote CHE; y de similar forma entre los valores del despiece y los de PV, PCC y PCF.

IV.2.5. Estudio del pH de la carne.

Los valores del pH de la carne de los animales de la Experiencia II medidos a los 45 minutos fueron de $6,34 \pm 0,26$ para lote CHE y de $6,44 \pm 0,23$ del lote CHI; y medidos a las 24 horas postmortem los valores fueron de $5,66 \pm 0,08$ para el lote CHE y

de $5,70 \pm 0,14$ para el lote CHI, reflejándose estos resultados en el Gráfico 8. Los valores máximos y mínimos hallados aparecen en el **Anexo I** (Tabla VIII). Las diferencias halladas entre los dos lotes no resultaron ser significativamente diferentes ($p < 0,05$).

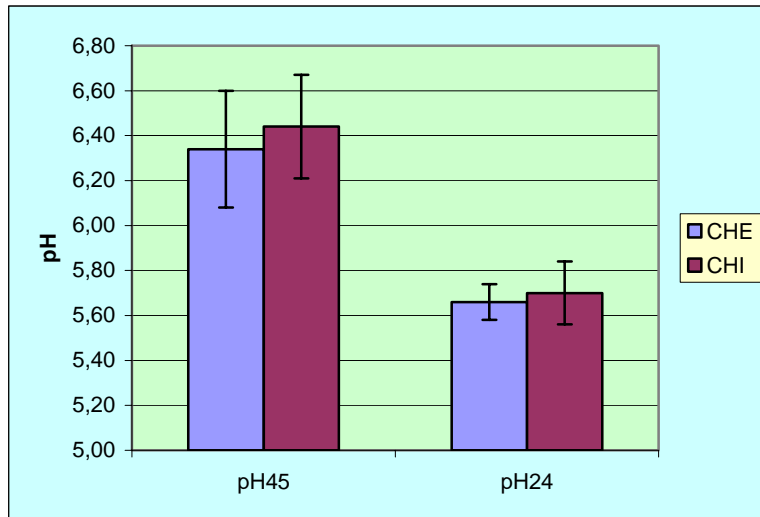


Gráfico 8. Valores del pH medido a los 45 minutos (pH45) y a las 24 horas (pH24) postmortem en los cerdos de la Experiencia II.

En el estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXV a XXXVI) cabe destacar los coeficientes de correlación negativos entre los valores de pH y el parámetro L^* , incluso de forma significativa ($p < 0,05$) en el lote CHE. Además, los valores de pH del lote CHI mostraron unos elevados coeficientes de correlación con el PCC, siendo estadísticamente significativo ($r = 0,81$; $p < 0,05$) con el pH24.

IV.2.6. Estudio del color de la carne.

Los parámetros de color medidos en el músculo longísimo lumbar a los 45 minutos y a las 24 horas postmortem de los lotes de la Experiencia II, vienen expresados en la Tabla 18. Se puede apreciar que las diferencias encontradas no resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Información más completa, con valores máximos y mínimos, aparece en el **Anexo I** (Tabla VIII).

Tabla 18. Parámetros de color (L*, a*, b*) medidos a los 45 minutos y a las 24 horas postmortem para los lotes de la Experiencia II.

	CHE	CHI	Significancia
45 minutos			
L*	45,08 ± 1,86	45,90 ± 2,16	-
a*	14,90 ± 1,26	14,79 ± 0,76	-
b*	3,10 ± 0,54	3,21 ± 0,44	-
24 horas			
L*	50,56 ± 2,36	51,89 ± 1,66	-
a*	17,89 ± 1,91	19,79 ± 2,76	-
b*	6,76 ± 1,52	7,25 ± 1,28	-

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

En el estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXV y XXXVI) no aparecieron resultados repetitivos en los dos lotes de estudio.

IV.2.7. Estudio de la capacidad de retención de agua.

Para el estudio de la capacidad de retención de agua (CRA) se realizaron dos tipos de determinaciones para la Experiencia II, las pérdidas por goteo y las pérdidas por cocción, ambas realizadas a partir de muestras del músculo longísimo lumbar.

IV.2.7.1. Pérdidas por goteo.

En el Gráfico 9 vienen representados los resultados de las pérdidas por goteo del músculo Ll de los lotes de la Experiencia II. Los valores obtenidos (expresados en porcentaje) fueron de $1,45 \pm 0,29\%$ para el lote (CHE), con un valor mínimo de 0,70% y máximo de 1,99%; y de $1,09 \pm 0,08\%$ para el lote (CHI), con un valor mínimo de 0,94% y máximo de 1,18%. Estos resultados resultaron ser significativamente ($p<0,01$) diferentes.

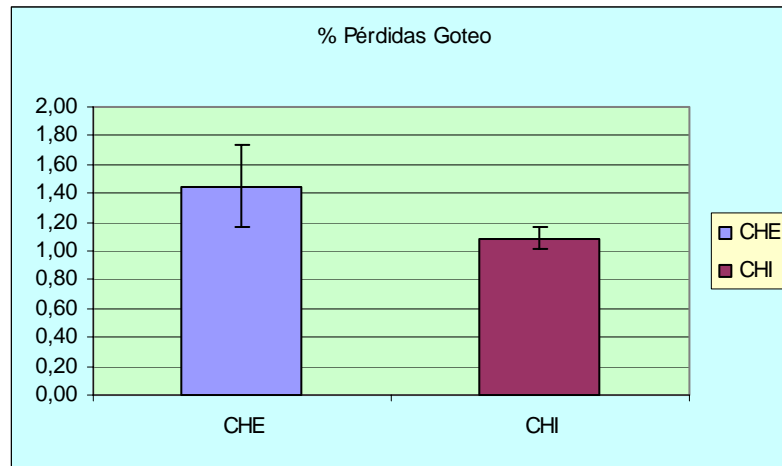


Gráfico 9. Porcentaje de pérdidas por goteo del músculo LI de los lotes de la Experiencia II.

IV.2.7.2. Pérdidas por cocción.

En el Gráfico 10 vienen representados los resultados de las pérdidas por cocción del músculo LI de los lotes de la Experiencia II. Los valores obtenidos (expresados en porcentaje) fueron de $19,85 \pm 3,87\%$ para el lote CHE, con un valor mínimo de 14,39% y máximo de 27,15%; y de $21,79 \pm 2,00\%$ para el lote CHI, con un valor mínimo de 20,32% y máximo de 25,70%. Estos resultados no fueron significativamente ($p < 0,05$) diferentes.



Figura 44. Muestra en bolsa tras cocinado.

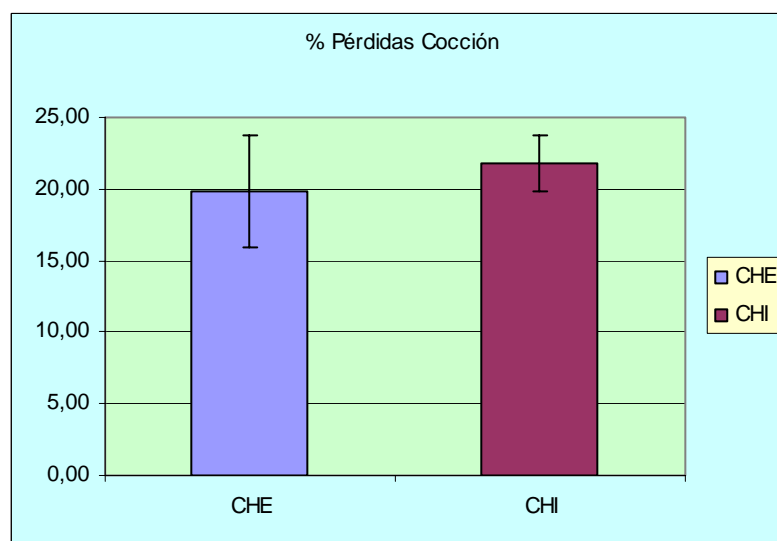


Gráfico 10. Porcentaje de pérdidas por cocción del músculo LI de los lotes de la Experiencia II.

El estudio de los coeficientes de correlación mostraron unas correlaciones cercanas a 0 entre las pérdidas por goteo y las pérdidas por cocción ($r = 0,06$, $p < 0,05$, para el lote CHI; y $r = 0,10$, $p < 0,05$, para el lote CHE). Además, las pérdidas por cocción mostraron una correlación negativa, aunque no estadísticamente significativa con el pH24 ($r = -0,43$, en el lote CHI, y $r = -0,37$, en el lote CHE).

IV.2.8. Estudio de la textura.

Para el estudio de la textura se empleó el método “Warner Bratzler Shear Test” en la evaluación de la resistencia al corte en muestras cocinadas tomadas del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II. Los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico 11, y vienen expresados en N como fuerza total (F_{total} , como energía total necesaria para la realización del corte) y como fuerza máxima aplicada (F_{max} , como fuerza máxima aplicada puntualmente). El valor medio para el lote CHE fue de $173,95 \pm 36,60$ N de F_{total} y $62,94 \pm 11,33$ N de F_{max} , y de $177,27 \pm 39,97$ N de F_{total} y $63,45 \pm 13,26$ N de F_{max} , para el lote CHI. Información más completa con valores mínimos y máximos aparece en el **Anexo I** (Tabla VIII). Las diferencias halladas entre los dos lotes no resultaron ser estadísticamente significativas.

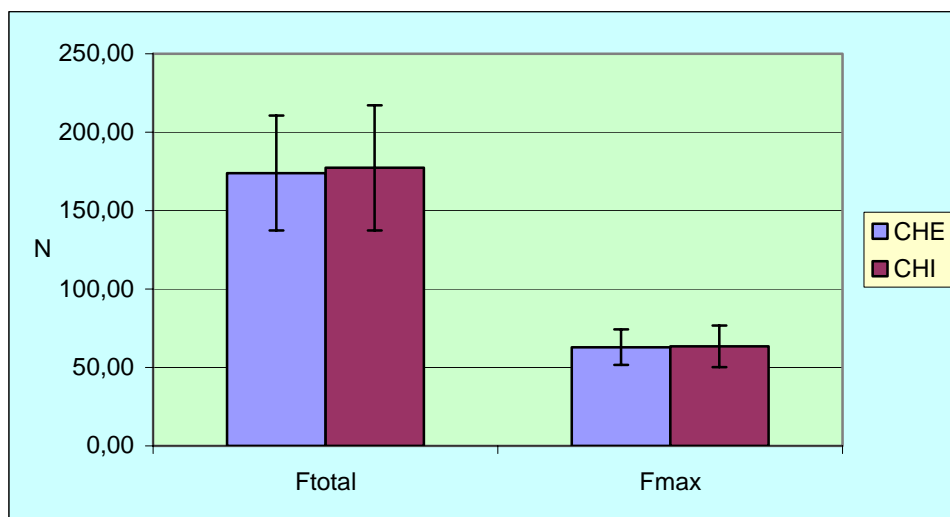


Gráfico 11. Valores obtenidos mediante el “Warner Bratzler Shear Test”, expresándose en N la fuerza total (F_{total}) y la fuerza máxima (F_{max}). Test realizado sobre el músculo longísimo lumbar cocinado de los animales de la Experiencia II.

Los parámetros de textura (Ftotal y Fmax) mostraron una elevada correlación entre sí en ambos lotes ($r = 0,98$, $p < 0,05$, en el lote CHI, y $r = 0,94$, $p < 0,05$, en el lote CHE). En el lote CHE aparecieron unas correlaciones negativas estadísticamente significativas entre las pérdidas por goteo y Ftotal ($r = -0,53$, $p < 0,05$) y pérdidas por goteo y Fmax ($r = -0,51$, $p < 0,05$), mientras que en el lote CHI éstas fueron positivas, aunque no estadísticamente significativas.

IV.2.9. Estudio de la grasa.

Para el estudio de la grasa la expresión de los resultados van a ser divididos en dos apartados, uno centrado en la grasa subcutánea, donde se reflejan los espesores de tocino dorsal, y otro que tratará los niveles de grasa intramuscular en el músculo longísimo dorsal.

IV.2.9.1. Espesores de tocino dorsal.

Los parámetros de ETD de los lotes de la Experiencia II, vienen expresados en la Tabla 19. Se puede apreciar que las diferencias no resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Información más completa, con valores máximos y mínimos, aparece en el **Anexo I** (Tabla IX).

Tabla 19. Medidas del ETD realizadas sobre los canales de los cerdos de la Experiencia II.

	CHE	CHI	Significancia
ETD1	55,08 ± 7,38	48,25 ± 7,45	-
ETD2	31,08 ± 6,24	28,12 ± 5,83	-
ETD3	38,39 ± 8,41	36,13 ± 2,17	-
ETD4	30,42 ± 6,55	25,99 ± 2,51	-

ETD=Espesor del tocino dorsal, medido en: ETD1=primera costilla; ETD2=última costilla; ETD3=extremo craneal del glúteo medio; ETD4=en el área de menor espesor graso a nivel del músculo glúteo medio. Valores expresados en milímetros.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

Los espesores de tocino dorsal mostraron en la mayoría de casos una marcada correlación positiva con el PCC (**Anexo I**, Tablas XXXIII y XXXIV), aunque no tanto en el caso del lote CHI; una tendencia similar siguieron las correlaciones entre los distintos valores de ETD estudiados.

IV.2.9.2. Grasa intramuscular.

Los resultados del contenido en grasa intramuscular en el músculo longísimo lumbar en los lotes de la Experiencia II vienen representados en el Gráfico 12. El resultado (promedio y desviación estándar) fue de $3,21 \pm 0,89\%$ para el lote CHE y de $2,65 \pm 1,12\%$ para el lote CHI. El lote CHE obtuvo un valor máximo de 5,88% y mínimo de 2,00%, y el lote CHI un valor máximo de 4,51% y mínimo de 1,52%. Las diferencias halladas no resultaron ser estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

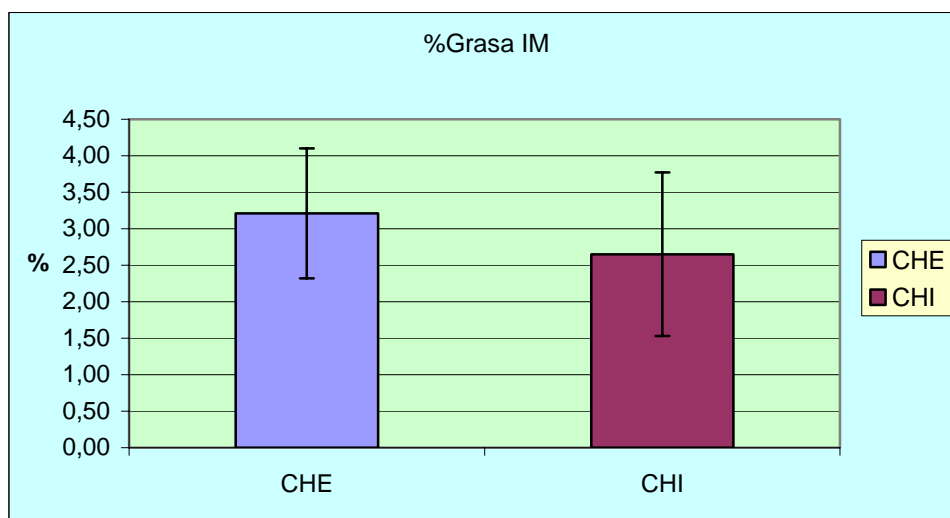


Gráfico 12. Contenido en grasa intramuscular del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II.

El porcentaje de grasa intramuscular mostró una correlación positiva con el PCC (**Anexo I**, Tablas XXXV y XXXVI), aunque no de forma estadísticamente significativa ($p < 0,05$) y menos marcada en el lote CHE; además, no aparecieron otras correlaciones significativas repetitivas con el resto de parámetros.

IV.2.10. Estudio del perfil de ácidos grasos.

El estudio del perfil de ácidos grasos se realizó en la Experiencia II, a partir de muestras de músculo longísimo lumbar y de tocino dorsal.

IV.2.10.1. Tocino dorsal.

En la Tabla 20 se muestran los resultados (promedio y desviación estándar) obtenidos en la composición en ácidos grasos del tocino dorsal de los animales de la Experiencia II. Se puede apreciar una diferencia estadísticamente significativa en la mayoría de los ácidos grasos. En el **Anexo I** (Tabla X) aparecen los valores mínimos y máximos obtenidos para los ácidos grasos más relevantes, y de los grupos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP).

Tabla 20. Composición en ácidos grasos (%) del tocino dorsal de los animales de la Experiencia II.

Ácido graso	CHE	CHI	Significancia
C14:0 Mirístico	2,06 ± 0,21	1,48 ± 0,05	***
C16:0 Palmítico	30,31 ± 1,14	26,11 ± 0,44	***
C16:1 Palmitoleico	2,63 ± 0,44	2,61 ± 0,98	-
C17:0 Margárico	0,20 ± 0,03	0,31 ± 0,03	***
C17:1 Margarol	0,18 ± 0,03	0,31 ± 0,03	***
C18:0 Esteárico	13,11 ± 1,49	13,38 ± 0,82	-
C18:1 Oleico	40,50 ± 0,85	44,18 ± 0,95	***
C18:2 Linoleico	8,27 ± 1,38	9,35 ± 0,61	-
C18:3 Linolénico	0,48 ± 0,09	0,45 ± 0,20	-
C20:0 Araquídico	0,14 ± 0,03	0,23 ± 0,04	***
C20:1 Gadoléico	0,60 ± 0,08	1,08 ± 0,10	***
C20:2 Eicosadecanoico	0,21 ± 0,11	0,51 ± 0,01	***
SUMA AGS	46,55 ± 2,16	41,51 ± 1,38	***
SUMA AGM	44,24 ± 1,05	48,18 ± 2,07	***
SUMA AGP	9,16 ± 1,49	10,31 ± 0,83	-

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

En el Gráfico 13 vienen representados (promedio y desviación estándar) de los ácidos grasos que aparecen en mayor cantidad (C16:0, C16:1, C18:0, C18:1 y C18:2) obtenidos del tocino dorsal de los animales de la Experiencia II.

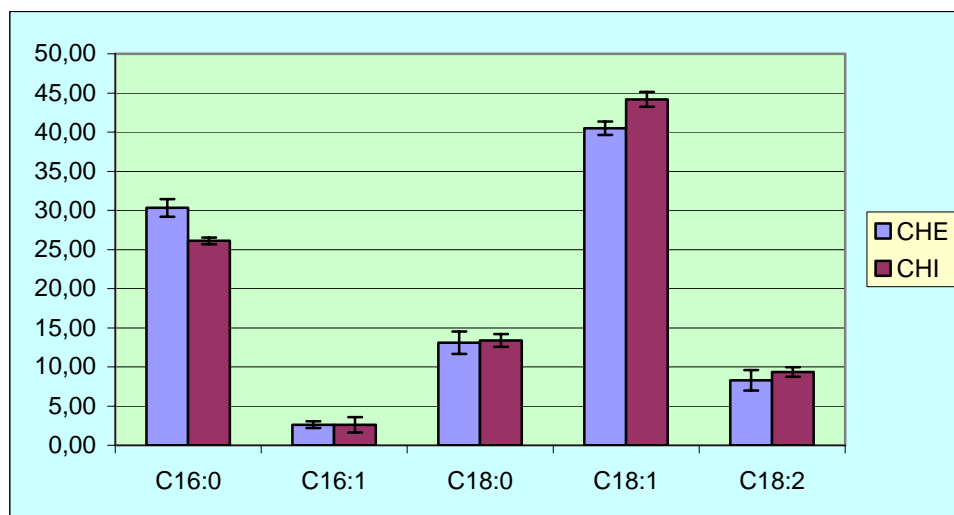


Gráfico 13. Promedio y desviación estándar de los ácidos grasos (%) palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico y linoleico del tocino dorsal de los animales de la Experiencia II.

En el Gráfico 14 vienen representados los valores (promedio y desviación estándar) de los ácidos grasos agrupados en saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP), todos ellos obtenidos del tocino dorsal de los animales de la Experiencia II.

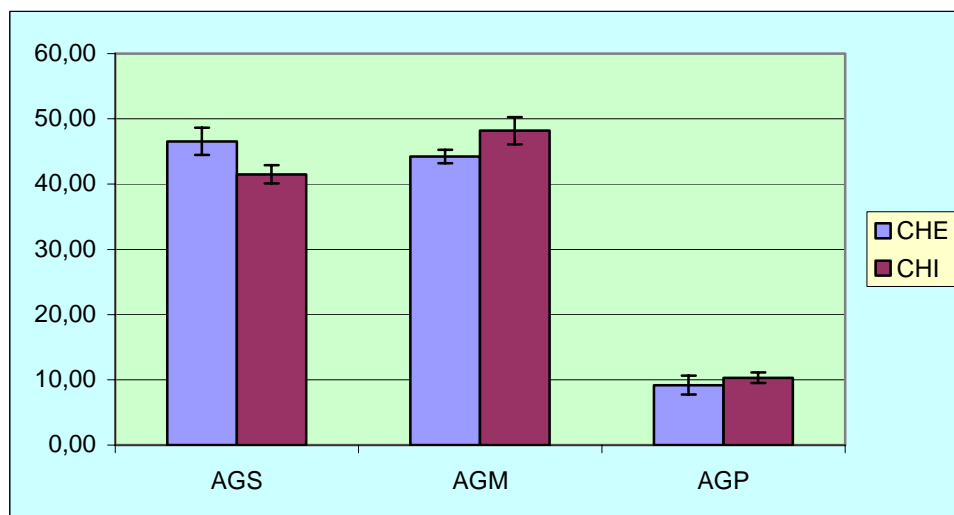


Gráfico 14. Promedio y desviación estándar de los ácidos grasos (%) agrupados en saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP) del tocino dorsal de los animales de la Experiencia II.

IV.2.10.2. Grasa intramuscular.

En la Tabla 21 se muestran los resultados (promedio y desviación estándar) obtenidos en la composición en ácidos grasos del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II. Se puede apreciar una diferencia estadísticamente significativa en la mayoría de los casos. En el **Anexo I** (Tabla XI) aparecen los valores mínimos y máximos obtenidos para los ácidos grasos más relevantes, y de los grupos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP).

Tabla 21. Composición en ácidos grasos (%) del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II.

Ácido graso	CHE	CHI	Significancia
C14:0 Mirístico	1,80 ± 0,27	1,36 ± 0,13	***
C16:0 Palmítico	28,40 ± 1,77	24,13 ± 1,14	***
C16:1 Palmitoleico	4,66 ± 0,52	4,37 ± 0,44	-
C17:0 Margárico	0,12 ± 0,05	0,18 ± 0,04	-
C17:1 Margarol	0,11 ± 0,01	0,20 ± 0,02	***
C18:0 Esteárico	11,05 ± 0,85	12,30 ± 0,62	**
C18:1 Oleico	45,05 ± 1,01	47,10 ± 0,91	***
C18:2 Linoleico	5,81 ± 1,16	6,88 ± 1,47	-
C18:3 Linolénico	0,25 ± 0,06	0,27 ± 0,03	-
C20:0 Araquídico	0,10 ± 0,02	0,24 ± 0,04	***
C20:1 Gadoléico	0,49 ± 0,04	0,86 ± 0,12	***
C20:2 Eicosadecanoico	0,06 ± 0,02	0,33 ± 0,10	***
C20:4 Araquidónico	0,96 ± 0,28	1,56 ± 0,54	***
SUMA AGS	42,43 ± 2,15	38,21 ± 1,96	***
SUMA AGM	50,34 ± 1,12	52,53 ± 1,49	***
SUMA AGP	7,20 ± 1,49	9,26 ± 2,28	*

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

En el Gráfico 15 vienen representados (promedio y desviación estándar) de los ácidos grasos que aparecen en mayor cantidad (C16:0, C16:1, C18:0, C18:1 y C18:2) obtenidos del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II.

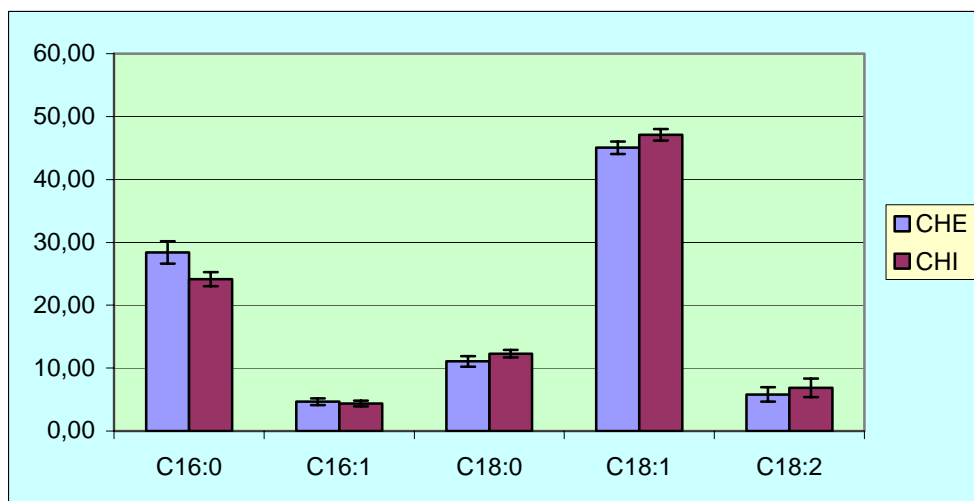


Gráfico 15. Promedio y desviación estándar de los ácidos grasos (%) palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico y linoleico, del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II.

En el Gráfico 16 vienen representados los valores (promedio y desviación estándar) de los ácidos grasos agrupados en saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP), todos ellos obtenidos del tocino dorsal de los animales de la Experiencia II.

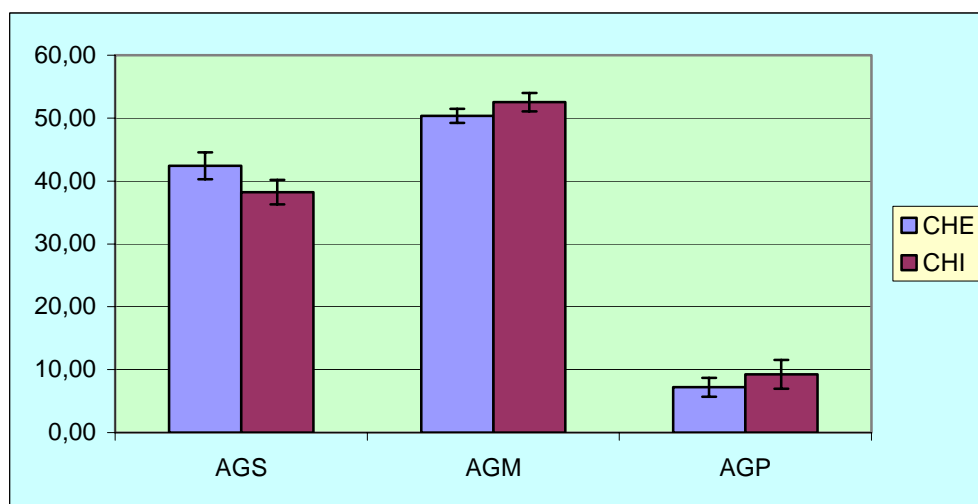


Gráfico 16. Promedio y desviación estándar de los ácidos grasos (%) agrupados en saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP) del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II.

En cuanto al estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXVII y XXXVIII), los ETD muestran en la mayoría de los casos una correlación positiva con el nivel de AGS y negativa con los AGP, tanto a nivel IM como en tocino, especialmente clara en el lote CHE. Las correlaciones entre el nivel de grasa IM con los niveles de ácidos grasos no fueron tan evidentes como en el caso de los ETD. El lote CHI mostró una correlación positiva estadísticamente significativa entre Fmax y Ftotal y los niveles de AGP en músculo. Aparece también una correlación negativa entre los AGS y los AGM y AGP, y positiva entre los AGM y los AGP.

IV.2.11. Estudio de la composición mineral.

IV.2.11.1. Determinación de cenizas.

En el Gráfico 17 se muestran los valores (promedio y desviación estándar) del porcentaje de cenizas obtenido de las muestras del músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II. El lote CHE obtuvo un valor de $1,20 \pm 0,04\%$, con un valor máximo de 1,32% y mínimo de 1,12%; mientras que el lote CHI obtuvo un valor de $1,10 \pm 0,04\%$, con un valor mínimo de 1,04% y máximo de 1,14%. Estas diferencias sí resultaron ser estadísticamente significativas ($p < 0,001$).

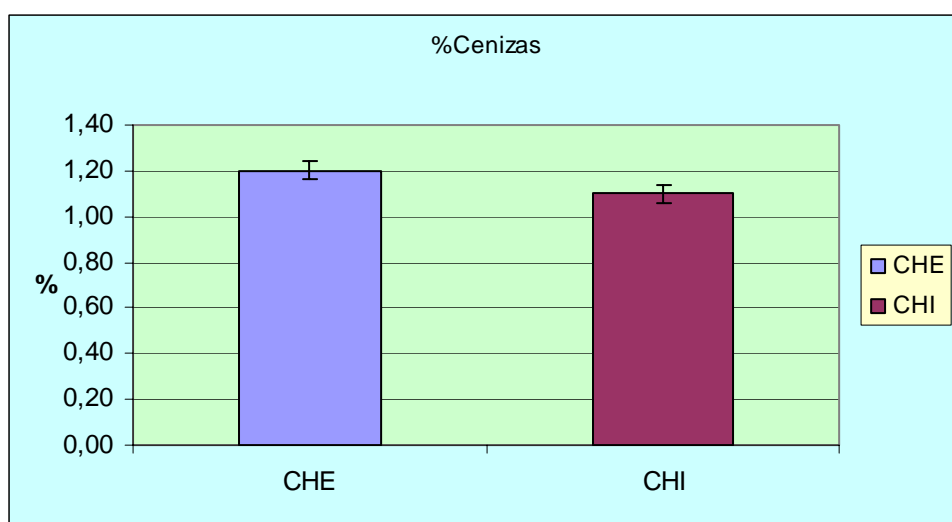


Gráfico 17. Valores de porcentaje de cenizas obtenido de las muestras de músculo longísimo lumbar de los animales de la Experiencia II.

IV.2.11.2. Determinación mineral.

En la Tabla 22 se muestran los resultados de la composición mineral en el músculo longísimo lumbar obtenidos para la Experiencia II. En los elementos Mg, Fe, Cu, Zn, P, K y Na se hallaron diferencias estadísticamente significativas de mayor o menor grado. En el **Anexo I** (Tabla XII) aparece información complementaria sobre los valores obtenidos (máximos y mínimos).

Tabla 22. Composición mineral de los lotes de la Experiencia II.

	CHE	CHI	Significancia
Ca	7,21 ± 1,95	7,52 ± 1,01	-
Mg	27,16 ± 0,73	25,68 ± 0,70	***
Fe	2,15 ± 0,18	2,41 ± 0,09	***
Cu	0,15 ± 0,02	0,32 ± 0,03	***
Zn	1,61 ± 0,20	1,91 ± 0,11	**
P	212,11 ± 3,93	199,70 ± 2,82	***
Mn	Trazas	Trazas	
K	371,19 ± 14,05	350,40 ± 5,04	**
Na	59,43 ± 6,31	65,40 ± 4,24	*

Resultados expresados en mg / 100 g de materia fresca.

Diferencias estadísticamente significativas. -: no hay; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

El estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXV y XXXVI) revela resultados dispares, y que en ocasiones son positivos para un lote y negativos para otro como para el caso del Ca y Mg, Ca y P, Zn y Mg; y otras veces coincide con las relaciones ya halladas para la primera experiencia, como en el caso del Ca y K, Mg y P, Mg y K, P y K, Cu y Mg. El hierro mostró una correlación negativa con los valores de a* (salvo a*24 en el lote CHE) aunque no de forma estadísticamente significativa (p<0,05).

IV.3. ANEXO I. TABLAS DE RESULTADOS.

Tabla I. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia I: Peso de la canal caliente y parámetros morfométricos.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
PCC*	CHE	100,38	11,34	124,00	78,1
	CHI	110,29	9,49	129,00	94,00
	CHxIBE	90,94	14,97	114,00	77,70
	CHxIBI	114,32	9,61	142,00	88,00
LC**	CHE	83,82	3,69	89,00	75,00
	CHI	85,50	2,92	91,00	82,00
	CHxIBE	81,64	2,59	87,00	79,00
	CHxIBI	86,48	3,25	95,00	81,00
PMJ**	CHE	73,35	4,20	84,00	66,00
	CHI	75,94	2,77	81,00	71,00
	CHxIBE	70,29	6,26	76,50	59,00
	CHxIBI	76,63	2,80	81,00	69,00
LM**	CHE	34,95	2,10	39,00	30,00
	CHI	36,56	1,60	39,00	33,00
	CHxIBE	36,71	1,68	39,00	33,50
	CHxIBI	37,15	1,85	41,00	34,00
LP**	CHE	59,82	2,69	66,00	56,00
	CHI	63,63	2,85	68,00	59,00
	CHxIBE	58,21	9,49	67,00	38,00
	CHxIBI	66,63	5,31	84,00	61,00
LJ**	CHE	37,55	2,01	41,50	34,00
	CHI	39,72	2,29	42,00	34,50
	CHxIBE	37,43	1,72	41,00	36,00
	CHxIBI	40,76	1,51	44,00	39,00
PC**	CHE	18,18	1,12	20,50	16,50
	CHI	17,13	1,38	21,00	15,00
	CHxIBE	17,39	0,97	18,50	16,50
	CHxIBI	16,54	0,81	18,00	15,00

Descripción abreviaturas en apartado XII. *Valores expresados en kg. **Valores expresados en cm.

Tabla II. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia I: Despiece de la canal.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
Lomo	CHE	2,59	0,44	3,45	1,84
	CHI	2,83	0,54	3,31	1,94
	CHxIBE	1,97	0,28	2,52	1,71
	CHxIBI	2,76	0,25	3,27	2,41
Cabeza lomo	CHE	1,75	0,31	2,25	1,12
	CHI	1,78	0,44	2,65	1,38
	CHxIBE	1,49	0,26	1,76	1,13
	CHxIBI	1,63	0,17	1,90	1,29
Solomillo	CHE	0,45	0,09	0,62	0,28
	CHI	0,41	0,07	0,54	0,30
	CHxIBE	0,28	0,05	0,36	0,22
	CHxIBI	0,42	0,09	0,61	0,23
Jamón	CHE	11,16	1,59	13,75	8,82
	CHI	11,89	1,44	15,00	9,50
	CHxIBE	9,95	1,43	12,27	8,67
	CHxIBI	12,19	1,24	15,00	9,90

Descripción abreviaturas en apartado XII. Valores expresados en kg. Referidos a media canal.

Tabla III. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia I: Parámetros de pH y color (L*, a* y b*).

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
pH₄₅	CHE	6,20	0,22	6,56	5,76
	CHI	6,40	0,28	6,76	5,90
	CHxIBE	6,46	0,20	6,69	6,15
	CHxIBI	6,38	0,20	6,79	6,02
pH₂₄	CHE	5,61	0,08	5,80	5,46
	CHI	5,73	0,19	6,07	5,43
	CHxIBE	5,60	0,08	5,67	5,47
	CHxIBI	5,69	0,19	6,15	5,46
L*₄₅	CHE	37,92	2,55	44,63	34,19
	CHI	38,62	1,26	40,02	37,19
	CHxIBE	38,31	1,11	39,50	36,20
	CHxIBI	39,02	3,10	45,51	34,45
a*₄₅	CHE	5,62	1,11	7,04	2,97
	CHI	8,42	1,26	10,23	7,40
	CHxIBE	6,10	0,49	6,86	5,37
	CHxIBI	10,68	2,92	15,08	6,64
b*₄₅	CHE	0,07	0,81	1,79	-1,23
	CHI	1,35	2,35	5,18	-1,17
	CHxIBE	1,17	0,46	1,94	0,53
	CHxIBI	1,57	1,77	4,60	-0,73
L*₂₄	CHE	46,05	5,17	56,39	35,83
	CHI	42,09	3,47	46,60	37,90
	CHxIBE	46,36	1,47	47,98	44,47
	CHxIBI	43,42	3,95	50,12	36,38
a*₂₄	CHE	8,76	2,00	13,07	5,81
	CHI	13,28	2,19	17,56	10,71
	CHxIBE	9,79	1,87	12,23	7,51
	CHxIBI	13,01	2,54	17,80	8,70
b*₂₄	CHE	4,40	3,44	10,23	0,02
	CHI	2,09	1,14	3,66	0,56
	CHxIBE	7,41	1,80	9,47	5,47
	CHxIBI	1,86	1,83	6,00	-0,65

Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla IV. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia I: Espesores de tocino dorsal y porcentaje de grasa intramuscular.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
ETD1	CHE	50,78	8,55	63,00	35,50
	CHI	57,69	11,68	87,00	36,50
	CHxIBE	49,36	8,33	64,00	38,50
	CHxIBI	57,44	7,33	72,00	43,00
ETD2	CHE	28,62	5,84	42,95	20,00
	CHI	29,88	6,72	41,00	16,00
	CHxIBE	32,21	7,08	44,00	22,00
	CHxIBI	32,59	6,12	46,50	19,00
ETD3	CHE	35,70	8,12	50,63	24,03
	CHI	35,13	7,66	50,00	22,00
	CHxIBE	36,57	6,46	46,00	29,50
	CHxIBI	38,07	7,92	56,00	24,00
ETD4	CHE	26,82	7,28	38,29	15,29
	CHI	24,84	6,60	41,00	14,00
	CHxIBE	24,21	6,66	33,00	16,00
	CHxIBI	26,46	7,61	48,00	14,50
% Grasa	CHE	10,47	5,25	23,60	3,81
	CHI	10,21	4,15	17,09	4,00
IM	CHxIBE	8,97	4,34	15,85	5,33
	CHxIBI	10,43	4,73	19,00	3,18

Descripción abreviaturas en apartado XII. Valores de ETD expresados en mm.

Tabla V. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia I: Composición mineral del músculo longísimo lumbar.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
Ca	CHE	5,24	1,20	8,41	3,33
	CHI	5,21	0,99	7,01	3,62
	CHxIBE	5,17	1,47	7,39	3,28
	CHxIBI	5,66	1,97	14,31	3,99
Mg	CHE	21,99	2,26	27,09	17,16
	CHI	19,22	3,32	25,05	14,82
	CHxIBE	24,65	4,36	30,30	19,19
	CHxIBI	22,36	3,13	31,18	18,62
Fe	CHE	3,88	2,53	6,70	1,64
	CHI	4,61	1,70	6,84	1,90
	CHxIBE	4,98	2,76	6,71	1,38
	CHxIBI	8,15	2,45	10,67	3,60
Cu	CHE	0,30	0,12	0,47	0,11
	CHI	0,42	0,10	0,62	0,25
	CHxIBE	0,40	0,25	0,66	0,10
	CHxIBI	0,55	0,06	0,66	0,41
Zn	CHE	1,42	0,19	1,82	1,12
	CHI	2,18	0,49	3,17	1,59
	CHxIBE	1,66	0,37	2,36	1,34
	CHxIBI	2,16	0,63	4,17	1,65
P	CHE	205,40	14,68	260,66	186,82
	CHI	198,84	17,81	237,14	172,91
	CHxIBE	218,92	26,66	256,16	187,81
	CHxIBI	200,26	17,30	245,77	178,11
Mn	CHE	Trazas	Trazas	-	-
	CHI	Trazas	Trazas	-	-
	CHxIBE	Trazas	Trazas	-	-
	CHxIBI	Trazas	Trazas	-	-
K	CHE	349,33	27,68	447,64	321,74
	CHI	310,44	31,54	378,04	256,04
	CHxIBE	376,04	49,10	438,68	311,14
	CHxIBI	327,21	39,67	408,19	195,00
Na	CHE	39,17	6,20	53,19	20,67
	CHI	40,59	7,36	50,57	26,81
	CHxIBE	45,01	7,52	56,67	34,00
	CHxIBI	44,33	5,35	58,50	33,21

Descripción abreviaturas en apartado XII. Valores expresados en mg / 100 g de carne fresca.

Tabla VI. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia II: Parámetros morfométricos de la canal.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
PV*	CHE	125,03	9,75	153,00	113,00
	CHI	119,58	10,64	138,00	109,00
PCC*	CHE	100,52	8,29	122,90	90,50
	CHI	93,07	7,25	104,50	85,10
PCF*	CHE	98,84	8,44	121,20	86,00
	CHI	90,27	7,12	101,70	82,40
LC**	CHE	85,49	3,50	93,00	79,50
	CHI	85,72	3,33	91,50	82,00
PMJ**	CHE	74,50	2,12	78,50	70,00
	CHI	72,33	3,43	78,00	67,50
LM**	CHE	34,68	1,73	38,00	32,00
	CHI	35,28	1,46	37,00	33,50
LP**	CHE	59,50	2,46	64,00	55,50
	CHI	62,17	1,50	64,50	60,00
LJ**	CHE	36,58	1,76	40,00	34,00
	CHI	38,08	1,87	40,00	35,00
PC**	CHE	17,62	0,85	19,30	16,50
	CHI	17,35	0,66	18,50	16,50

Descripción abreviaturas en apartado XII. *Valores expresados en kg. **Valores expresados en cm.

Tabla VII. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia II: Despiece de la canal.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
Lomo	CHE	2,80	0,30	3,45	2,35
	CHI	2,34	0,18	2,55	2,18
Cabeza lomo	CHE	1,92	0,18	2,18	1,53
	CHI	1,63	0,18	1,88	1,40
Solomillo	CHE	0,37	0,05	0,48	0,30
	CHI	0,33	0,04	0,40	0,28
Paleta	CHE	7,39	0,50	8,50	6,58
	CHI	7,03	0,44	7,68	6,50
Jamón	CHE	12,27	0,86	14,45	11,15
	CHI	11,59	0,96	13,20	10,38

Descripción abreviaturas en apartado XII. Valores expresados en kg. Referidos a media canal.

Tabla VIII. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia II: Parámetros de pH, color (L*, a* y b*) y resistencia al corte (Ftotal y Fmáx.).

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
pH₄₅	CHE	6,34	0,26	6,73	5,88
	CHI	6,44	0,23	6,73	6,10
pH₂₄	CHE	5,66	0,08	5,89	5,57
	CHI	5,70	0,14	5,94	5,52
L*₄₅	CHE	45,08	1,86	48,48	40,86
	CHI	45,90	2,16	49,13	43,65
a*₄₅	CHE	14,90	1,26	18,17	12,74
	CHI	14,79	0,76	15,87	14,06
b*₄₅	CHE	3,10	0,54	4,42	2,25
	CHI	3,21	0,44	3,84	2,79
L*₂₄	CHE	50,56	2,36	54,83	45,25
	CHI	51,89	1,66	53,73	49,29
a*₂₄	CHE	17,89	1,91	22,26	15,13
	CHI	19,46	2,76	24,82	17,65
b*₂₄	CHE	6,76	1,52	9,51	4,48
	CHI	7,25	1,28	9,73	6,30
Ftotal	CHE	173,95	36,60	250,38	125,91
	CHI	177,27	39,97	223,17	121,12
Fmáx.	CHE	62,94	11,33	80,16	42,87
	CHI	63,45	13,26	77,27	45,49

Descripción abreviaturas en apartado XII. Ftotal y Fmáx. expresados en N.

Tabla IX. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia II: Espesores de tocino dorsal y porcentaje de grasa intramuscular.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
ETD1	CHE	55,08	7,38	67,75	37,57
	CHI	48,25	7,45	54,18	34,59
ETD2	CHE	31,08	6,24	40,99	20,97
	CHI	28,12	5,83	34,58	18,63
ETD3	CHE	38,39	8,41	54,73	23,92
	CHI	36,13	2,17	38,88	32,59
ETD4	CHE	30,42	6,55	43,91	17,65
	CHI	25,99	2,51	30,68	23,69
% Grasa	CHE	3,21	0,89	5,88	2,00
IM	CHI	2,65	1,12	4,51	1,52

Descripción abreviaturas en apartado XII. Valores de ETD expresados en mm.

Tabla X. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia II: Composición en ácidos grasos (%) del tocino dorsal.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
C14:0	CHE	2,06	0,21	2,43	1,69
	CHI	1,48	0,05	1,55	1,43
C16:0	CHE	30,31	1,13	32,12	27,76
	CHI	26,11	0,44	26,53	25,31
C16:1	CHE	2,63	0,43	3,87	1,78
	CHI	2,61	0,98	3,36	0,64
C17:0	CHE	0,20	0,03	0,26	0,16
	CHI	0,31	0,03	0,35	0,27
C17:1	CHE	0,18	0,03	0,25	0,14
	CHI	0,31	0,03	0,36	0,27
C18:0	CHE	13,10	1,44	16,12	10,97
	CHI	13,38	0,82	14,80	12,46
C18:1	CHE	40,50	0,85	42,20	39,18
	CHI	44,18	0,95	45,77	43,18
C18:2	CHE	8,27	1,38	12,37	6,54
	CHI	9,35	0,61	10,23	8,64
C18:3	CHE	0,48	0,09	0,78	0,35
	CHI	0,45	0,20	0,57	0,04
C20:1	CHE	0,60	0,09	0,80	0,30
	CHI	1,08	0,10	1,24	0,95
C20:2	CHE	0,21	0,11	0,32	0,01
	CHI	0,51	0,01	0,53	0,50
AGS	CHE	46,55	2,16	49,68	41,69
	CHI	41,51	1,38	43,51	39,63
AGM	CHE	44,24	1,05	46,09	42,74
	CHI	48,18	2,07	50,72	45,04
AGP	CHE	9,16	1,49	13,49	7,32
	CHI	10,31	0,83	11,33	9,17

Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XI. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia II: Composición en ácidos grasos (%) del músculo Ll.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
C14:0	CHE	1,80	0,27	2,42	1,36
	CHI	1,36	0,13	1,50	1,15
C16:0	CHE	28,40	1,77	32,24	24,22
	CHI	24,13	1,14	25,39	22,17
C16:1	CHE	4,66	0,52	6,00	3,94
	CHI	4,37	0,44	4,89	3,73
C17:0	CHE	0,12	0,05	0,33	0,08
	CHI	0,18	0,04	0,25	0,15
C17:1	CHE	0,11	0,01	0,15	0,09
	CHI	0,20	0,02	0,22	0,16
C18:0	CHE	11,05	0,85	12,79	9,30
	CHI	12,30	0,62	13,34	11,57
C18:1	CHE	45,05	1,01	46,95	42,98
	CHI	47,10	0,91	48,26	45,55
C18:2	CHE	5,81	1,16	8,58	4,10
	CHI	6,88	1,47	9,54	5,33
C18:3	CHE	0,25	0,06	0,47	0,19
	CHI	0,27	0,03	0,30	0,24
C20:0	CHE	0,10	0,02	0,14	0,07
	CHI	0,24	0,04	0,29	0,19
C20:1	CHE	0,49	0,04	0,58	0,42
	CHI	0,86	0,12	1,04	0,74
C20:2	CHE	0,06	0,02	0,11	0,03
	CHI	0,33	0,10	0,50	0,19
C20:4	CHE	0,96	0,28	1,75	0,50
	CHI	1,56	0,54	2,32	0,82
AGS	CHE	42,43	2,15	46,47	38,77
	CHI	38,21	1,96	40,78	35,23
AGM	CHE	50,34	1,12	52,41	48,62
	CHI	52,53	1,49	54,40	50,17
AGP	CHE	7,20	1,49	10,57	4,91
	CHI	9,26	2,28	13,09	6,72

Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XII. Valores promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de los animales de la Experiencia II: Composición mineral del músculo Ll.

	Lote	Promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
Ca	CHE	7,21	1,95	11,02	4,95
	CHI	7,52	1,01	9,01	6,24
Mg	CHE	27,16	0,73	28,41	25,87
	CHI	25,68	0,70	26,77	24,69
Fe	CHE	2,15	0,18	2,46	1,84
	CHI	2,74	0,09	2,86	2,62
Cu	CHE	0,15	0,02	0,20	0,12
	CHI	0,32	0,03	0,36	0,29
Zn	CHE	1,61	0,20	2,05	1,30
	CHI	1,91	0,11	1,99	1,69
P	CHE	212,11	3,93	223,48	206,42
	CHI	199,70	2,82	203,35	196,11
Mn	CHE	Trazas	Trazas	-	-
	CHI	Trazas	Trazas	-	-
K	CHE	371,19	14,05	392,45	343,15
	CHI	350,40	5,04	356,40	344,53
Na	CHE	59,43	6,31	70,33	48,42
	CHI	65,40	4,24	69,84	59,52

Descripción abreviaturas en apartado XII. Valores expresados en mg / 100 g de carne fresca.

Tabla XIII. Coeficientes de correlación entre el PCC y parámetros morfométricos de la canal del lote CHE de la Experiencia I.

	LC	PMJ	LM	LP	LJ	PC
PCC	0,58*	0,65*	0,18	0,01	0,18	0,43
LC		0,28	0,28	-0,05	0,06	-0,03
PMJ			0,11	-0,08	0,13	0,26
LM				-0,50*	0,02	-0,07
LP					-0,51*	-0,04
LJ						0,27

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XIV. Coeficientes de correlación entre el PCC y parámetros morfométricos de la canal del lote CHI de la Experiencia I.

	LC	PMJ	LM	LP	LJ	PC
PCC	0,63*	0,76*	0,19	0,36	0,66*	0,39
LC		0,62*	0,18	0,36	0,42	0,63*
PMJ			0,20	0,47*	0,43*	0,47*
LM				0,71*	0,46*	0,36
LP					0,68*	0,32
LJ						0,05

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XV. Coeficientes de correlación entre el PCC y parámetros morfométricos de la canal del lote CHXIBE de la Experiencia I.

	LC	PMJ	LM	LP	LJ	PC
PCC	0,64	0,80*	0,46	0,56	0,81*	0,97*
LC		0,32	0,40	0,25	0,95*	0,44
PMJ			0,73*	0,61*	0,61*	-0,67*
LM				0,73*	0,76*	-0,66*
LP					0,66*	-0,44
LJ						-0,53

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XVI. Coeficientes de correlación entre el PCC y parámetros morfométricos de la canal del lote CHXIBI de la Experiencia I.

	LC	PMJ	LM	LP	LJ	PC
PCC	0,46*	0,68*	0,04	-0,00	0,31	0,27
LC		0,28	-0,28	-0,24	0,01	-0,13
PMJ			0,15	-0,08	0,60*	0,49*
LM				0,14	0,38	0,26
LP					0,06	-0,04
LJ						0,49*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XVII. Coeficientes de correlación entre el PCC y el despiece de la canal del lote CHE de la Experiencia I.

	Solomillo	Cabeza lomo	Lomo	Jamón
PCC	-0,11	0,59*	0,59*	0,27
Solomillo		0,30	0,47*	-0,01
Cabeza lomo			0,81*	0,73*
Lomo				0,75*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XVIII. Coeficientes de correlación entre el PCC y el despiece de la canal del lote CHI de la Experiencia I.

	Solomillo	Cabeza lomo	Lomo	Jamón
PCC	0,48*	0,66*	0,43*	0,88*
Solomillo		0,32	0,19	0,50*
Cabeza lomo			0,47*	0,63*
Lomo				0,39

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XIX. Coeficientes de correlación entre el PCC y el despiece de la canal del lote CHXIBE de la Experiencia I.

	Solomillo	Cabeza lomo	Lomo	Jamón
PCC	0,47	0,56	0,80*	0,99*
Solomillo		0,18	0,72*	0,48
Cabeza lomo			0,76*	0,55
Lomo				0,79*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XX. Coeficientes de correlación entre el PCC y el despiece de la canal del lote CHXIBI de la Experiencia I.

	Solomillo	Cabeza lomo	Lomo	Jamón
PCC	0,31	0,19	-0,05	0,77*
Solomillo		0,09	0,56*	0,53*
Cabeza lomo			0,57*	0,48*
Lomo				0,26

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXI. Coeficientes de correlación entre el PCC y los ETD de la canal del lote CHE de la Experiencia I.

	ETD1	ETD2	ETD3	ETD4
PCC	0,41*	0,45*	0,50*	0,29
ETD1		0,72*	0,80*	0,79*
ETD2			0,80*	0,73*
ETD3				0,84*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXII. Coeficientes de correlación entre el PCC y los ETD de la canal del lote CHI de la Experiencia I.

	ETD1	ETD2	ETD3	ETD4
PCC	-0,03	0,17	0,07	0,09
ETD1		0,82*	0,76*	0,62*
ETD2			0,91*	0,85*
ETD3				0,76*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXIII. Coeficientes de correlación entre el PCC y los ETD de la canal del lote CHXIBE de la Experiencia I.

	ETD1	ETD2	ETD3	ETD4
PCC	0,54	0,66	0,49	0,50
ETD1		0,86*	0,61*	0,72*
ETD2			0,58	0,60*
ETD3				0,19

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXIV. Coeficientes de correlación entre el PCC y los ETD de la canal del lote CHXIBI de la Experiencia I.

	ETD1	ETD2	ETD3	ETD4
PCC	0,24	0,40*	0,46*	0,35*
ETD1		0,49*	0,23	0,21
ETD2			0,72*	0,74*
ETD3				0,79*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXV. Coeficientes de correlación entre parámetros de calidad de carne del lote CHE de la Experiencia I.

	%grasa	pH45	pH24	L*45	a*45	b*45	L*24	a*24	b*24	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P	K	Na
PCC	0,16	0,08	-0,00	-0,49*	0,35	-0,01	-0,28	0,53*	0,19	-0,11	-0,30	-0,17	-0,05	-0,07	-0,45*	-0,55*	-0,17
%grasa		0,17	0,33	-0,24	0,32	-0,49*	-0,18	-0,06	-0,38*	-0,23	-0,09	-0,41*	-0,51*	-0,09	-0,41*	-0,13	-0,25
pH45			0,41*	-0,12	-0,11	-0,08	-0,16	0,21	0,19	-0,14	-0,08	-0,25	-0,07	-0,08	-0,15	0,09	-0,01
pH24				0,10	-0,15	-0,26	0,14	-0,11	0,07	-0,37*	-0,27	-0,33	-0,16	-0,03	-0,28	0,09	-0,16
L*45					-0,60*	0,49*	0,55*	-0,20	0,35	0,50*	0,28	0,33	0,57*	-0,03	0,45*	0,53*	0,09
a*45						-0,24	-0,43*	0,17	-0,38*	-0,35	-0,09	-0,47*	-0,56*	-0,31	-0,59*	-0,55*	0,01
b*45							0,47*	0,42*	0,68*	0,47*	0,11	0,33	0,61*	-0,32	0,08	0,02	-0,07
L*24								0,08	0,59*	0,21	-0,17	0,37	0,60*	-0,19	0,11	0,15	0,11
a*24									0,67*	0,14	-0,14	-0,12	0,25	-0,25	-0,38*	-0,46*	0,18
b*24										0,39*	-0,24	0,24	0,62*	-0,23	0,02	-0,05	0,17
Ca											0,40*	0,47*	0,55*	0,21	0,58*	0,28	0,09
Mg												-0,06	0,10	0,07	0,45*	0,45*	-0,01
Fe													0,67*	0,31	0,42*	0,06	-0,07
Cu														-0,05	0,30	0,17	0,12
Zn															0,53*	0,08	0,20
P																0,63*	0,20
K																	0,08

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXVI. Coeficientes de correlación entre parámetros de calidad de carne del lote CHI de la Experiencia I.

	%grasa	pH45	pH24	L*45	a*45	b*45	L*24	a*24	b*24	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P	K	Na
PCC	-0,13	-0,12	-0,21	-0,24	0,16	0,55*	-0,28	0,35	-0,08	0,13	0,22	-0,11	-0,11	0,31	-0,16	-0,20	0,38
%grasa		0,38	0,64*	-0,01	-0,19	-0,35	-0,16	-0,56*	-0,15	-0,15	0,18	0,16	0,26	0,09	0,17	0,57*	0,51
pH45			0,65*	-0,50*	-0,24	0,05	-0,23	-0,13	-0,43*	-0,12	0,44*	0,15	0,36	-0,33	0,31	0,27	0,19
pH24				-0,40	-0,17	0,21	-0,02	-0,54*	-0,39	-0,14	0,31	0,21	0,34	-0,13	0,18	0,32	0,15
L*45					-0,02	-0,49*	0,30	-0,12	0,34	-0,33	-0,53*	0,03	-0,22	-0,20	-0,63*	-0,18	0,01
a*45						0,40	-0,17	0,21	0,68*	-0,08	-0,09	-0,39	-0,34	-0,00	-0,05	-0,38	-0,35
b*45							-0,53*	0,81*	0,20	0,08	0,16	-0,24	-0,15	0,22	0,29	-0,35	-0,52*
L*24								-0,23	-0,02	0,26	0,02	-0,08	-0,24	0,20	-0,00	0,23	0,12
a*24									0,41	0,03	0,04	-0,14	-0,07	0,17	0,14	-0,51*	-0,47*
b*24										-0,16	-0,23	-0,13	-0,03	0,00	-0,16	-0,50*	-0,24
Ca											0,38	-0,32	-0,05	0,59*	0,57*	0,28	0,21
Mg												0,35	0,38	0,31	0,86*	0,54*	0,26
Fe													0,76*	-0,37	0,04	0,09	0,14
Cu														-0,26	0,17	-0,03	0,21
Zn															0,64*	0,41	0,06
P																0,58*	0,27
K																	0,64*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXVII. Coeficientes de correlación entre parámetros de calidad de carne del lote CHxIBE de la Experiencia I.

	%grasa	pH45	pH24	L*45	a*45	b*45	L*24	a*24	b*24	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P	K	Na	
PCC	-0,46	0,22	-0,04	-0,64*	0,21	-0,01	-0,00	0,90*	0,93*	-0,84*	-0,42	-0,76*	-0,60	-0,61	-0,50	-0,42	-0,67*	
%grasa		-0,81*	-0,15	0,53	0,17	0,42	0,45	-0,33	-0,31	0,52	0,28	-0,09	-0,22	-0,14	0,23	0,22	0,30	
pH45			0,58	0,01	-0,14	0,22	0,31	-0,34	-0,39	0,03	-0,57	0,48	0,80*	0,46	-0,41	-0,49	0,71*	
pH24				0,36	0,29	0,21	-0,42	-0,13	-0,04	-0,51	-0,55	0,33	0,60	-0,02	-0,52	-0,54	0,15	
L*45					-0,05	0,49	-0,33	-0,32	-0,26	-0,06	-0,25	0,11	0,33	0,08	-0,28	-0,34	0,17	
a*45						0,16	0,05	0,41	0,66	-0,59	-0,41	-0,42	-0,23	-0,76*	-0,41	-0,43	-0,37	
b*45							0,37	0,20	0,13	-0,48	-0,75*	-0,44	-0,07	-0,26	-0,85*	-0,81*	0,26	
L*24								0,01	-0,03	0,23	-0,30	-0,20	-0,06	-0,04	-0,23	-0,26	0,50	
a*24									0,94*	-0,72*	-0,35	-0,90*	-0,72*	-0,35	-0,43	-0,35	-0,76*	
b*24										-0,73*	-0,35	-0,86*	-0,67	-0,51	-0,40	-0,36	-0,81*	
Ca											0,64	0,61	0,33	0,54	0,77*	0,67*	0,49	
Mg													0,34	-0,21	0,09	0,96*	0,99*	-0,16
Fe														0,82*	0,48	0,46	0,39	0,63
Cu																-0,16	0,69*	
Zn														0,57	-0,02	0,16	0,35	
P																0,97*	-0,07	
K																	-0,12	

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXVIII. Coeficientes de correlación entre parámetros de calidad de carne del lote CHxIBI de la Experiencia I.

	%grasa	pH45	pH24	L*45	a*45	b*45	L*24	a*24	b*24	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P	K	Na
PCC	0,19	-0,19	0,04	0,34	-0,55*	-0,39	0,31	-0,28	0,15	0,06	-0,20	0,06	0,06	0,39*	-0,13	0,01	-0,03
%grasa		-0,32	-0,22	0,52*	-0,11	-0,09	-0,19	0,21	0,05	-0,14	-0,12	-0,05	-0,12	-0,15	-0,15	-0,05	-0,17
pH45			0,24	0,31	-0,01	0,10	-0,06	-0,06	0,15	0,28	0,03	-0,04	-0,07	-0,19	0,11	-0,15	-0,18
pH24				0,15	0,05	0,41	-0,02	-0,22	0,05	0,05	-0,03	0,31	-0,15	0,37*	0,15	0,28	-0,29
L*45					-0,36	-0,01	0,10	-0,06	-0,02	-0,05	-0,45	-0,03	-0,05	-0,40	-0,60*	-0,67*	-0,28
a*45						0,60*	-0,18	0,21	-0,02	-0,10	-0,35	-0,43	0,03	0,21	-0,30	-0,21	-0,08
b*45							-0,40	0,49	-0,10	0,03	-0,24	-0,43	-0,18	0,83*	-0,15	-0,1	-0,11
L*24								-0,53*	0,29	0,35	0,01	-0,03	0,25	-0,33	-0,03	-0,12	0,26
a*24									-0,1	-0,32	0,02	-0,11	-0,12	0,21	-0,07	-0,12	-0,15
b*24										0,38*	-0,19	-0,20	0,41*	-0,36	-0,06	-0,14	-0,03
Ca											0,39*	0,13	0,13	-0,16	0,57*	0,41*	0,40*
Mg												0,39*	0,08	-0,15	0,88*	0,52*	0,57*
Fe													0,04	0,02	0,30	0,23	0,07
Cu														-0,13	0,05	-0,02	0,37*
Zn															0,03	0,21	-0,27
P																0,73*	0,39*
K																	0,16

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXIX. Coeficientes de correlación entre el PCC y parámetros morfométricos de la canal del lote CHE de la Experiencia II.

	LC	PMJ	LM	LP	LJ	PC
PCC	0,74*	0,83*	0,36	0,58*	0,41	0,20
LC		0,72*	0,38	0,79*	0,71*	0,45
PMJ			0,05	0,47	0,46	0,40
LM				0,45	0,30	0,12
LP					0,84*	0,34
LJ						0,50*
PC						

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXX. Coeficientes de correlación entre el PCC y parámetros morfométricos de la canal del lote CHI de la Experiencia II.

	LC	PMJ	LM	LP	LJ	PC
PCC	0,36	0,94*	-0,63	0,57	0,68	0,49
LC		0,11	0,29	0,62	0,44	0,02
PMJ			-0,78	0,56	0,62	0,62
LM				-0,20	-0,36	-0,37
LP					0,79	0,39
LJ						-0,03
PC						

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXI. Coeficientes de correlación entre los PV, PCC y PCF y el despiece de la canal del lote CHE de la Experiencia II.

	PCC	PCF	Solo- millo	Cabeza lomo	Lomo	Paleta	Jamón
PV	0,98*	0,97*	0,42	0,52	0,39	0,74*	0,81*
PCC		0,98*	0,47	0,55	0,43	0,72*	0,84*
PCF			0,46	0,56	0,42	0,72*	0,84*
Solomillo				0,58*	0,93*	0,62*	0,81*
Cabeza lomo					0,57	0,60*	0,73*
Lomo						0,63*	0,79*
Paleta							0,80*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXII. Coeficientes de correlación entre los PV, PCC y PCF y el despiece de la canal del lote CHI de la Experiencia II.

	PCC	PCF	Solo- millo	Cabeza lomo	Lomo	Paleta	Jamón
PV	0,99*	0,99*	0,01	0,67	-0,01	0,74	0,53
PCC		0,99*	0,08	0,72	0,04	0,79	0,60
PCF			0,09	0,71	0,05	0,78	0,62
Solomillo				0,61	0,91*	0,54	0,80
Cabeza lomo					0,64	0,99*	0,76
Lomo						0,60	0,72
Paleta							0,78

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXIII. Coeficientes de correlación entre el PCC y los ETD de la canal del lote CHE de la Experiencia II.

	ETD1	ETD2	ETD3	ETD4
PCC	0,53*	0,40	0,39	0,46
ETD1		0,64*	0,62*	0,77*
ETD2			0,80*	0,76*
ETD3				0,81*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXIV. Coeficientes de correlación entre el PCC y los ETD de la canal del lote CHI de la Experiencia II.

	ETD1	ETD2	ETD3	ETD4
PCC	-0,03	0,61	0,25	0,17
ETD1		0,47	0,48	0,23
ETD2			0,73	0,07
ETD3				0,56

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXV. Coeficientes de correlación entre parámetros de calidad de carne del lote CHE de la Experiencia II.

	%grasa	pH45	pH24	L*45	a*45	b*45	L*24	a*24	b*24	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P	K	Na
PCC	0,18	-0,29	0,01	0,06	0,40	-0,19	-0,21	-0,11	-0,46	-0,17	0,05	-0,27	0,14	0,03	-0,14	-0,23	0,29
%grasa		0,05	-0,14	-0,08	-0,00	-0,04	-0,17	0,39	0,34	-0,20	-0,59*	-0,29	-0,27	-0,34	-0,43	-0,35	-0,09
pH45			0,14	-0,61*	0,20	0,11	-0,65*	0,19	0,17	-0,46	-0,33	-0,23	-0,24	-0,46	-0,03	-0,15	-0,08
pH24				-0,38	-0,00	-0,41	-0,26	-0,06	-0,15	-0,18	-0,22	0,32	-0,44	-0,51	-0,36	-0,52	0,45
L*45					0,05	0,40	0,37	-0,45	-0,34	0,51	0,35	-0,13	0,37	0,38	0,17	0,30	-0,11
a*45						0,49	-0,63*	-0,13	-0,51	-0,48	-0,06	-0,26	-0,10	-0,06	0,15	-0,18	0,43
b*45							-0,07	-0,39	-0,20	-0,07	0,12	-0,31	-0,07	-0,04	0,33	0,23	-0,08
L*24								-0,40	-0,01	0,73*	0,44	0,19	0,40	-0,50	0,23	0,43	-0,06
a*24										0,70*	-0,41	-0,58*	0,15	-0,21	-0,18	-0,53	-0,35
b*24											-0,20	-0,72*	-0,14	-0,47	-0,31	-0,54	-0,03
Ca											0,54	-0,42	0,54	0,64*	0,39	0,65*	-0,28
Mg												0,36	0,80*	0,78*	0,85*	0,49	0,25
Fe													0,30	0,30	0,14	0,02	0,01
Cu														0,81*	0,61*	0,36	0,08
Zn															0,66*	0,69*	-0,09
P																0,65*	0,01
K																	-0,54

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXVI. Coeficientes de correlación entre parámetros de calidad de la carne del lote CHI de la Experiencia II.

	%grasa	pH45	pH24	L*45	a*45	b*45	L*24	a*24	b*24	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	P	K	Na
PCC	0,50	0,56	0,81*	0,05	-0,34	0,25	-0,40	0,46	0,05	-0,31	0,57	0,16	0,30	-0,24	0,10	-0,62	0,70
%grasa		0,68	0,37	0,25	-0,81	0,25	0,18	0,91*	0,75	0,43	0,53	0,21	-0,08	-0,76	-0,14	-0,33	-0,02
pH45			0,24	-0,39	-0,60	-0,20	-0,19	0,37	0,13	0,10	-0,05	0,40	-0,36	-0,07	-0,60	-0,88*	-0,09
pH24				-0,04	-0,43	-0,01	-0,16	0,34	-0,06	-0,12	0,52	0,43	0,43	-0,19	0,04	-0,17	0,54
L*45					0,21	0,94*	0,30	0,57	0,74	-0,11	0,81	-0,55	0,55	-0,80	0,88*	0,41	0,47
a*45						0,28	0,02	-0,65	-0,35	-0,74	-0,18	-0,37	0,43	0,41	0,49	0,22	0,34
b*45							0,09	0,55	0,64	-0,30	0,81	-0,61	0,53	-0,70	0,87	0,11	0,64
L*24								0,12	0,52	0,06	0,03	0,44	0,41	-0,36	-0,01	0,46	-0,28
a*24									0,85*	0,41	0,79	-0,13	0,06	-0,93*	0,25	-0,09	0,18
b*24										0,34	0,64	-0,17	0,17	-0,95*	0,33	0,17	-0,00
Ca											-0,06	-0,01	-0,66	-0,32	-0,36	0,27	-0,72
Mg												-0,31	0,55	-0,83*	0,72	0,12	0,68
Fe													0,13	0,21	-0,67	-0,19	-0,24
Cu														-0,27	0,63	0,27	0,72
Zn															-0,47	-0,20	-0,20
P																0,43	0,69
K																	-0,18

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%. Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXVII. Coeficientes de correlación entre parámetros de la canal y de la carne del lote CHE de la Experiencia II.

	PCC	%Grasa	AGS IM	AGM IM	AGP IM	AGS T	AGM T	AGP T
PCC	-	0,18	0,10	0,22	-0,30	0,34	0,10	-0,16
%Grasa	-	-	0,69*	-0,36	-0,72*	-0,03	-0,30	-0,43
%PG	0,08	0,09	-0,07	0,01	0,10	0,31	0,19	0,21
%PCO	-0,06	0,12	0,20	-0,33	-0,02	0,13	0,04	0,00
ETD1	0,50*	0,28	0,39	-0,14	-0,44	0,32	-0,01	-0,54*
ETD2	0,37	0,29	0,25	-0,07	-0,35	0,50	0,24	-0,40
ETD3	0,33	0,18	0,30	-0,27	-0,21	0,38	0,04	-0,41
ETD4	0,39	0,15	0,12	0,10	-0,24	0,41	0,14	-0,49*
Ftotal	-0,04	-0,20	-0,05	0,16	-0,06	-0,38	-0,06	0,31
Fmax,	-0,19	-0,21	-0,11	0,13	0,06	-0,50*	-0,19	0,19
AGS IM				-0,76*	-0,87*	-0,13	-0,32	-0,49*
AGM IM					0,33	0,18	0,46*	0,38
AGP IM						-0,13	0,11	0,42
AGS T							0,86*	0,28
AGM T								0,64*

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

Tabla XXXVIII. Coeficientes de correlación entre parámetros de la canal y de la carne del lote CHI de la Experiencia II.

	PCC	%Grasa	AGS IM	AGM IM	AGP IM	AGS T	AGM T	AGP T
PCC	-	0,50	0,10	0,14	-0,41	-0,50	-0,08	0,60
%Grasa	-	-	-0,27	0,65	0,21	-0,68	0,46	0,07
%PG	-0,24	0,51	-0,87*	0,88*	0,72	-0,46	0,27	0,09
%PCO	-0,07	-0,48	-0,52	0,25	0,41	-0,26	-0,03	0,29
ETD1	-0,03	0,39	0,53	-0,27	-0,42	0,36	0,02	-0,39
ETD2	0,61	0,75	-0,02	0,39	-0,23	-0,35	0,08	0,24
ETD3	0,25	0,39	0,33	0,48	-0,15	-0,14	0,39	-0,36
ETD4	0,17	-0,34	0,86*	-0,73	-0,59	0,37	-0,01	-0,34
Ftotal	-0,65	-0,12	-0,67	0,49	0,93*	-0,29	0,49	-0,36
Fmax,	-0,53	0,05	-0,68	0,59	0,98*	-0,45	0,64	-0,38
AGS IM				-0,88*	-0,74	0,57	-0,16	-0,34
AGM IM					0,73	-0,79	0,43	0,21
AGP IM						-0,58	0,69	-0,32
AGS T							-0,63	-0,16
AGM T								-0,66

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.
Descripción abreviaturas en apartado XII.

V. DISCUSIÓN

De igual forma que en la presentación de los resultados en el apartado anterior, la discusión va a ser realizada en primer lugar y de forma independiente con los datos hallados en la Experiencia I, y posteriormente los de la Experiencia II, comparando y discutiendo los datos obtenidos en las dos experiencias.

V.1. EXPERIENCIA I.

V.1.1. Peso de la canal caliente.

El PCC al que fueron sacrificados los 4 lotes de la Experiencia I difieren notablemente entre sí (ver apartado IV.1.1.), esta situación se debe a que todavía esta raza se encuentra en una situación genética cercana a la extinción y no siempre se pueden obtener lotes de animales homogéneos. La alta consanguinidad que aún presenta la raza hace que frecuentemente se den grupos de animales muy variables a edades similares partiendo de lotes con pesos aproximados al destete. De igual forma, los animales cruzados presentan mucha heterogeneidad debido a los diversos problemas genéticos que se pueden plantear (dominancia, recesividad, epistasia, etc). Es por ello que los pesos varían notablemente entre sí, especialmente en el caso del lote CHxIBE, que quedó solamente con un promedio de algo más de 90 kg de PCC, pero con una desviación estándar de $\pm 14,97$. Por este motivo en la exposición de resultados y en la posterior discusión, aquellos parámetros y características dependientes directamente del PCC, como son los parámetros morfológicos y los pesos del despiece, serán analizados cuidadosamente de forma absoluta y relativa respecto de este parámetro, lo que será muy útil para conocer el grado de incidencia del peso de la canal sobre los parámetros lineales y valores del despiece. Por otra parte, hemos considerado que en la evaluación de otros parámetros de calidad de carne, como son pH, color, composición mineral, contenido graso, composición en ácidos grasos del tocino dorsal y del músculo Ll, puede realizarse directamente, ya que, a priori, son menos dependientes del PCC, aunque algunos de ellos están influidos por la edad, el peso, etc.

Teniendo en cuenta que los rendimientos de la canal caliente para el cerdo CH, ya estudiados en trabajos previos (Poto, 2003; Peinado et al., 2004), fueron de entorno al 80%, en nuestro caso, los pesos vivos de sacrificio corresponden a unos pesos elevados, los cuales han sido seleccionados dado el empleo habitual de este cerdo como

materia prima en la producción de productos transformados cárnicos genuinos y tradicionales, con procesos tecnológicos de larga duración y cotizaciones elevadas (Poto, 2003); y que sería clasificado como un cerdo chacinero polivalente, según la clasificación de Ciriá y Garcés (1995).

Los elevados pesos empleados en este estudio corresponden con la tendencia de los últimos años en los mercados, en los que, tras un periodo en que los pesos de canal en España, y también en la Región de Murcia, fueron disminuyendo desde mediados del siglo XX, se está volviendo a producir canales de mayor peso, en el intento de recuperar una calidad sensorial y tecnológica perdidas al reducir el contenido graso de la canal. En el resto de Europa esta tendencia también es una realidad, y muestra de ello son los numerosos trabajos realizados en los últimos años sobre cerdos que intentan alcanzar un peso determinado con animales más adultos (Castaing y Cazaux, 2000; Lebret et al., 2000; Fischer et al., 2006a; Correa et al., 2006).

Los elevados pesos a los que se lleva el cerdo CH coinciden con los manejos también empleados en otras razas autóctonas españolas, las cuales son llevadas también a pesos muy superiores a los de los cerdos “comerciales”, como son las variedades del cerdo Ibérico (Serra et al., 1998; Barba et al., 2000; Ramírez y Cava, 2006), cerdo Negro Canario y cerdo Celta (López y Ginés, 1996; Sánchez et al., 2001). Otros trabajos realizados sobre razas autóctonas italianas han sido realizados también a pesos elevados, como en el caso de la raza Cinta Senese (Pugliese et al., 2004a,b; Franci et al., 2005), Mora Romagnola y Casertana (Fortina et al., 2005).

En la presente experiencia no se ha entrado a evaluar datos tales como el peso vivo de los animales empleados, pesos de la canal fría, o pérdidas por oreo, ya que todos estos datos han sido publicados con anterioridad (Poto, 2003; Peinado et al., 2000, 2002, 2004) y no han sido considerados como objetivo para esta experiencia.

Con los elevados PCC empleados en la Experiencia I, se pretende evaluar las características de esas canales y de su carne, en un rango de pesos similares a los utilizados por los productores del cerdo Chato Murciano y sus cruces, con pesos vivos al sacrificio elevados.

V.1.2. Estudio morfométrico de la canal.

Los parámetros que van a ser discutidos son aquellos que tienen especial incidencia en la producción de piezas comerciales de alto valor (piezas nobles). Los resultados obtenidos en el estudio morfométrico de la canal para la Experiencia I deben ser evaluados con precaución debido a los diferentes PCC de los animales sacrificados; por este motivo, a la hora de comparar los resultados entre los grupos estudiados no se ha realizado el estudio estadístico sobre las medidas tomadas en los animales (expuestas en la Tabla 7), y sí sobre los valores relativos de estos datos respecto al PCC (Tabla 8).

La **longitud de la canal** (LC) obtenida en los animales de la raza Chato Murciano sin cruzar ($83,82 \pm 3,69$ cm para CHE y $85,50 \pm 2,92$ cm para CHI) fue algo menor que los resultados obtenidos por Poto (2003) en cerdos CH, quien obtuvo un promedio de $86,11 \pm 3,78$ cm, especialmente si tenemos en cuenta que el PCC promedio del estudio de Poto (2003) fue de 99,65 kg, similar al lote CHE (100,38 kg) e inferior al CHI (110,29 kg). Mayoral (1994) encontró en cerdos de raza Ibérica explotados en montanera con pesos similares a nuestro estudio una LC más corta. En la raza autóctona italiana Nero Siciliano, Pugliese et al. (2003) obtuvieron unos valores de LC de 74,10 cm y 73,27 cm para cerdos explotados en intensivo y al aire libre respectivamente y con pesos vivos inferiores (105,71 y 80,55 kg respectivamente) a nuestra experiencia, a pesar de tener unas edades muy superiores (450 días). Los valores de la LC obtenida en razas modernas (Tibau et al., 1997), Large White 82,8 cm, Landrace 85,4 cm, Duroc 83,2 cm, Pietrain 79,6 cm, todas ellas sacrificadas a 110 kg de peso vivo son comparables a los resultados obtenidos en esta experiencia. Correa et al. (2006) obtuvieron valores de 82,9-85,0 kg para animales de 125 kg de peso vivo, con canales cercanas a 100 kg de PCC procedente de cruces comerciales [Duroc x (Landrace x Yorkshire)]. Estos resultados muestran que los cerdos de raza CH proporcionarán unos lomos de mayor longitud de acuerdo con una canal más larga que los del cerdo Ibérico, y comparables a muchas razas comerciales.

El **perímetro máximo del jamón** (PMJ) es un factor muy a tener en cuenta para la raza Chato Murciano y otras razas autóctonas dado el valor económico del producto jamón curado, y la trascendencia de este parámetro morfométrico en los procesos tecnológicos de salazón, secado y curado del miembro posterior del cerdo. Los valores

obtenidos para el lote CHE (73,35 cm) son muy similares a los valores (73,94 cm) obtenidos por Poto (2003) en cerdos CH de similar PCC, y superior a los señalados por Mayoral (1994) en cerdos Ibéricos a pesos similares; los otros lotes (CHI, CHxIBI, CHxIBE) obtienen valores diferentes que corresponden con unas canales de distinto peso.

Las medidas obtenidas para la **longitud de la mano** (LM) en todos los lotes son superiores a los obtenidos por Poto (2003) quien obtuvo 34,2 cm y similares a las encontradas para el cerdo Ibérico por Mayoral (1994). Destaca el valor obtenido por el grupo CHxIBE, que a pesar de ser sacrificados a un peso menor, tienen una LM con un gran desarrollo, superior a los animales CH y próxima a los CHxIBI, lo que indica un desarrollo temprano de este parámetro en los animales de ese genotipo.

Los valores de la **longitud de la pata** (LP) resultan similares a los valores obtenidos (59,42 cm) por Poto (2003) en cerdos CH en el caso del lote CHE, el cual tiene un PCC muy similar. En el caso del resto de lotes, los valores de LP van acordes con el PCC obtenido en matadero, así, el lote CHxIBI y el CHI tienen valores superiores, y el CHxIBE inferiores. Teniendo en cuenta el PCC de los cerdos Ibéricos estudiados por Mayoral (1994), los valores de LP pueden ser considerados similares, especialmente los obtenidos en el sistema intensivo.

El parámetro **longitud del jamón** (LJ) tiene un interés marcado, pues junto con el PMJ nos va a dar la relación volumétrica del jamón, el cual, dependiendo del peso de la pieza, va a determinar el proceso tecnológico a seguir. Los valores encontrados en la presente experiencia son ligeramente superiores a los obtenidos por Poto (2003) en el caso de los animales CH, y más destacado si cabe en el caso de los dos lotes CHxIB; incluso el lote CHxIBE, sacrificado con un peso notablemente menor de PCC, ofrece un valor superior. Cabello (2005) halló en un estudio con cerdo Ibérico una LJ de 41,93 cm, valor superior que los valores del CH, pero con animales de mayor peso vivo (140,46 kg). Las relaciones peso y longitud del jamón encontrados en nuestro trabajo, indican unas dimensiones aptas para cualquier tipo de curado por salazón tradicional de larga duración y para transformados en procesos de cocción.

En cuanto a los valores obtenidos en el **perímetro de la caña (PC)** en los distintos lotes, se aprecia que los lotes CH tienen una caña más gruesa que en el caso de los CHxIB, aunque también parece importante el sistema de explotación empleado, ya que los animales explotados al aire libre muestran un PC superior. Respecto a los valores obtenidos en CH (18,13 cm) por Poto (2003), el lote CHE presenta valores similares, sin embargo, el lote CHI, que incluso es de mayor peso, la caña es más fina; lo que indica que este parámetro es relativamente independiente del peso del animal a estos niveles de desarrollo. Estos valores son también notablemente superiores a los obtenidos por Mayoral (1994) en cerdo Ibérico, raza que se caracteriza por tener una caña fina. Sin embargo, el valor 16,54 cm del lote CHxIBI es muy próximo a los 16,65 cm obtenidos por Cabello (2005) también en cerdo Ibérico.

A la hora de comparar los resultados obtenidos para los diferentes lotes, se debe tomar en consideración que en el desarrollo del organismo, los cerdos incrementan en primer lugar sus características longitudinales, es decir, los animales jóvenes tienen características longilíneas siendo más estilizados, y posteriormente adquieren el desarrollo muscular, dando lugar a un mayor volumen de sus estructuras y futuras piezas cárnicas. Ya en 1932, Hammond, y posteriormente numerosos investigadores, estableció que, en relación a los diversos tejidos, el grado de madurez se alcanza en el orden cronológico siguiente: nervioso, óseo, muscular y graso. Wood (1984) también estableció esas diferencias en la composición del cuerpo dadas durante el crecimiento del porcino hasta pesos de sacrificio. Por este motivo, a la hora de comparar los lotes empleados, hay que tener en cuenta que el lote CHxIBE alcanzó un PCC de sólo 90,94 kg, notablemente inferior a los otros lotes, por lo que los valores morfométricos medidos han de ser comparados cuidadosamente.

En cuanto al sistema de explotación las diferencias obtenidas entre los lotes de esta experiencia fueron estadísticamente significativas en todos los parámetros medidos. Es decir, hubo diferencias entre el lote CHE y CHI y entre el lote CHxIBE y el CHxIBI, mostrándose un gran efecto ($p < 0,001$) del sistema de explotación empleado en todos los casos excepto en LP, donde el efecto también fue estadísticamente significativo pero algo menor ($p < 0,05$). Sin embargo, en cuanto al genotipo, sólo aparecieron diferencias significativas en los parámetros LM y LJ; las cuales vienen debidas fundamentalmente a las diferencias morfológicas aportadas por el genotipo Ibérico al cruce CHxIB. Estas

diferencias encontradas respecto al efecto del sistema de explotación coincide con los resultados de otros muchos autores (Sather et al., 1997; Pugliese et al., 2003; Edwards, 2005) para los que los sistemas de explotación al aire libre favorecen el desarrollo físico de los animales, especialmente en lo relativo al desarrollo muscular. Este hecho es muy importante, pues revela que la producción al aire libre del cerdo CH y su cruce con Ibérico da lugar a un mayor desarrollo muscular y longitud del miembro anterior, y también una mayor longitud de la canal, lo que mejora los resultados en la obtención de piezas cárnicas de alto valor. También se aprecia que en la mayoría de los parámetros estudiados además aparece una interacción entre los factores genotipo y sistema de explotación, indicando que sus diferentes combinaciones producen diferentes resultados.

El estudio de los coeficientes de correlación de los parámetros morfométricos con otros parámetros de la canal (**Anexo I**, Tablas XIII a XVI), muestra una correlación positiva generalizada de los parámetros morfométricos respecto al PCC, con la excepción de LP en los grupos CHE y CHxIBI, donde tiene un valor 0.

V.1.3. Despiece de la canal porcina.

Dentro del despiece realizado sobre las canales obtenidas de los lotes de la Experiencia I (ver Tabla 9), se han tenido en cuenta las siguientes piezas cárnicas de alto valor: lomo, cabeza de lomo y jamón, las cuales son frecuentemente destinadas a la transformación, más el solomillo que es una pieza de consumo en fresco muy apreciada. Evidentemente, el peso de estas piezas va a depender del peso de los animales (vivo y de la canal). Y por este motivo, para ser comparado con los datos de otros trabajos, este factor será tomado en consideración.

Teniendo en cuenta valores expresados en kg referidos a la media canal, los valores de estas piezas en el cerdo Chato Murciano difieren de los señalados en otras razas autóctonas y modernas, si bien estos valores dependen de la edad y peso vivo al sacrificio. Teniendo en cuenta los valores obtenidos por otros autores en Ibérico, las piezas nobles del cerdo CH son de mayor peso, lógicamente al ser estimados los mismos pesos de partida en vivo o de la canal.

En la Tabla 23 se presentan los resultados de otros autores en la raza Chato Murciano (Poto, 2003), en la raza Ibérica (Mayoral, 1994; Barba 1999), en tres genotipos de cerdo Ibérico cruzado con Duroc (Ramírez y Cava, 2006), en la raza Celta (Sánchez et al., 2001), en las razas autóctonas italianas Casertana y Mora Romagnola (Fortina et al., 2005), y en un cruce comercial (Pietrain x Landrace; Fischer et al., 2006a), expresados en forma de porcentaje respecto al peso de la canal. Es importante tener en cuenta el tipo de despiece empleado, que no siempre es igual según la región o país donde se realicen las experiencias. Igualmente, existen diferencias que pueden estar influidas por el peso de sacrificio, pues a pesar de que los valores son relativos, por los motivos ya aclarados en el apartado anterior sobre diferencias en el desarrollo de las proporciones corporales, los valores pueden cambiar notablemente. Así por ejemplo, los cerdos de las razas italianas fueron sacrificados a unos PCC de 160 (Casertana) y 149 kg (Mora Romagnola), los del trabajo de Barba (1999) tenían 142,2, los de Mayoral (1994) 123,3, y los de Fischer et al. (2006a) 109 kg. El resto de los estudios sacrifica los animales con pesos cercanos a los 100 kg de PCC.

Entrando a evaluar los porcentajes obtenidos relativos a los pesos de las piezas nobles, comentaremos por ejemplo que Poto (2003) obtuvo valores muy similares a los resultados de esta experiencia, sin embargo, los jamones fueron de proporciones superiores. El cerdo Ibérico presenta unas proporciones notablemente menores a las obtenidas en esta experiencia, lo cual concuerda con el concepto de jamones de menor tamaño de esta raza. Sin embargo, cuando el cerdo Ibérico está cruzado con Duroc, esos parámetros mejoran notablemente (Ramírez y Cava, 2006). El cerdo Celta (Sánchez et al., 2001) presenta unas proporciones similares en cuanto al jamón, aunque un lomo y, sobre todo, un solomillo de menor peso. Las razas italianas Mora Romagnola y Casertana ofrecen unas cabezas de lomo y jamones grandes, aunque hay que tener en cuenta el elevado peso de sacrificio de los mismos, y cabría también considerar posibles diferencias debidas al despiece realizado, el cual no viene descrito en el artículo correspondiente. En el cruce comercial de las razas Pietrain x Landrace, se muestran unos valores superiores a los obtenidos en nuestra experiencia, y que corresponden con unos animales seleccionados para la producción de carne, aunque también debería considerarse que el despiece de las canales (Método Scheper y Scholz, 1985) no fue el mismo que en este trabajo.

Tabla 23. Porcentaje de las piezas nobles sobre el peso de la canal en diferentes razas porcinas.

Raza/Autor	Lomos	Cabeza lomo	Solomillos	Jamones
Chato Murciano / Poto (2003)	2,50	-	0,33	12,71
Ibérico / Mayoral (1994)	1,62	-	0,3	9,70
Ibérico / Barba (1999)	-	-	-	8,79
Ibérico extensivo / Daza et al. (2006)	-	-	-	8,96
Ibérico intensivo / Daza et al. (2006)	-	-	-	9,18
3 genotipos de Ibérico x Duroc / Ramírez y Cava (2006)	2,0 – 2,5	-	-	11,2-11,9
Celta / Sánchez et al. (2001)	1,98	-	0,23	11,19
Casertana / Fortina et al. (2005)	-	2,25	-	13,5
Mora Romagnola / Fortina et al. (2005)	-	2,21	-	12,13
Pietrain x Landrace / Fischer et al. (2006a)	-	3,81	0,78	13,18
CH y CHxIB / Experiencia I	2,04-2,58	1,41-1,65	0,31-0,45	10,59-11,15

Pesos expresados en % respecto al PCC.

Podemos decir que el rendimiento en piezas nobles con respecto al peso de la canal es superior en el cerdo Chato Murciano en comparación con el resto de razas autóctonas, si excluimos las dos razas italianas sacrificadas a pesos tan elevados. Y, sin embargo, inferiores a los cerdos provenientes de cruces comerciales.

En la Tabla 10 se pueden observar los resultados del estudio estadístico sobre la influencia de los factores genotipo y sistema de explotación, y su interacción, sobre los valores relativos de las piezas nobles. Se puede apreciar que el genotipo influyó de forma significativa sobre el lomo, cabeza de lomo y solomillo, donde los animales de raza CH mostraron valores superiores a los lotes cruzados (CH x IB), indicando un mayor desarrollo de estas piezas cárnicas por parte de los animales no cruzados, sin embargo, el jamón no estuvo influenciado por este factor. Por otro lado, el sistema de explotación estuvo relacionado con los valores de la cabeza del lomo y el jamón, dando para estos parámetros un mayor desarrollo en los animales explotados al aire libre; resultados que coinciden con los de otros autores (Sather et al., 1997; Pugliese et al.,

2003) que estudiaron la influencia del sistema de explotación sobre las características de la canal y que encontraron un mayor desarrollo muscular en el sistema al aire libre. Sin embargo, Daza et al. (2006) hallaron un porcentaje del jamón sobre la canal superior en cerdos de raza Ibérica explotados en intensivo (9,18%) que en extensivo (8,96%), aunque esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa, y hay que tener en cuenta que los animales en extensivo dependían exclusivamente de los recursos naturales. Sólo en el caso del solomillo aparece una interacción de forma significativa entre los factores genotipo y sistema de explotación, que podría indicar una relación entre estos dos factores y el tamaño que adquiere el solomillo.

Como era de esperar, en el estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XVII a XX) entre el PCC y el despiece, y entre los valores del despiece entre sí, aparecen numerosos coeficientes positivos estadísticamente significativos ($p < 0,05$), dada la relación entre el peso de la canal y el tamaño de sus partes, y el de éstas entre sí.

V.1.4. Estudio del pH de la carne.

Los valores del pH de la carne obtenidos en el músculo Ll vienen reflejados en la Tabla 11. Tras el estudio de estos valores se puede considerar que se encuentran dentro de un rango normal, de cerdos que no producen unas carnes PSE (Warner et al., 1997). Estos resultados son similares a los obtenidos por Poto (2003) en animales de raza CH, y superiores a los resultados habitualmente obtenidos en cerdos procedentes de cruces comerciales (Ruusunen et al., 2006; Fischer et al., 2006b; Hansen et al., 2006).

Entre los resultados obtenidos cabe destacar el bajo valor del pH_{45} ($6,20 \pm 0,22$) en el lote CHE, el cual fue más bajo de lo esperado, lo que sugiere que estos animales sufrieron un mayor estrés presacrificio (Poto et al., 2007). Gandemer et al. (1990) y Barton-Gade y Blaabjerg (1989) presentaron estudios que demuestran que factores como el sistema de explotación influyen en los valores de pH. Labroue et al. (2000b) encontraron este efecto del sistema de explotación en la raza francesa Blanc de l'Ouest, pero no en otras tres (Basque, Gascon y Cul Noir Limousin); precisamente esta raza francesa fue una de las que intervino en la formación del cerdo Chato Murciano a principios del siglo XX (Poto, 2003). Edwards (2005), en una revisión bibliográfica sobre la producción porcina en sistemas al aire libre, indica que en 6 de 9 trabajos

consultados aparece una reducción de pH y/o un aumento de las pérdidas por goteo, sugiriendo una mayor susceptibilidad en los cerdos explotados de esta manera al estrés presacrificio. Sin embargo, en los animales CHxIB explotados al aire libre, y con el mismo manejo que el lote CHE, no dieron lugar a un pH₄₅ bajo, hecho que podría deberse a una dilución de la consanguinidad en este lote, que haría menos susceptibles a estos animales a sufrir ese estrés presacrificio. De todos modos, la evolución del pH desde los 45 minutos hasta las 24 horas hace que las diferencias existentes a los 45 minutos, se vean minimizadas en el valor del pH₂₄, lo que indica una evolución fisiológica postmortem normal en los lotes estudiados. Pugliese et al. (2004a y b) encontraron en trabajos con cerdos de raza Nero Siciliano y Cinta Senese en sistemas intensivo y extensivo, unos valores de pH₄₅ en el sistema extensivo algo menores que en intensivo aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas; no existiendo diferencias en el pH₂₄. Leuret et al. (2002) tampoco encontraron diferencias según el sistema de explotación en un trabajo sobre cerdos comerciales.

En cuanto al estudio estadístico de los valores encontrados, se puede apreciar que a los 45 minutos aparece una diferencia ($p < 0,05$) debida al genotipo, atribuible a ese descenso del pH en el lote CHE, y que va ligado al sistema de explotación, por lo que aparece una interacción estadísticamente significativa ($p < 0,05$), ya que sólo aparece en el lote CH explotado al aire libre. En cuanto al pH₂₄ aparece una diferencia significativa ($p < 0,01$) dada por el sistema de explotación, donde los lotes explotados en intensivo obtienen un pH más elevado que los explotados al aire libre, lo que podría indicar que este último lote dispone de unas mayores reservas de glucógeno muscular. Más aún, Enfält et al. (1997) indicaron que los animales explotados al aire libre podrían tener una mejor capacidad para emplear otros sustratos diferentes al glucógeno durante el transporte al matadero y, por ello, proporciona mayor cantidad de glucógeno disponible en el periodo postmortem.

El estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII) entre los valores de pH (medidos a los 45 minutos o a las 24 horas postmortem) y los parámetros de color (medidos a los 45 minutos o a las 24 horas postmortem), demuestra la importancia de los valores iniciales de pH y su evolución hacia un pH último en el color final de la carne.

V.1.5. Estudio del color de la carne.

En la Tabla 12 se pueden observar los resultados obtenidos en los parámetros de color en los lotes de la Experiencia I. En todos los lotes aumentan los valores de todos los parámetros (L*, a*, b*) desde la medición tomada a los 45 minutos hasta las 24 horas postmortem, como consecuencia de una maduración fisiológica de la carne.

En el estudio de los resultados obtenidos es importante comparar éstos con los encontrados anteriormente por otros autores (ver Tabla 24). Poto (2003) halló unos resultados similares sobre la raza Chato Murciano, aunque los valores de L* fueron ligeramente superiores. Respecto a los trabajos sobre razas tradicionales (Ibérico, Cinta

Tabla 24. Valores promedio de las coordenadas de color en el músculo Longísimo lumbar, medidos a los 45 minutos y 24 horas postmortem en diferentes razas porcinas.

Raza/Autor	Color 45 minutos			Color 24 horas		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Chato Murciano / Poto (2003)	43,17	8,96	2,64	46,69	10,20	5,98
Ibérico / Serra et al. (1998)	-	-	-	54,1	7,47	-
Ibérico / Estévez et al. (2006)	-	-	-	50,2	24,2	13,2
Cinta Senese indoor-outdoor / Pugliese et al. (2004b)	-	-	-	50,13- 45,78	11,77- 14,95	4,81- 5,38
Nero Siciliano indoor-outdoor / Pugliese et al. (2004a)	-	-	-	46,75- 50,07	15,32- 14,67	4,88- 5,84
Casertana / Fortina et al. (2005)	-	-	-	43,26	9,39	2,59
Mora Romagnola / Fortina et al. (2005)	-	-	-	42,32	8,74	2,24
Landrace / Serra et al. (1998)	-	-	-	55,9	6,57	-
Landrace / Ruusunen et al. (2006)	-	-	-	56,9	5,8	-
Yorkshire/ Ruusunen et al. (2006)	-	-	-	56,0	5,5	-
Pietrain x Landrace / Fischer et al. (2006a)	-	-	-	53,5	7,30	4,60
CH y CHxIB / Experiencia I	37,92- 39,02	5,62- 10,68	0,07- 1,57	42,09- 46,36	8,76- 13,28	1,86- 7,41

Senese, Nero Siciliano, Mora Romagnola, Casertana) los resultados obtenidos en esta experiencia coinciden con unos valores similares en los parámetros L^* , a^* y b^* , donde estas razas tienen una carne más oscura (parámetro L^* bajo), más roja (parámetro a^* elevado) y más amarillenta (parámetro b^* más alto), que cuando los comparamos con los resultados en razas o cruces comerciales (Landrace, Yorkshire, Pietrain x Landrace); estas diferencias se deben asociar además a una mayor edad y peso de sacrificio en las razas tradicionales, con unos contenidos en hierro superiores, y un mayor contenido en grasa intramuscular.

Se puede apreciar que existen notables diferencias en cuanto al factor sistema de explotación empleado, ya que los parámetros a^* y b^* a los 45 minutos, y L^* , a^* y b^* a las 24 horas, muestran diferencias significativas ligadas a este factor. Estos resultados son similares a los hallados por Pugliese et al. (2004a) en el cerdo Nero Siciliano, el cual ofrece en el grupo extensivo un valor a las 24 horas de L^* y b^* más elevado y de a^* más bajo; sin embargo en otro trabajo sobre la raza Cinta Senese (Pugliese et al., 2004b) ocurrió lo contrario en cuanto a L^* y a^* . Los valores más elevados en la coordenada a^* de los lotes CHxIB, y especialmente en los lotes explotados en intensivo, podrían estar asociados a los mayores niveles de hierro encontrados, componente éste del grupo hemo, aunque en el estudio estadístico no se halló correlación significativa ($p < 0.05$), incluso ésta fue repetidamente negativa en todos los lotes. También aparecieron diferencias significativas en la coordenada a^* a los 45 minutos y en la b^* a las 24 horas debidas al genotipo, donde el genotipo CHxIB da una carne más roja a los 45 minutos, y más amarillenta a las 24 horas. Pero el grupo de cerdos CHxIBE con un contenido en grasa intramuscular más bajo tiene un valor más alto en la coordenada b^*_{24} y es lo que realmente influye para dar lugar a las diferencias significativas en los genotipos estudiados.

Destaca en el estudio de las correlaciones estadísticas entre distintos parámetros estudiados (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII), la correlación positiva encontrada en los lotes explotados al aire libre, entre el PCC y los valores de a^*_{24} , y negativa entre el PCC y los valores de L^*_{45} , que podría indicar que este sistema produce un incremento de la tonalidad rojiza, y más oscura de la carne con el desarrollo del animal; en los lotes en intensivo ésto no fue así.

V.1.6. Estudio de la grasa.

V.1.6.1. Espesores de tocino dorsal.

Los datos obtenidos en la Experiencia I en los espesores de tocino dorsal (ETD) vienen expresados en la Tabla 13. Se decidió realizar la medición de los ETD en cuatro puntos para garantizar una mejor estimación de este parámetro, a pesar de que otros autores lo realizan sólo en uno o dos puntos.

Para el estudio de los resultados obtenidos realizaremos una comparación con los trabajos de otros autores (ver Tabla 25). Los valores obtenidos por Poto (2003) en la raza Chato Murciano fueron similares a los datos de esta experiencia. Destacan las diferencias presentes entre los valores de las razas autóctonas (Ibérico, Nero Siciliano, Casertana, Mora Romagnola), dentro de las que se enmarca el cerdo Chato Murciano, respecto a las razas selectas (Landrace, Pietrain-Landrace) donde las razas tradicionales presentan unos ETD muy superiores, como consecuencia de la selección hacia canales magras sufridas en las razas y cruces modernos. También destacan los elevadísimos

Tabla 25. Valores del espesor de tocino dorsal en distintas razas.

Raza / Autor	ETD1	ETD2	ETD3	ETD4
Chato Murciano / Poto (2003)	48,7	30,9	40,4	29,5
Ibérico / Serra et al. (1998)	-	48,1	-	-
Ibérico / Mayoral (1994)	48	32	34	29
Ibérico intensivo-extensivo / Daza et al. (2006)	56,46- 51,74	-	-	-
Nero Siciliano indoor-outdoor / Pugliese et al. (2004a)	55,51- 49,13	36,99- 32,46	-	44,54- 39,44
Casertana / Fortina et al. (2005)	75,3	48,0	60,0	-
Mora Romagnola / Fortina et al. (2005)	75,9	57,1	62,1	-
Landrace / Serra et al. (1998)	-	20,7	-	-
Pietrain x Landrace / Fischer et al. (2006a)	38	24	16	-
CH y CHxIB / Experiencia I	49,36- 57,69	28,62- 32,59	35,13- 38,07	24,21- 26,82

ETD=Espesor del tocino dorsal, medido en: ETD1=primera costilla; ETD2=última costilla; ETD3=extremo craneal del glúteo medio; ETD4=en el área de menor espesor graso a nivel del músculo glúteo medio. Valores expresados en milímetros.

niveles de ETD en las razas Casertana y Mora Romagnola, aunque también hay que tener en cuenta que se sacrificaron a pesos muy elevados. En relación con el Ibérico se puede observar que el cerdo Chato Murciano acumula más grasa subcutánea en la parte caudal de la región lumbar (ETD3), siendo el resto de la distribución grasa similar.

En cuanto a las diferencias obtenidas entre los lotes de esta experiencia, sólo aparecen diferencias significativas en el ETD1 en cuanto al sistema de explotación, apareciendo valores superiores en los sistemas intensivo, resultado que también obtuvieron Pugliese et al. (2004a) en Nero Siciliano, y Daza et al. (2006) en Ibérico. El genotipo dio lugar a una diferencia significativa en el ETD2, debido probablemente a que la raza Ibérica acumula más grasa a ese nivel que el cerdo Chato Murciano.

Como era de esperar las medidas de los diferentes ETD mostraron entre sí fuertes correlaciones positivas (**Anexo I**, Tablas XXI a XXIV), en la mayoría de los casos de forma significativa. De acuerdo con lo expuesto en el apartado II.3.6., donde se relaciona el peso vivo y el PCC con un mayor engrasamiento de la canal, en el estudio de las correlaciones en esta experiencia del PCC respecto los ETD, resultó en todos los grupos una correlación positiva, excepto para el grupo CHI, donde el espesor del tocino se mostró muy independiente al PCC, con unas correlaciones cercanas a 0. Respecto a las correlaciones de los ETD con los parámetros morfométricos aparece (aunque con valores próximos a 0 en el lote CHI) una correlación positiva, esperada por otro lado, ya que los ETD van también muy ligados al desarrollo de la canal.

V.1.6.2. Grasa intramuscular.

Los resultados obtenidos en relación con el porcentaje de grasa IM realizado sobre el músculo longísimo lumbar obtenidos (ver Tabla 14) fueron especialmente relevantes dado los altos niveles encontrados.

Estos niveles son superiores al 6,39% obtenido por Poto (2003) en cerdos de raza CH, aunque el manejo de aquellos animales fue en intensivo y las condiciones de alimentación fueron diferentes. En esta experiencia los animales recibieron una dieta rica en grasa (4,94%) y baja en proteína (15%), y con los resultados obtenidos podemos decir que el cerdo Chato Murciano y sus cruces con Ibérico tienen una gran capacidad

para incorporar ese exceso de grasa en forma de grasa intramuscular. Muchos autores muestran la relación entre los niveles de grasa IM y otros factores como la edad y el peso de sacrificio (Wagner et al., 1999; Daszkiewicz et al., 2005; Asenjo et al., 2005) y las condiciones especiales de alimentación y manejo (Lebret et al., 2002; Rosenvold y Andersen, 2003; Nuernberg et al., 2005; Hansen et al., 2006; Peinado et al., en prensa).

Teniendo en cuenta que los animales fueron sacrificados a edades y pesos superiores a los habituales para los cerdos comerciales, y la dieta que estos recibieron fue especialmente rica en grasa, se pueden explicar esos niveles superiores a los habitualmente encontrados en otras razas porcinas, sin embargo, a pesar de que se emplearon dos sistemas de explotación distintos no se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los lotes estudiados. El lote CH x IBE mostró unos niveles inferiores a los otros tres, no siendo esta diferencia significativa, debido en parte también a la alta desviación estándar de los resultados, como consecuencia de una notable variabilidad en el contenido graso IM entre los animales del mismo lote. Podemos atribuir esos niveles inferiores de grasa IM en el lote CH x IBE a la menor edad y peso de sacrificio de los animales de este genotipo, aunque algunos autores (Fischer et al., 2006b; Correa et al., 2006) no encontraron en sus experiencias una relación entre el aumento de peso de sacrificio y el contenido en grasa IM.

En cuanto a los elevados niveles obtenidos, Fernandez et al. (1999) indicaron que generalmente se acepta que un elevado nivel de grasa IM tiene una influencia positiva sobre las características sensoriales de la carne, pero indica unos niveles máximos en el contenido en grasa IM del 2,5-3,5%, a partir de los cuales existe un riesgo de rechazo por parte del consumidor debido al aspecto de la misma, ya que a partir de esos niveles aumenta considerablemente el jaspeado o aspecto visual de esa grasa en la carne; evidentemente, estos datos vienen referidos al consumo de la carne en fresco. Sin embargo, Reixach (2004) indicó niveles de 3,5-4% de grasa intramuscular como los óptimos en la carne fresca para la elaboración de productos curados, donde esos niveles superiores ofrecen unas buenas propiedades para la elaboración de productos curados. Más aún, existen estudios (Benito et al., 1998; Solis et al., 2001) realizados sobre el cerdo Ibérico destinado a la elaboración de productos de alta calidad con unos niveles de grasa IM muy elevados, desde el 4,76% hasta el 16,10%. Estévez et al. (2003) hallaron en diferentes líneas de cerdos Ibéricos explotados en extensivo

niveles de grasa IM de 2,51% en Torbiscal, 3,17% en Retinto y 3,34% en Lampiño, aunque estos animales tuvieron un PCC menor que en nuestro estudio; y Ramírez y Cava (2006) hallaron en tres líneas de cerdo Ibérico cruzado con Duroc niveles de 3,5-5,9% en grasa IM, animales especialmente destinados a la elaboración de productos curados. Todos estos niveles son muy superiores a los habitualmente hallados para las razas y cruces comerciales empleados en la industria porcina, donde esos niveles suelen estar entre el 1 y el 2 % (Serra et al., 1998; Daszkiewicz et al., 2004; Wood et al., 2004; Mörlein, 2005; Nuernberg et al., 2005; Fischer et al., 2006b).

Los animales procedentes de razas tradicionales y, más aún, aquellos explotados en sistemas de producción al aire libre, suelen tener unos niveles de grasa IM superiores (Rosenvold y Andersen, 2003; Edwards, 2005). En otras razas autóctonas se hallaron también niveles superiores en los sistemas extensivos, como en el caso de las razas Cinta Senese y Nero Siciliano (Pugliese et al., 2004a y b). Sin embargo, en estudios realizados con cerdos comerciales, otros autores (Sather et al., 1997; Gandemer et al., 1990; Hansen et al., 2006) no hallaron una influencia significativa del sistema de explotación al aire libre respecto al intensivo en cuanto al nivel de grasa IM, mientras que Enfält et al. (1997) sí encontraron niveles mayores en el sistema intensivo.

En el estudio de las correlaciones calculadas (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII), éstas no se repiten en los diversos lotes utilizados. Cabría destacar sin embargo, que a pesar de los muchos trabajos que relacionan el contenido en grasa IM con la edad y peso de los animales, en este aspecto ningún grupo mostró una correlación estadísticamente positiva; en parte debido a que los animales dentro de cada lote fueron sacrificados a pesos y edades próximas, mientras que en un estudio en el que se tomaran animales con una evolución amplia en pesos y edades resultaría casi con toda seguridad un aumento del porcentaje en grasa IM respecto al peso y edad.

Finalmente, en cuanto a los elevados niveles de grasa IM hallados en esta experiencia, podemos decir que son especialmente indicados para la elaboración de productos transformados, con capacidad para ofrecer unas propiedades sensoriales y tecnológicas adecuadas, que soportarán procesos de transformación largos.

V.1.7. Estudio de la composición mineral.

El espectro de componentes minerales considerado en el presente estudio ha sido seleccionado ya que es estudiado por otros investigadores en diversos artículos y además tomados en cuenta en el diseño de tablas de composición de alimentos, teniendo una importancia indiscutible los elementos Ca, P y el micromineral Fe, además de otros macrominerales como son Na y K, y otros microminerales (Cu, Zn y Mn) considerados como esenciales.

En la evaluación de los valores obtenidos (ver Tabla 15) en conjunto para cada elemento han sido tomadas como referencia (ver Tablas 3 y 4) varias tablas de composición de alimentos (McCance y Widdowson's, 2001; Muñoz y Ledesma, 2002; Mataix, 2003; CESNID, 2004) y resultados de diversos investigadores (Leonhard y Wenk, 1997; González-Martín et al., 2002; Lombardi-Boccia et al., 2005; Estévez et al., 2006). Fueron halladas numerosas diferencias entre los resultados observados en esta experiencia, pero también entre los datos de las referencias empleadas aparecen diferencias notables para muchos minerales.

Los valores medios para los elementos magnesio, zinc y potasio de los grupos estudiados fueron similares a los encontrados en la bibliografía. Sólo los niveles de calcio y sodio fueron inferiores a los de la mayoría de autores; solamente González-Martín et al. (2002) en cerdo Ibérico hallaron niveles muy inferiores a nuestros resultados y al resto de referencias consultadas. En cuanto al manganeso sólo se pudieron detectar trazas del mismo, por lo que no se muestra en las tablas de resultados; además es difícil encontrarlo en otros trabajos, y en el caso de aparecer, lo hace a unos niveles muy bajos. El fósforo apareció en cantidades superiores a los habitualmente citados en la bibliografía. Y especialmente reseñables son los elevados niveles hallados en hierro y cobre.

El genotipo y el sistema de explotación tuvieron un efecto sobre las cantidades encontradas en numerosos elementos. El sistema de explotación influyó en los niveles de magnesio, zinc, potasio, fósforo, y de una forma especialmente marcada en los de hierro y cobre. De igual forma, el genotipo influyó en las cantidades de magnesio, sodio

y, también de forma destacada, en hierro y cobre, apareciendo incluso para el hierro una interacción entre los factores genotipo y sistema de explotación.

Los niveles más elevados de hierro y cobre en los lotes cruzados (CHxIB) podrían ser atribuibles a una dilución de la consanguinidad de los animales Chato Murciano, los cuales, en el proceso de recuperación de la raza provienen de un genotipo bastante limitado en su variabilidad genética dado el escaso número de animales a partir del cual se inició esa recuperación. Por otro lado, el alto metabolismo oxidativo de las células musculares del genotipo de los animales estudiados (Poto, 2003) contribuye en el incremento de hierro y cobre. También, la alta densidad de animales empleada habitualmente en los sistemas de explotación en intensivo (de hasta 1 m² por animal cuando alcanzan pesos cercanos a 140 kg), circunstancia que cumple con la legislación española (Real Decreto 1135/2002), y el suelo de las explotaciones donde se realizaron estas experiencias, en las que no había slat, dificultan las condiciones de higiene y de la pureza del aire que los animales respiraban, y podrían ejercer un efecto potenciador del metabolismo oxidativo muscular, en un intento de adaptación a esas malas condiciones del aire, con menor oxígeno disponible; que si comparamos con las condiciones de explotación al aire libre, con amplias superficies disponibles (Poto et al., 2007; Galián et al., 2007). Otros autores (Estévez et al., 2006; Fischer et al., 2006b) indican que la edad y el peso de sacrificio también son factores que pueden incrementar los niveles de hierro en músculo, la genética (como el caso de las razas tradicionales), y el ejercicio físico (especialmente en los sistemas al aire libre); aunque en nuestro caso, en intensivo se obtuvieron mayores niveles que al aire libre.

Para poder entender mejor las diferencias halladas en todos los elementos según el genotipo y el sistema de explotación sería necesario la realización de futuros estudios que analicen la digestibilidad de los minerales empleados, las posibles interacciones entre ellos y con los diversos componentes de la dieta, ya que las cantidades en cada elemento viene determinado por el metabolismo del organismo, que regula sus concentraciones e interacciones. Elementos como el calcio, magnesio, fósforo, potasio y sodio participan en el equilibrio de membranas; el hierro, cobre y magnesio son muy importantes en la contracción muscular y en la cadena respiratoria mediante el aporte y almacenamiento de oxígeno y la producción de ATP.

En el estudio de los coeficientes de correlación entre los distintos minerales (**Anexo I**, Tablas XXV a XXVIII) reflejó en todos los lotes unas correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la mayoría de los casos, entre los elementos Ca y Mg, Ca y P, Ca y K, Mg y P, Mg y K, y P y K, lo que demuestra las marcadas interrelaciones metabólicas entre los mismos. Teniendo en cuenta que el hierro se encuentra formando parte del grupo hemo de hemoglobina y mioglobina, pigmentos presentes en la carne, y que van a aportar el característico color rojo de la misma, era de esperar unos coeficientes de correlación positivos entre el contenido en hierro y los valores obtenidos para el parámetro a^* (a los 45 minutos y 24 horas postmortem), que mide el color rojo, pero en nuestros resultados no se halló de esta forma; esa correlación fue negativa, incluso en ocasiones de forma estadísticamente significativa.

Los niveles de minerales encontrados en este trabajo pueden considerarse como adecuados para una carne de una raza tradicional, y especialmente interesante es el nivel de hierro de la misma, dada la importancia del aporte de este mineral por parte de las carnes, además es uno de los elementos cuya deficiencia causa más problemas en los humanos.

V.2. EXPERIENCIA II.

En la discusión de los resultados de este apartado vamos a tener en cuenta los hallados en la Experiencia I cuando se estime de interés. Aunque en esta ocasión se emplearon dos lotes de animales de raza Chato Murciano, explotados en intensivo y al aire libre, teniendo en cuenta además que la dieta de estos animales fue distinta a la de la Experiencia I.

V.2.1. Peso vivo al sacrificio y de la canal.

El peso vivo de los animales empleados para la Experiencia II, 125,03 kg para el lote CHE y 119,58 kg para el CHI, fue seleccionado en base a su proximidad a los 120 kg, dado que se corresponde con los valores comerciales que el mercado cárnico demanda, ya que para estas razas tradicionales se utilizan pesos superiores a los habituales de sacrificio para las razas o cruces comerciales. Con estos pesos vivos

superiores se pretende destacar unas propiedades sensoriales y tecnológicas diferentes de esta raza autóctona respecto a los cerdos selectos.

Al igual que el peso vivo, los valores para el peso de la canal caliente (100,52 kg para el lote CHE y 93,07 kg para el lote CHI) y el peso de la canal fría (98,84 kg para el lote CHE y 90,27 kg para el lote CHI) se corresponden con unos pesos similares a los habitualmente empleados en el mercado para esta raza, aunque en los últimos años, el PCC de las razas comerciales aumenta constantemente. En el estudio de las correlaciones (**Anexo I**, Tablas XXXI y XXXII) entre el PV, PCC y PCF se obtuvieron, como era de esperar, unos valores elevados, estadísticamente significativos ($p < 0,05$), cercanos a 1 en todos los casos (0,97-0,99).

A pesar de que el crecimiento y la ganancia media diaria de los animales estudiados no fue un objetivo dentro de la presente Tesis Doctoral, sí merece la pena comentar que los animales de la Experiencia II, los cuales fueron alimentados con un pienso de diferentes características (más rico en proteína y pobre en grasa), mostraron unas claras diferencias respecto a los de la primera, ya que precisaron de menor tiempo para lograr los pesos vivos de sacrificio. Además, aparecieron notables diferencias especialmente en las características de la carne.

V.2.2. Rendimiento de la canal y pérdidas por oreo.

El rendimiento de la canal, tanto en caliente como en frío, y las pérdidas por oreo ocasionadas, van a ser de gran importancia en la industria cárnica y, por ello, estos parámetros han sido frecuentemente objeto de estudio, ya que junto con otros, como los ETD y el porcentaje magro, van a ser los instrumentos para fijar el precio en matadero, siendo fundamentales en la selección de una raza o línea en la producción de materia prima.

A la hora de valorar y, sobre todo, comparar estos resultados entre distintos trabajos, hay que tener en cuenta que el faenado de los animales no siempre es idéntico según el matadero o sala de despiece donde se realiza, porque en ocasiones se elimina la manteca, la cabeza, las pezuñas, u otros elementos que pueden hacer variar notablemente los valores absolutos y relativos. Detalles del despiece que en muchas

ocasiones no vienen especificados en los distintos trabajos. Además, existen otra serie de factores que influyen, y cuya información no siempre está disponible, como son la edad y peso de sacrificio (Tibau et al., 1997; Correa et al., 2006), el sexo (Pugliese et al., 2004b), el sistema de explotación (Danielsen et al, 2000; Sather et al., 1997; Sundrum et al., 2000; Rosenvold y Andersen, 2003; Edwards, 2005) o la alimentación (Wood et al., 2004; Teye et al., 2006), además del tipo de faenado.

En esta experiencia los rendimientos promedio de la canal caliente (ver Gráfico 7) fueron de 80,39% en el grupo CHE y de 77,89% en el grupo CHI; y en el caso de la canal fría de 79,02% para CHE y 75,54% para CHI, valores diferentes a los encontrados por otros autores en razas o cruces comerciales. Las diferencias encontradas entre los dos lotes, donde el lote explotado al aire libre obtiene un mejor rendimiento de la canal, sí resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,01$). Estos resultados coinciden con los obtenidos por diversos autores (Danielsen et al, 2000; Sather et al., 1997; Sundrum et al., 2000) que indican que los animales explotados al aire libre o en sistemas ecológicos ofrecen mejores rendimientos. Sin embargo, Daza et al. (2006) encontraron en cerdos Ibérico que el sistema de explotación en intensivo (77,97%) ofrece un mejor rendimiento de la canal que en extensivo (76,94%), aunque esto podría deberse a que las condiciones en este último sistema no ofrecían de una forma constante y suficiente unos recursos naturales para la alimentación de esos animales.

Los rendimientos de la canal caliente obtenidos en la presente experiencia fueron similares a los referidos por Poto (2003) en cerdos de la raza Chato Murciano explotados en intensivo (79,8%), siendo también sacrificados con un peso medio similar a los de esta experiencia. Los rendimientos en otras razas autóctonas presentan resultados muy variables, y se deben en parte a la ausencia de programas de selección consensuados en estas razas. Según Castro (1953; citado por Barba, 1999) el rendimiento medio de los cerdos en España a mediados de siglo XX estaba próximo al 82%; Torrens (1948) citaba datos del 84,55% para el cerdo Mallorquín, y Sánchez et al. (2001) del 77,67% en el cerdo Celta. En la raza Ibérica, Serra et al. (1998) hallaron un rendimiento del 78,90%, mientras que en cerdos Landrace sólo un 72,57%, aunque hay que tener en cuenta en este caso que el peso de los cerdos Ibéricos fue superior al de los Landrace. Barba et al. (2001) también en variedades de cerdo Ibérico obtuvieron un rendimiento promedio del 83,15%, aunque también a pesos muy elevados (142,2 kg de

PCC). Ramírez y Cava (2006) en el cruce de cerdo Ibérico con Duroc a elevados pesos de sacrificio (149,7-165,9 kg de PV) obtuvieron valores del 78,6-82,8%. Fortina et al. (2005) hallaron en las razas autóctonas Casertana y Mora Romagnola unos rendimientos de canal caliente del 82,3 y 80,4% respectivamente, aunque estos animales fueron sacrificados a pesos muy superiores. En trabajos sobre el cerdo Cinta Senese (Pugliese et al., 2004b; Franci et al., 2005) aparecen unos resultados del 81,13-81,60%.

Considerando trabajos sobre otras razas comerciales, las razas tradicionales (entre ellas el cerdo Chato Murciano) muestran unos rendimientos superiores, aunque también aparecen resultados contradictorios. Franci et al. (2005) hallaron un mejor rendimiento en Large White (82,95 %) que en Cinta Senese (81,13%), y Labroue et al. (2000b) hallaron resultados similares entre varias razas locales francesas (71,8-73,1 %) y la raza Large White (72,8%). En cerdos comerciales, Teye et al. (2006) indicaron rendimientos del 72,98-76,46%, e Infocarne (2006) refiere unos rendimientos de la canal a los 90 kg sin cabeza para diversas razas comerciales de 74,5-77%.

Las pérdidas por oreo obtenidas en la presente experiencia, correspondientes a la disminución del peso de la canal del cerdo después de las 24 horas en refrigeración desde el sacrificio, tuvieron un valor promedio de $2,07 \pm 1,91\%$ para el lote CHE y de $3,01 \pm 0,45\%$ para el CHI, no siendo estadísticamente diferentes ($p < 0,05$). Estos valores fueron superiores en el lote CHI pero inferiores en el CHE que los obtenidos por Poto (2003), quien encontró valores medios de 2,42%. Las diferencias en las pérdidas por oreo, aunque no fueron estadísticamente diferentes dada la elevada desviación estándar, pueden dar lugar a una diferencia en la valoración económica de estas canales.

Respecto al resto de razas tradicionales, el cerdo Chato Murciano produce una canal de unos rendimientos similares, pero superiores al de otras razas comerciales. Mejorándose estos rendimientos en el sistema de explotación al aire libre.

V.2.3. Estudio morfométrico de la canal.

En la comparación de los resultados obtenidos en los distintos parámetros morfométricos (ver Tabla 16) considerando los dos grupos de esta experiencia aparecen diferencias significativas ($p < 0,05$) en la longitud de la pata, donde el grupo CHI midió

62,17 cm frente a los 59,50 cm del grupo CHE y, aunque de forma no estadísticamente significativa, la longitud del jamón del grupo CHI fue más largo, siendo el perímetro máximo del jamón mayor en el CHE, lo que indica un jamón más redondo y voluminoso en el CHE respecto a un jamón algo más estilizado en el CHI. Los resultados de las dos experiencias (I y II) se pueden considerar similares, y con la misma tendencia en todos los parámetros morfométricos estudiados.

El efecto del sistema de explotación sobre los parámetros morfométricos resultó más evidente en la Experiencia I, en la que la mayoría de estos parámetros tuvieron un mayor desarrollo en el sistema de explotación al aire libre, al igual que los resultados de otros muchos autores ya citados anteriormente.

En cuanto al estudio de los coeficientes de correlación de los parámetros morfométricos (**Anexo I**, Tablas XXIX y XXX), hubo una correlación positiva entre éstos y el PCC en todos los casos (excepto LM en el lote CHI), y de forma significativa ($p < 0,05$) especialmente marcada en el lote CHE.

V.2.4. Despiece de la canal porcina.

En el estudio del despiece de la canal porcina en la Experiencia II se han incluido las mismas piezas cárnicas que en la I, como son el lomo, la cabeza de lomo, el solomillo y el jamón, y además, se ha incluido la paleta, la cual, para esta segunda experiencia ha sido añadida dada su importancia económica.

En esta Experiencia II se pueden apreciar unas diferencias en las que destacan los pesos superiores alcanzados por las piezas cárnicas obtenidas en el sistema al aire libre frente a las del intensivo, valores bastante comparables entre sí al tener en cuenta los pesos vivos de sacrificio de partida. Estos resultados concuerdan con las teorías de diversos autores, ya citados anteriormente, donde los animales explotados en sistemas al aire libre o en extensivo obtienen un mayor desarrollo muscular. Este hecho no resultó tan evidente en la Experiencia I, pero hay que considerar los diferentes pesos de las canales de partida entre los distintos lotes.

Todas las medidas del lote CHE resultaron superiores a las del lote CHI, pero sólo el lomo y la cabeza del lomo presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Aquí se destaca este hecho de mayor desarrollo muscular de los lotes al aire libre, ya que a pesar de que no existieron diferencias significativas en la longitud de la canal, donde incluso el lote CHI resultó ligeramente más largo al CHE, las piezas lomo y cabeza del lomo, íntimamente ligadas a la LC, adquirieron un mayor peso en el CHE. Evidentemente, el mayor peso de estas piezas estudiadas del lote explotado al aire libre sobre el sistema intensivo supone una ventaja importante dado el valor de éstas.

Los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXI y XXXII) entre las distintas piezas cárnicas, y entre éstas y PV, PCC y PCF, se mostraron fuertemente positivos, especialmente en el lote CHE.

V.2.5. Estudio del pH de la carne.

Los resultados obtenidos para la Experiencia II vienen expuestos en el Gráfico 8. Estos resultados se pueden considerar similares a los obtenidos previamente en la Experiencia I, aunque en esta ocasión no se vuelve a repetir un pH tan bajo en el lote explotado al aire libre, siendo de todos modos más bajo que en el lote manejado en intensivo. Esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa ($p < 0,05$). De nuevo, en esta ocasión parece repetirse ese mayor estrés presacrificio ya comentado para la primera experiencia que indica una mayor sensibilidad de estos animales. Igualmente, estos valores se encuentran dentro de un rango considerado normal (Warner et al., 1997) alejado de los valores de carnes PSE.

El pH (**Anexo I**, Tablas XXXV y XXXVI) mostró coeficientes de correlación negativos con los valores de L^* (tanto a los 45 minutos como a las 24 horas), incluso de forma significativa ($p < 0,05$) en el lote CHE, que podrían venir explicadas por la relación entre el pH y su influencia en la capacidad de retención de agua y las características posteriores del color (Rosenvold y Andersen, 2003). De hecho, los valores de pH del lote CHE mostraron un coeficiente de correlación negativo ($r = -0,57$, $p < 0,05$) con las pérdidas por goteo, las cuales fueron mayores en el lote CHE; este hecho podría venir dado porque el valor inferior en el pH del lote CHE se acerca a los límites donde se incrementan las pérdidas por goteo, mientras que los valores del pH en

el lote CHI quedarían por encima de ese punto crítico en la evolución de la caída del pH, sin embargo, las pérdidas por oreo no se vieron incrementadas en este lote respecto al CHI.

V.2.6. Estudio del color de la carne.

En el estudio de los diferentes parámetros de color de los dos lotes de la Experiencia II (ver Tabla 18) no aparecieron diferencias significativas entre ellos. Estos valores corresponden con las carnes típicamente rojas y oscuras de las razas porcinas autóctonas (Edwards, 2005). En relación con los resultados obtenidos para la primera experiencia, destaca que en todos los casos los parámetros (L^* , a^* y b^*) de la Experiencia II son superiores a la I, dando una carne algo menos oscura y más roja que la I, donde las dietas diferentes de cada experiencia pueden haber influido. Otros autores sí encontraron diferencias en los parámetros del color según el sistema de explotación empleado, aunque de forma contradictoria (Pugliese et al., 2004a y b), y otros no hallaron diferencias (Hansen et al., 2006).

La correlación entre el PCC y los valores de a^* y b^* comentado para la Experiencia I, no aparece en la II (**Anexo I**, Tablas XXXV y XXXVI). Tampoco aparecen otras correlaciones repetitivas destacadas en los dos lotes.

V.2.7. Estudio de la capacidad de retención de agua.

El estudio de la capacidad de retención de agua en la raza Chato Murciano es abordado por primera vez en la presente Tesis Doctoral, y en concreto en la Experiencia II. Para ello, de las diversas formas o técnicas existentes en valorar esa capacidad, se realizaron dos determinaciones, las pérdidas por goteo y las pérdidas por cocción.

V. 2.7.1. Pérdidas por goteo.

El sistema de explotación afectó a las pérdidas por goteo obtenidas. El lote explotado al aire libre ofreció un porcentaje mayor de pérdidas por goteo ($p < 0,01$), aunque los niveles de ambos lotes pueden ser considerados como bajos. Los valores más bajos en el pH, tanto a los 45 minutos como a las 24 horas tras el sacrificio pudieron probablemente haber influido en estas pérdidas (Gandemer et al., 1990). Enfält et al. (1997) obtuvieron resultados similares, donde unos valores de pH menores en el sistema al aire libre coinciden con unas mayores PG, respecto al lote intensivo. En el estudio de los coeficientes de correlación obtenidos, aparece entre el pH y las PG una correlación negativa estadísticamente significativa ($p < 0,05$) para el lote CHE, mientras que no fue así para el lote CHI; esto podría explicar las mayores pérdidas en el lote CHE debido a que los valores medios del pH estaban en un nivel crítico que pudo afectar más a la CRA en este lote que en el CHI.

Estas pérdidas por goteo concuerdan con los resultados obtenidos por Pugliese et al. (2004a) en la raza Negro Siciliano y Nilzén et al. (2001) en cerdos Hampshire, donde los cerdos explotados en sistemas al aire libre tuvieron mayores pérdidas de agua de la carne cruda. Y contrariamente a los resultados obtenidos en el cerdo Cinta Senese (Pugliese et al., 2004b) donde los cerdos en intensivo tuvieron pérdidas mayores. Fischer et al. (2004b) hallaron unas pérdidas similares en cerdos blancos (Pietrain x Landrace) manejados en intensivo. Algunos autores (Edwards, 2005; Franci et al., 2005) indican que las razas tradicionales producen cantidades menores de exudados durante su almacenamiento que las razas modernas.

V.2.7.2. Pérdidas por cocción.

Los resultados obtenidos para las pérdidas por cocción no se vieron afectados por el sistema de explotación empleado ($p < 0,05$), lo que coincide con los resultados de otros autores (Enfält et al., 1997; Nilzén et al., 2001; Pugliese et al., 2004a), pero al contrario que lo expuesto por Pugliese et al. (2004b) y Sather et al. (1997), quienes en el cerdo Cinta Senese y en cerdos comerciales, respectivamente, hallaron mayores pérdidas por cocción en los animales explotados al aire libre. Rosenvold y Andersen (2003) indicaron que los sistemas de producción al aire libre disminuyen las pérdidas de

agua durante el cocinado. Estos resultados obtenidos para las pérdidas de agua, tanto en fresco como durante el cocinado, pueden considerarse bajos y normales, lejos de las carnes PSE o DFD (Warner et al., 1997).

A la hora de evaluar los resultados entre los distintos trabajos, hay que tener en cuenta que las pérdidas por goteo, al igual que las pérdidas por cocinado, dependen de múltiples factores (Offer and Knight, 1988; Honikel, 1998). Así, por ejemplo, Ramírez y Cava (2006), en un estudio sobre cruces de Ibérico con Duroc, hallaron unas pérdidas por goteo del 4,0-6,0% y unas pérdidas por cocción 6,0-10,4%, pero bajo unas condiciones distintas, donde las PG fueron establecidas para diez días en refrigeración de las muestras, y las PC se realizaron en unas condiciones de temperatura y tiempo diferentes a las del presente trabajo.

En el estudio de los coeficientes de correlación entre las pérdidas por goteo y parámetros como los valores de pH y las pérdidas por cocción no aparecieron valores significativos ($p < 0,05$).

V.2.8. Estudio de la textura.

La evaluación de la textura de la carne de los animales de la presente experiencia fue evaluada solamente de forma objetiva, mediante el empleo de una célula Warner-Bratzler. Los resultados obtenidos, valorados como fuerza máxima y fuerza total aplicada para lograr la sección total de la carne cocinada, no mostraron diferencias significativas debidas al sistema de explotación ($p < 0,05$).

De forma general se considera que las razas modernas tienen una carne más tierna que las razas tradicionales (Danielsen et al., 2000; Wood et al., 2004; Edwards, 2005), y además, más dura en los sistemas al aire libre, siendo sugerido que se debe a la habitualmente menor ganancia media diaria en el sistema ecológico y más marcado en las razas tradicionales, lo que disminuye el potencial glicolítico en el músculo en el momento del sacrificio. Pero lo cierto es que en los sistemas de explotación al aire libre o en extensivo producen en ocasiones una carne menos tierna, mientras que otras veces más dura. Pugliese et al. (2004a) no obtuvieron diferencias en un estudio sobre el cerdo Nero Siciliano según el sistema de explotación; sin embargo, en el cerdo Cinta Senese

(Pugliese et al., 2004b) el lote de cerdos explotados al aire libre sí que dio unos valores superiores en la resistencia al corte, siendo esta carne más dura. Hansen et al. (2006) con cerdos comerciales, obtuvieron resultados similares en la textura evaluada de forma sensorial en cerdos explotados al aire libre y en intensivo alimentados *ad libitum* con pienso comercial, sin embargo, otro lote de cerdos explotados al aire libre alimentado con parte de ensilado, ofrecieron una carne menos tierna. Nilzén et al. (2001) tampoco hallaron diferencias en la textura en cerdos Hampshire mantenidos en los sistemas al aire libre e intensivo.

Franci et al. (2005) al evaluar la resistencia al corte en cerdos de raza Cinta Senese, Large White y cruzados Cinta Senese x Large White, encontraron una carne más resistente al corte en los cerdos Cinta Senese, siendo la de los cerdos Large White la más blanda, y quedando el lote cruzado en términos intermedios. Fischer et al. (2006b) en un trabajo realizado sobre cerdos de cruces comerciales (Pietrain x Landrace) obtuvieron valores de resistencia al corte inferiores a los dos lotes de la presente experiencia, habiendo sido realizada esa determinación de forma muy similar a nuestro protocolo.

Al igual que para las pérdidas por goteo y las pérdidas por cocción, para la evaluación de la textura, las condiciones de realización son muy importantes y determinantes de los valores que se van a obtener (Honikel, 1998), de modo que la comparación de los valores absolutos obtenidos con los de otros autores debe ser evaluado con precaución.

Como era de esperar, los valores de resistencia al corte (F_{max} y F_{total}) mostraron una elevada correlación positiva entre ellos ($r = 0,98$ para CHI y $r = 0,94$ para CHE; $p < 0,05$). Además, las pérdidas por goteo y las fuerza total y fuerza máxima mostraron una correlación negativa estadísticamente significativa ($p < 0,05$) para el lote CHE, mientras que fue positiva (aunque no estadísticamente significativa) para el CHI, lo que pudo deberse al efecto que ejercieron los valores de pH, y los niveles en los que éste se encontraba, sobre las pérdidas por goteo.

V.2.9. Estudio de la grasa.

V.2.9.1. Espesores de tocino dorsal.

El sistema de explotación empleado para los lotes de la Experiencia II no dio lugar a diferencias significativas ($p < 0,05$) en los espesores de tocino dorsal, aunque los valores para el lote CHE fueron superiores a los del CHI (ver Tabla 19). Contrariamente a lo ocurrido en la Experiencia I, donde el lote CH explotado en intensivo dio lugar a unos ETD1 y ETD2 notablemente superiores a los del lote CHE; también otros autores como Pugliese et al. (2003) y Daza et al. (2006) hallaron mayores ETD1 o ETD2, respectivamente, en el sistema intensivo.

Estos elevados datos, como ya ha sido comentado previamente, corresponden con los encontrados en las razas tradicionales (Edwards, 2005), y son similares a los de la Experiencia I y a los de otros trabajos en esta raza (Poto, 2003).

En esta ocasión se puede comprobar que en el cerdo Chato Murciano el nivel de ETD permanece de una forma independiente a la dieta recibida. Se podría haber esperado una reducción en esos espesores con una dieta pobre en grasa, sin embargo hemos apreciado que se mantienen, mientras que sí se produjo una bajada en los niveles de grasa IM. Otros autores (Wood et al., 2004; Teye et al., 2006) encontraron en trabajos con razas comerciales una disminución en los ETD al aplicar dietas ricas en proteína y bajas en grasa.

Al igual que en la Experiencia I, en la II, los ETD mostraron entre sí fuertes correlaciones positivas (**Anexo I**, Tablas XXXIII y XXXIV), aunque no de forma significativa en el lote CHI. También existen correlaciones positivas con el peso vivo y el PCC, con lo se vuelve a mostrar que un aumento en el peso de los animales se corresponde con un aumento de los ETD, aunque también en este caso, de forma menos marcada en el lote CHI. Los parámetros morfométricos y los ETD no mostraron ninguna correlación que resultara estadísticamente significativa, siendo estas correlaciones mucho menos importantes que en la Experiencia I, y en la que el lote CHI también ofreció valores cercanos a 0.

V.2.9.2. Grasa intramuscular.

El sistema de explotación no influyó de forma significativa ($p < 0,05$) en las cantidades de grasa IM de los lotes de la Experiencia II, aunque el lote CHE mostró una mayor cantidad (3,21 % frente a 2,65%). Está tradicionalmente aceptado que las razas autóctonas, y más aún, los animales explotados al aire libre producen mayores niveles de grasa IM (Rosenvold y Andersen, 2003; Edwards, 2005). Pugliese et al. (2004a y b) hallaron niveles superiores en grasa IM en los animales de raza Cinta Senese y Nero Siciliano explotados al aire libre. Sin embargo, otros autores obtuvieron resultados contradictorios a este respecto; así, Sather et al. (1997) indicaron en un trabajo que no hubo influencia de forma significativa sobre el porcentaje de grasa IM en el sistema al aire libre frente al intensivo en el músculo semimembranoso, al igual que Gandemer et al. (1990) y Hansen et al. (2006) en otros estudios y referidos sobre el músculo LI; e incluso, Enfält et al. (1997) mostraron una tendencia a unos niveles más bajos en el contenido en grasa IM en el músculo LI en los cerdos manejados en sistemas al aire libre.

Ya ha sido comentado previamente las numerosas publicaciones que demuestran la relación entre los niveles de grasa IM y otros muchos factores como son las condiciones de alimentación y de manejo, la edad y peso de sacrificio, sexo,... Si comparamos los resultados obtenidos en esta experiencia con los obtenidos en la I, vemos que existe una gran diferencia entre ambas; e incluso, si los comparamos con los resultados hallados por Poto (2003). Los bajos niveles de grasa IM hallados en la Experiencia II deben ser atribuidos a la dieta recibida por los animales, que, como se ha descrito anteriormente, es rica en proteína y pobre en grasa; incluso el contenido en lisina de la dieta (0,86 % en la Experiencia II frente a 0,74 % en la I) pudo haber sido importante en el contenido de grasa IM desarrollado; otros autores (Witte et al., 2000; Glodek et al., 2001; Bidner et al., 2004) ya indicaron esa relación. En la discusión de la primera experiencia se exponen ya las indicaciones de lo que otros autores entienden como niveles óptimos en el contenido de grasa IM (Fernandez et al., 1999; Reixach, 2004; etc), tanto para venta en fresco como los niveles de grasa en carnes que suelen ser destinadas a productos transformados. Podríamos decir que estos niveles obtenidos en la Experiencia II podrían estar más indicados para la venta de la carne en fresco, ya que no ofrecen un aspecto tan engrasado como las de la Experiencia I, pero de todos modos se

encuentran en unos niveles superiores a los habitualmente comercializados para otras razas, y que seguirían proporcionando unos productos transformados de muy buena calidad.

De igual forma que en la primera experiencia, en cuanto al estudio de las correlaciones halladas (**Anexo I**, Tablas XXXVII y XXXVIII), no se dio de una forma repetida ninguna correlación significativa, al igual que la correlación entre el contenido en grasa IM y el PCC fue positiva, pero no de forma estadísticamente significativa ($p < 0,05$). En relación con los ácidos grasos, destacaron en el lote CHE la correlación positiva entre el contenido en grasa IM y el nivel de AGS IM y negativa con el contenido en AGP IM, sin embargo esto no ocurrió en el lote CHI; el resto de correlaciones con los ácidos grasos no mostraron resultados repetitivos.

V.2.10. Estudio del perfil de ácidos grasos.

Existen numerosos trabajos que indican la influencia en el perfil de ácidos grasos de diversos factores como la dieta (Raimondi et al., 1975; Asghar et al. 1990; Wood et al., 2003; Edwards, 2005; Nuernberg et al., 2005; Teye et al., 2006) y el genotipo (Wood et al., 2003; Rosenvold y Andersen, 2003; Franci et al., 2005; Edwards, 2005); factores que en esta experiencia fueron idénticos para los dos lotes de estudio, aunque con la salvedad de que los lotes al aire libre tuvieron un acceso a cantidades limitadas de hierba. De modo que las diferencias halladas en el perfil de ácidos grasos deben ser atribuidas al sistema de explotación (Lebret et al., 2002; Rosenvold y Andersen, 2003; Edwards, 2005) y las variaciones ligadas a él, tales como el ejercicio físico, una mayor exposición a las condiciones ambientales, la posibilidad de hozar en la tierra y la situación de bienestar animal.

Rosenvold y Andersen (2003) indicaron la influencia del sistema de explotación y la composición en ácidos grasos de la carne, donde la carne de los animales explotados al aire libre, incluyendo los de producción ecológica, es más rica en ácidos grasos insaturados, comparada con la del sistema intensivo, debido fundamentalmente a las fuentes naturales de alimentos ricas en ácidos grasos insaturados. En nuestra experiencia, los animales explotados al aire libre, dispusieron de una amplia superficie,

pero limitada, en la que los recursos naturales (hierba y raíces) fueron muy escasos, por lo que debieron ejercer poca influencia.

En la evaluación de los resultados obtenidos en el perfil de ácidos grasos es necesario comparar con los de otros trabajos en diversas razas, tanto tradicionales como modernas (ver Tablas 26 y 27). Una de las razas tomadas como referencia es el cerdo Ibérico, el cual tiene asociado un perfil de ácidos grasos típico (muy rico en AGM, especialmente en oleico), pero que sólo se produce bajo el sistema de explotación tradicional en montanera y la dieta que así el animal consigue; existen otros trabajos en esta misma raza pero en condiciones diferentes, en sistemas intensivo, o en sistemas al aire libre y suplementados con pienso, que se quedan lejos de los mismos resultados que en el sistema de explotación tradicional. Otras razas, como el Nero Siciliano (Pugliese et al., 2004a), explotadas en condiciones similares consiguen también grandes diferencias.

En la evaluación y discusión de los resultados obtenidos en la composición de los ácidos grasos, será expuesto en primer lugar lo referente al tocino dorsal, y posteriormente a la grasa IM.

V.2.10.1. Tocino dorsal.

Los resultados obtenidos en el perfil de ácidos grasos en el tocino dorsal de los dos lotes estudiados (ver Tabla 20) muestran diferencias estadísticamente significativas. Además, en el total de AGS y AGM aparecen diferencias significativas. El lote CHI muestra niveles superiores en AGM ($p < 0,001$) y, de forma no significativa, en AGP, mientras que en el lote CHE el nivel de AGS es superior ($p < 0,001$). Diferencias que deben ser atribuidas a los sistemas de explotación empleados, y a las condiciones derivadas de ello.

Llama especialmente la atención, que el lote explotado en intensivo (CHI) muestra unos niveles superiores al lote CHE en cuanto al total de AGM y AGP, cuando diversos autores indican la tendencia contraria en estos sistemas de explotación (Rosenvold & Andersen, 2003; Pugliese et al., 2004b; Edwards, 2005; Hansen et al.,

2006). Sin embargo, Pugliese et al. (2004a) en el cerdo Nero Siciliano hallaron en el sistema al aire libre niveles superiores de AGM, pero menores de AGP.

Las diferencias encontradas en el total de ácidos grasos, se deben fundamentalmente a las diferencias halladas en los ácidos oleico, palmítico y esteárico.

Tabla 26. Perfil de ácidos grasos de la grasa de tocino dorsal en diferentes razas porcinas.

	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	AGS	AGM	AGP
Ibérico / Serra et al. (1998)	22,98	2,69	9,93	48,98	12,11	34,79	51,67	13,50
Landrace / Serra et al. (1998)	20,60	2,99	9,47	46,50	16,15	32,16	49,50	18,21
IbéricoxDuroc / Ramírez y Cava (2006)	24,47	-	13,10	46,23	10,17	38,23	50,30	11,43
Ibérico / Estévez et al. (2006)*	18,3	2,01	8,01	57,4	8,85	27,8	61,4	10,8
Blanco / Estévez et al. (2006)	22,1	2,36	12,8	46,8	10,7	36,6	50,7	12,7
Cinta Senese indoor / Pugliese et al. (2004b)	24,00	1,99	10,45	50,35	9,53	36,07	53,30	10,63
Cinta Senese outdoor / Pugliese et al. (2004b)*	21,06	1,48	9,00	52,84	11,58	31,40	55,08	13,52
Nero Siciliano indoor / Pugliese et al. (2004a)	25,74	3,66	10,93	42,90	9,18	38,31	47,24	14,45
Nero Siciliano outdoor / Pugliese et al. (2004a)*	24,93	4,07	9,45	48,68	7,08	35,81	53,33	10,85
Casertana / Fortina et al. (2005)	23,95	2,93	13,74	43,05	11,07	39,97	48,23	11,78
Mora Romagnola / Fortina et al. (2005)	23,86	2,24	15,42	43,55	10,33	41,31	47,63	11,04
Creole / Renaudeau y Mourot (2007)	25,2	-	13,4	39,8	14,3	40,7	43,0	16,0
Large White / Renaudeau y Mourot (2007)	24,8	-	12,2	36,8	18,5	38,9	40,3	20,7
Pietrain x Landrace / Fischer et al. (2006a)	25,1	2,7	12,4	41,4	11,9	40,0	45,3	13,9

* En estas experiencias, los lotes explotados al aire libre tuvieron acceso a amplias superficies con alimentación basada en los recursos naturales donde los animales eran mantenidos.

En la valoración e interpretación de los resultados en conjunto obtenidos es necesario compararlos con los de otros trabajos (ver Tabla 26) realizados en otras razas, tanto tradicionales como modernas.

Las razas tradicionales tienen en general mayores niveles de tocino dorsal, con una grasa más firme, más rica en AGS y AGM, y más pobre en AGP (Labroue et al., 2000b; Edwards, 2005). Un caso especial es el cerdo Ibérico, con una gran capacidad para acumular elevadas cantidades de AGM, dando lugar especialmente, a una disminución en el nivel de AGS; aunque depende en gran medida del sistema de explotación empleado y de la dieta que los animales consiguen. Se pueden observar importantes diferencias entre los diversos trabajos y razas, y además, una influencia importante del sistema de explotación.

Los niveles de AGP hallados se consideran por debajo del límite del 15% establecido como a partir del cual la consistencia de la grasa y la estabilidad oxidativa de la misma se vería afectada negativamente (Warmants et al., 1996), es por ello, que la distribución en el perfil de ácidos grasos obtenida se puede considerar adecuada.

V.2.10.2. Grasa intramuscular.

Los resultados obtenidos en el perfil de ácidos grasos en la grasa IM del músculo longísimo lumbar de los dos lotes estudiados (ver Tabla 21) muestran diferencias estadísticamente significativas en numerosos ácidos grasos. Se puede apreciar la existencia de numerosas diferencias en los niveles de ácidos grasos, tanto de forma individual, como agrupados en AGS, AGM y AGP.

Siguiendo una distribución en los resultados similar a los obtenidos para la grasa subcutánea, en la grasa intramuscular, el lote CHI obtuvo menores niveles en AGS, y mayores en AGM y AGP.

En la Tabla 27 aparecen los resultados obtenidos por otros autores en otras razas, en los sistemas de producción intensivo y al aire libre, a nivel de grasa IM. Podemos observar que los lotes de cerdo CH muestran unos valores que corresponden con los de las razas autóctonas, con unos bajos niveles de AGP, y elevados en AGM. Fischer et al.

(2006b) indicaron que el nivel de AGP no debe superar el 12-14% de la carne, cuando ésta se destina a formar parte de productos transformados, debido fundamentalmente a que un nivel elevado de AGP puede dar lugar a carnes y productos cárnicos clasificados como “blandos”, afectando además la estabilidad del producto al aumentar los procesos de oxidación y enranciamiento, perjudicando la calidad tecnológica (Wood y Enser, 1997; Bryhni et al., 2002; Wood et al., 2003; Rosenvold y Andersen, 2003).

Tabla 27. Perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular en diferentes razas porcinas.

	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	AGS	AGM	AGP
Ibérico / Estévez et al. (2006)*	22,5	3,02	10,8	52,4	6,74	34,8	56,7	8,54
IbéricoxDuroc / Ramírez & Cava (2006)	24,2	-	12,7	48,63	5,8	38,6	53,67	7,7
Blanco / Estévez et al. (2006)	24,8	2,48	15,5	42,8	9,05	42,3	46,7	11,0
Blanco / Monziols et al. (2007)	27,01	2,28	16,76	39,49	12,01	45,12	41,93	12,95
Creole / Renaudeau & Mourot (2007)	26,4	-	13,9	46,2	6,3	41,9	50,2	7,9
Large White / Renaudeau & Mourot (2007)	25,9	-	13,5	41,0	10,6	41,2	45,0	13,8
Hampshire indoors / Nilzén et al. (2001)	24,91	3,14	10,55	44,12	9,69	36,9	48,2	12,4
Hampshire outdoors / Nilzén et al. (2001)	23,96	2,81	9,83	44,61	11,13	35,0	47,7	14,2

* En esta experiencia, los lotes explotados al aire libre tuvieron acceso a amplias superficies con alimentación basada en los recursos naturales de donde los animales eran mantenidos.

Nota: Todas estas referencias utilizaron el músculo longísimo lumbar, excepto Nilzén et al. (2001) que tomaron el *biceps femoris*.

Numerosos trabajos (Wood et al., 2004; Galián et al., 2005b; Ramírez y Cava, 2006; Fischer et al. 2006b; Teye et al., 2006; Monziols et al., 2007) indican una relación entre los niveles de engrasamiento de la canal y los niveles de grasa IM con la distribución en el perfil de ácidos grasos, de manera que al aumentar ese nivel graso, aumenta el nivel de AGS y disminuye el nivel de AGP. Estos resultados coinciden con los nuestros, ya que en el estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXVII y XXXVIII), aparece frecuentemente una relación entre un aumento en los

niveles de ETD y un aumento en el nivel de AGS y disminución en AGP tanto en músculo como en tocino dorsal, siendo este efecto más claro en el lote CHE. El porcentaje de grasa IM muestra de forma estadísticamente significativa en el lote CHE una correlación positiva con los AGS y negativa con los AGP, mientras que no fue así en el lote CHI. También, como era de esperar, los niveles de AGS muestran una correlación negativa con los AGM y AGP, y positiva entre los insaturados. Destaca también la correlación positiva estadísticamente significativa en el lote CHI entre los parámetros de fuerza (Fuerza Máxima y Fuerza Total) y los niveles de AGP en músculo; lo que no sucedió en el lote CHE, y que es contraria al hecho de que los AGP dan lugar a una grasa más blanda y de menor consistencia, lo que debería favorecer una menor resistencia al corte.

Teniendo en cuenta que la carne de Chato Murciano se destina frecuentemente a la elaboración de ese tipo de productos con procesos de curación largos (Peinado et al., 2004; Poto et al., 2007), y que además requieren unas condiciones y unas características determinadas de la materia prima (Ventanas et al., 2003), la distribución del perfil de ácidos grasos debe ser considerada como adecuada para esa finalidad.

V.2.11. Estudio de la composición mineral.

V.2.11.1. Determinación de cenizas.

Los valores obtenidos en la cantidad de cenizas del músculo Ll en la Experiencia II (1,20% para el lote CHE, y 1,10% para el lote CHI) resultaron ser mayores ($p < 0,001$) en el lote mantenido al aire libre, lo que podría implicar un elevado contenido mineral total en la carne fresca, pero ello no dio lugar a una clara tendencia en el contenido de los minerales estudiados. Estas diferencias en el contenido en cenizas son similares a los resultados obtenidos por Pugliese et al. (2004b) en el cerdo Cinta Senese (1,16% al aire libre frente a 1,08% en intensivo), sin embargo, Pugliese et al. (2004a) en el cerdo Nero Siciliano y Nilzén et al. (2001) en cerdos Hampshire no hallaron diferencias significativas según el sistema de explotación; y también, esos niveles resultaron mayores que los obtenidos por Estévez et al. (2006) en cerdos Ibérico (0,81%) y Blanco (0,74%).

V.2.11.2. Determinación mineral.

Al igual que en la Experiencia I, el sistema de explotación influyó notablemente en los niveles minerales en el músculo Ll. Solamente el calcio no mostró diferencias entre los dos lotes. El grupo explotado al aire libre mostró niveles más elevados ($p < 0,05$) en Mg, P y K, y el grupo manejado en intensivo mostró niveles superiores en hierro, cobre y zinc; diferencias entre lotes muy similares a las de la Experiencia I. Los grupos explotados en intensivo (CHI y CHxIBI) mostraron niveles mayores en hierro, cobre y zinc, y menores niveles de magnesio, fósforo y potasio que el grupo manejado al aire libre (CHE y CHxIBE). En esta experiencia las diferencias son similares a la I, sólo que los niveles de hierro y cobre aún siendo elevados, no lo son tanto, aunque sí con la misma tendencia, diferencias debidas probablemente a una composición distinta de la dieta. En esta ocasión volvemos a atribuir los elevados niveles de hierro y cobre al elevado metabolismo oxidativo de la fibra muscular en el genotipo Chato Murciano (Poto, 2003) y a la mayor edad y pesos de sacrificio (Estévez et al., 2006; Fischer et al., 2007b), ya que en esta experiencia los animales fueron sacrificados con 7-8 meses de edad, cuando los cerdos comerciales son habitualmente sacrificados con 5-6 meses.

Las cantidades de minerales hallados en la Experiencia II, considerando los resultados de otros autores y tablas de composición de alimentos ya citados anteriormente, resultaron ser elevados en Mg, Fe, Cu, P y K, y con unos niveles similares en Ca, Zn y Na. Al comparar con la Experiencia I se pueden apreciar algunas diferencias. Los elevados niveles de fósforo y, sobre todo, hierro y cobre, permanecen constantes.

En cuanto al estudio de los coeficientes de correlación (**Anexo I**, Tablas XXXV y XXXVI), el lote CHE obtuvo similares resultados a los de la Experiencia I en las correlaciones entre los diversos minerales; sin embargo, en el lote CHI, ciertos niveles de minerales mostraron algunas correlaciones contrarias a las tendencias obtenidas en los otros grupos, como en el caso del Ca y Mg, y Ca y P. En esta ocasión vuelve a aparecer esa ausencia de correlación entre el hierro y la coordenada de color a^* , tanto a los 45 minutos como a las 24 horas.

VI. CONCLUSIONES

1. El rendimiento de la canal del cerdo Chato Murciano se sitúa en porcentajes superiores a los de cerdos de cruces comerciales, y similar a otras razas autóctonas. Los animales explotados al aire libre ofrecen unos rendimientos de la canal superiores a los de intensivo.
2. El estudio morfométrico de la canal revela que el cruce con Ibérico proporciona jamones más alargados, mientras que los animales Chato Murciano proporcionan piezas cárnicas más redondeadas, dato especialmente interesante en el caso del jamón.
3. El sistema de explotación influye en los parámetros morfométricos, favoreciéndose en el sistema al aire libre el desarrollo muscular de los animales, aumentando el valor económico de esas canales.
4. El cerdo Chato Murciano muestra un elevado peso de las piezas cárnicas de alto valor económico, normalmente superiores a los de otras razas autóctonas, pero inferiores a los de las razas comerciales. El peso de estas piezas cárnicas de los animales Chato Murciano es superior al del cruzado con Ibérico, excepto en el peso del jamón. El sistema de explotación al aire libre produce un mayor desarrollo de esas valiosas piezas cárnicas.
5. El cerdo Chato Murciano explotado al aire libre resulta sensible al estrés presacrificio por motivos de consanguinidad y manejo, ofreciendo valores de pH postmortem más bajos (aunque no patológicos) que los explotados en intensivo y que aquellos animales cruzados con Ibérico; eliminándose estos problemas al reducir la elevada consanguinidad.
6. El cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico posee una carne con un color similar al de las razas autóctonas, roja y oscura. El sistema de explotación da lugar a diferencias en los parámetros del color, pero no ofrece una tendencia concluyente.
7. Las pérdidas por goteo y las pérdidas por cocción de la carne de cerdo Chato Murciano presentan valores bajos. El sistema de explotación al aire libre tiene mayores pérdidas por goteo, lo que puede deberse a un pH más bajo.
8. La carne de Chato Murciano es más consistente que la de las razas comerciales, no ejerciendo el sistema de explotación influencia alguna.

9. El genotipo empleado (cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico) da lugar a diferencias en las medidas del espesor de tocino dorsal, las cuales destacan por su amplitud.
10. La composición mineral del músculo longísimo lumbar se ve afectada por el genotipo (CH o CHxIB), el sistema de explotación empleado (al aire libre o intensivo), y la dieta recibida por los animales. Destacan los elevados niveles de hierro y cobre.
11. La dieta influye en las características de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano, afectando al desarrollo físico del animal, el color de la carne, la composición mineral, y de una forma marcada al contenido en grasa intramuscular.
12. El cerdo Chato Murciano explotado al aire libre presenta mejores resultados, dando lugar a un mejor y más rápido desarrollo, proporcionando piezas cárnicas de alto valor económico de mayor peso y tamaño.
13. El perfil de ácidos grasos tiene una distribución adecuada para la producción de carnes y productos transformados, ya que, dado el bajo nivel de AGP, dará lugar a una grasa consistente y estable a procesos de oxidación y enranciamiento.
14. Las características morfométricas, los niveles de grasa intramuscular y su composición en ácidos grasos indican que el cerdo Chato Murciano proporciona piezas cárnicas de alto valor tecnológico, capaces de soportar largos procesos de transformación.

VII. RESUMEN

El cerdo Chato Murciano es una raza en peligro de extinción, sobre la que se ha basado la presente Tesis Doctoral. Se estudiaron parámetros de calidad de la canal y de la carne de esta raza autóctona de la Región de Murcia, cerdo Chato Murciano, y sus cruces con cerdo Ibérico, bajo los sistemas de explotación intensivo y al aire libre. Para ello se diseñaron dos experiencias. Una primera experiencia sobre 80 animales divididos en 4 lotes, Chato Murciano y Chato Murciano cruzados con Ibérico manejados en sistemas intensivo y al aire libre; y una segunda experiencia sobre 32 animales de raza Chato Murciano manejados en los mismos sistemas. La segunda experiencia ha sido más completa por haber sido posible la incorporación de nuevas técnicas en el desarrollo de la presente Tesis Doctoral. El diseño experimental ha sido planteado exclusivamente con cerdos castrados, que fueron sacrificados a edades similares.

En la metodología, sobre los animales vivos y sus canales han sido tomadas las siguientes medidas: peso vivo, peso de la canal caliente y fría, rendimientos de canal, pérdidas por oreo, medidas morfométricas, pesos de piezas nobles y espesores de tocino dorsal. Adicionalmente, tomando el longísimo lumbar como músculo de referencia, se realizaron las determinaciones sobre parámetros de calidad de carne: pH y color, porcentaje de grasa intramuscular, pérdidas por goteo, pérdidas por cocción, resistencia al corte, composición mineral, y perfil de ácidos grasos en tocino y músculo.

De los resultados obtenidos concluimos que la producción del cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico al aire libre mejora los rendimientos y desarrollo muscular de los animales; apareciendo mejores resultados en los animales Chato Murciano respecto a los cruzados con Ibérico a pesos similares de sacrificio. El cerdo Chato Murciano explotado al aire libre alcanzó un rendimiento de la canal caliente del 80,39%, el lote en sistema intensivo del 77,89%; y el rendimiento en frío fue del 79,02 y 75,54%, respectivamente. Los animales Chato Murciano mantenidos al aire libre muestran un mayor estrés presacrificio que en intensivo, problema que, siendo atribuido a la elevada consanguinidad, desaparece en los animales cruzados.

La composición mineral se ve influida por el genotipo, el sistema de explotación y la dieta recibida por los animales, siendo de especial interés los elevados niveles de hierro y cobre en carne, obteniendo hasta 8,15 mg / 100 gr de hierro en el lote cruzado,

y hasta 4,61 mg / 100 gr en el de Chato Murciano; y en el caso del cobre, llegando hasta 0,55 mg / 100 gr en el lote cruzado, y hasta 0,42 mg / 100 gr en el de Chato Murciano.

Todos los lotes se caracterizaron por un elevado engrasamiento de la canal, con amplios espesores de tocino dorsal (desde 48,25 hasta 57,69 mm en ETD1). El estudio de la composición en ácidos grasos, tanto en tocino dorsal como en grasa intramuscular, reveló unos niveles de ácido oleico comprendidos entre 40,50 y 47,10%, y de ácidos grasos poliinsaturados comprendidos entre 7,20 y 10,31%.

Dada esta distribución de ácidos grasos y los niveles totales de grasa junto con el resto de valores de pesos, características morfométricas y parámetros de calidad de carne obtenidos, podemos afirmar finalmente que el cerdo Chato Murciano proporciona piezas cárnicas de alto valor tecnológico, capaces de soportar largos procesos de transformación.

VIII. ENGLISH SUMMARY

The Chato Murciano pig, which has been the basis for this Doctoral Thesis, is an autochthonous pig breed from the Region of Murcia which is in danger of extinction. The objective of this thesis was the study of the quality parameters for the carcass and the meat of the Chato Murciano, and its cross with the Iberian pig, in both indoor and outdoor farming. Two studies were designed for this purpose. The first study was based on 80 pigs divided into 4 groups, Chato Murciano and Chato Murciano crossed with Iberian pig reared indoors and outdoors. The second study was on a group of 32 Chato Murciano pigs reared in the same systems and was more complete because of the inclusion of new techniques. All the pigs for the thesis were castrated males which were slaughtered at similar ages.

The methods used were those necessary to take the following measurements in live animals and carcasses: live weight, hot and cold carcass weight, carcass yields, storage weight losses, morphometric parameters, weight of most valuable meat cuts and dorsal fat thicknesses. In addition, taking the Longissimus lumbar muscle as our reference, we tested for the following meat quality parameters: pH and colour, intramuscular fat percentage, drip losses, cooking losses, shear force, mineral composition and fatty acid profile in muscle and backfat.

From the results obtained we can conclude that rearing the Chato Murciano and its cross with Iberian pig outdoors improves the carcass yields and the muscular development in the animals, with better results in the Chato Murciano pigs when compared to the cross with the Iberian with similar slaughter weights. The Chato Murciano pig reared outdoors reached a hot carcass yield of 80.39%, and that reared indoors of 77.89%. The cold carcass yield was of 79.02 and 75.54%, respectively. The Chato Murciano pigs reared outdoors show a greater pre-slaughter stress than the indoor group, a problem that, being probably due to the high consanguinity of the breed, disappears in the crossed animals.

Genotype, rearing system and diet influence the mineral composition. The high iron and copper levels found in meat are especially interesting: the levels of iron were of up to 8.15 mg / 100gr in the crossed group, and up to 4.61 mg / 100gr in the Chato Murciano group; and in the case of copper, up to 0.55 mg / 100gr in the crossed, and up to 0.42 mg / 100gr in the Chato Murciano group.

All the groups showed highly fatty carcasses, with broad dorsal fat thicknesses (from 48.25 to 57.69 mm in DFT1). The study of the fatty acid composition, either in backfat or intramuscular fat showed oleic fatty acid levels between 40.50 and 47.10%, and polyunsaturated fatty acid levels between 7.20 and 10.31%.

Taking into account the fatty acid profile and the total levels of fat, together with the rest of the values obtained for weight, morphometric characteristics and meat quality parameters, we can state that the Chato Murciano pig supplies high quality meat pieces, suitable for long transformation processes.

IX. EXTENDED SUMMARY

INTRODUCTION.

The Chato Murciano pig is catalogued as a Special Protection breed in danger of extinction. This pig has been reared in the south-east of Spain from the beginning of the 20th century (B.O.E. 21/11/1997, R.D. 1682/1997). It has traditionally constituted a source of high sensory and nutritional quality meat, either fresh or cured, with an important socioeconomic influence in the Region of Murcia.

This pig is a magnificent transformer of a great variety of food, such as farming subproducts and the residue produced in normal crop rotation, as well as domestic leftovers from family farms in the *huerta* (market garden) and irrigated areas (Peinado et al., 2001). This breed stands out because of its rusticity; it is genetically adapted to the local conditions and extensive production systems, and undergoes few welfare problems. Nowadays, the Chato Murciano pig is commonly reared indoors (conventional intensive system), but also in outdoor systems, and in all cases, they receive commercial fodder (Peinado et al., 2004).

The Chato Murciano pig used to be the source of the raw material used in the making of all kinds of meat products, but with the arrival of the commercial cross-breeds, the meat and many of the traditional meat products obtained from this autochthonous breed were no longer produced. The breed was substituted, not only because of its lower productive capacity, but also because of the change in consumer habits, as they looked for a leaner meat, and because of the lack of any serious studies on the true quality which was beginning to be lost.

In recent years, national and international institutions (European Union, FAO, UN, etc.) have increased their interest in maintaining world diversity, and, to that end, they are supporting Conservation and Recovery programs, thus numerous studies have been performed to evaluate its industrial use. In the specific case of the Chato Murciano pig, the number of animals is increasing due to the help of Regional (Murcian) and National (Spanish) programs, and to the new tendency, thanks to which many consumers, restaurants and industries have once again begun to demand and produce these traditional meat products.

Many factors vary depending on the rearing system, such as climatic variations and the physical activity offered to the animals, which may influence carcass and muscle traits and consequently, meat quality (Lebret et al., 1999). Many modern breeds are adapted to the indoor rearing systems, but this is not the case of a lot of autochthonous pig breeds, like the Chato Murciano pig, which is adapted to the local conditions and extensive production systems (Poto et al., 2007).

The production system has been shown to influence a number of different changes in the meat characteristics, conventional pork production systems when compared to the traditional production system provide a meat which is tenderer (Danielsen et al., 2000) with a lower intramuscular fat content (Sundrum et al., 2000), with a lower composition in unsaturated fatty acids and vitamin E (Hansen et al., 2000; Nilzén et al., 2000), and a decreased lean yield (Sather et al., 1997).

During recent years consumers have become more concerned about such factors as ethical animal production, animal welfare, organic farming and the sensory characteristics of meat. Hence, new forms of production, such as the outdoor or free-range rearing systems, environmentally enriched production, and the use of natural feeds have become much more interesting for the pig industries (Rosenvold & Andersen, 2003).

Considering that resources for conservation are scarce, breed performance has been suggested as an important criterion in the selection of breeds for conservation (Ruane, 1999). Moreover, performance evaluation may reveal characteristics of the breed that can be used to increase its economic value and, consequently, its self-sustainability (Pugliese et al., 2003).

The **hypothesis** of the present Doctoral Thesis was:

- The Chato Murciano pig produces better carcass and meat quality traits in the outdoor than in the indoor rearing systems.
- The Chato Murciano crossed with the Iberian pig develops less consanguinity problems, thus improving the carcass and meat quality traits.
- The Chato Murciano pig varies its carcass and meat quality traits when the diet composition was varied.

The **aim of the present Doctoral Thesis** was to improve our knowledge of the autochthonous pig breed of the Region of Murcia, the Chato Murciano pig, and its cross with the Iberian pig. We were particularly interested in the study of its carcass and meat quality traits, and their relation to the rearing systems (outdoors or indoors). All this was performed as a part of a project that tries to guarantee the survival and future of this autochthonous pig breed of the Region of Murcia.

MATERIALS AND METHODS.

The study for the Doctoral Thesis was divided into two parts. The animals from the first part were slaughtered at the end of 2004, and those from the second part of the study slaughtered at the end of 2006.

Part I.

A total of 80 pigs, all castrated males, were selected and divided into four groups. All of them slaughtered at a similar age. The groups consisted of:

- **Group 1 (CHE):** 22 pigs from the Chato Murciano breed reared in an outdoor system, with an average hot carcass weight (HCW) of 100.38 kg.
- **Group 2 (CHI):** 16 pigs from the Chato Murciano breed reared in an indoor system, with an average HCW of 110.29 kg.
- **Group 3 (CHxIBE):** 15 pigs from the Chato Murciano breed crossed with Iberian pig reared outdoors with an average HCW of 90.94 kg.
- **Group 4 (CHxIBI):** 27 pigs from the Chato Murciano breed crossed with Iberian reared in an indoor system, with an average HCW of 114.32 kg.

Part II.

For the second part of the study, a total of 32 Chato Murciano pigs, all castrated males and slaughtered at similar ages, were divided into two groups:

- **Group 1 (CHE):** 20 pigs from the Chato Murciano breed reared in an outdoor system, with an average HCW of 100.52 kg.
- **Group 2 (CHI):** 12 pigs from the Chato Murciano breed reared in an indoor system, with an average HCW of 93.07 kg.

We could not use a greater number of pigs due to the small number of animals of this breed (with approximately 250 sows at the start of this study), which is considered in danger of extinction.

Rearing systems and diets.

The indoor rearing system was that of a conventional pork intensive system. The animals reared in the outdoor system were kept in a spacious enclosure (1.500 m² for 20 pigs) with trees and shelters, where the animals were fed *ad libitum* and only the water was treated with citric acid in order to keep its pH at 4.5 to prevent gastrointestinal diseases.

The diet used was different for each part of the study (see Table 5). In Part I we used a high fat / low protein diet with 3.218 Kcal/Kg DE, 4.94% ether extract and 15% crude protein, whereas for Part II, a low fat / high protein diet with 3.247 Kcal/Kg DE, 2.36 ether extract and 17% crude protein was used.

A diagram showing the groups and measurements taken for each part of the study can be found on the next page.

METHODS USED.

ANIMAL AND CARCASS MEASUREMENTS

PART I

GROUPS:

- CHE
- CHI
- CHxIBE
- CHxIBI

- Hot carcass weight.
- Morphometric parameters: carcass length, leg length, hand length, ham length, maximum perimeter of the ham, wrist perimeter.
- Weight of the most valuable cuts of meat: tenderloin, loin head, loin and ham with bone.
- Dorsal fat thicknesses.

PART II

GROUPS:

- CHE
- CHI

- Live weight.
- Hot carcass weight.
- Cold carcass weight.
- Hot carcass yield.
- Cold carcass yield.
- Storage weight losses.
- Morphometric parameters: carcass length, leg length, hand length, ham length, maximum perimeter of the ham, wrist perimeter.
- Weight of the most valuable cuts of meat: tenderloin, loin head, loin, **shoulder blade** and ham with bone.
- Dorsal fat thicknesses.

PARAMETERS FOR EVALUATION OF MEAT QUALITY TRAITS
(Longissimus lumbar muscle)

- pH at 45 minutes and 24 hours postmortem.
- Colour indexes (L*, a*, b*) at 45 minutes and 24 hours postmortem.
- Intramuscular fat content.
- Mineral composition.

- pH at 45 minutes and 24 hours postmortem.
- Colour indexes (L*, a*, b*) at 45 minutes and 24 hours postmortem.
- Intramuscular fat content.
- Drip loss.
- Cooking loss.
- Shear force (WBST).
- Mineral composition.
- Fatty acids profile:
 - Backfat.
 - Intramuscular fat (in *Longissimus lumbar*).

Slaughter, carcass composition and meat quality traits.

The pigs were weighed and sent to a commercial slaughterhouse the day before slaughtering, without ever mixing animals from the different groups, and at all times trying to minimize stress. The experimental animals were kept and treated in adherence to accepted standards for the humane treatment of animals.

The slaughter was performed following the Spanish Regulations (B.O.E. 12/03/1993, R.D. 147/1993). Carbon dioxide for stunning of animals was used just before bleeding. At 45 minutes post-mortem and after 24 hours at 4 °C, several different parameters were measured from carcass and meat to evaluate meat and carcass quality. The hot and cold (after 24 h) weights of the carcass were measured using a slaughterhouse scale; and the storage weight losses from the carcass from day 0 to day 1 were recorded.

Several morphometric parameters (carcass length, hand length, leg length, ham length, maximum perimeter of the ham and wrist perimeter) were measured using a flexible tape on the hanging right half of the carcass 45 minutes post-mortem following the method described by Peinado et al. (2004). The dorsal fat thickness (DFT) was measured with a gauge (Mod CD-15DC, Mituloyo Ltd., England) at the level of the first rib (DFT1), the last rib (DFT2), the cranial extreme of the *Gluteus medius* at the area of the thickest dorsal fat (DFT3), and the area of the least dorsal fat thickness (DFT4) of the *Gluteus medius* (Mayoral, 1994; Peinado et al., 2004).

The day after slaughter, the carcass was quartered using traditional Murcian methods, in the plant of a collaborating meat industry firm. The cuts of meat studied (tenderloin, loin head, loin, shoulder blade and ham with bone) were weighed using calibrated scales sensitive to 100 g (Poto et al., 2000, 2003). After slaughter, a portion of the loin (sample cut) including the 1st to the 5th lumbar vertebra was taken for later determinations.

The following determinations were taken on the *Longissimus lumbar* (LI) muscle: (I) pH recorded at 45 min (pH₄₅) and 24 h (pH₂₄) post-mortem; (II) colour parameters L*, a* and b*, using a Minolta Chromameter CR350 (Japan) after a

blooming time of 15 minutes, measured 45 minutes and 24 hours post-mortem (modified from Honikel, 1998); (III) water-holding capacity determined by drip loss, from day 0 to day 1, and (IV) by cooking loss in a water-bath until the temperature reached in the centre of the sample was 70 °C (Honikel, 1998); (V) shear force measured by Warner-Bratzler using a Stable Micro Systems Texture Analyser (Model TA-XT plus, UK), by testing three rectangular samples from each cooked sample, with 100 mm² cross section (Honikel, 1998).

The intramuscular fat (IMF) content of the LI muscle was evaluated using the method described in the ISO 1443 (1979) norm, with the Soxhlet extractor. The samples were taken at 45 minutes post-mortem from the LI at the last rib, and the values obtained expressed as a percentage of the weight in grams (Poto, 2003; Poto et al., 2004).

On the day of slaughter, a sample of back fat was taken at the last rib level, frozen and kept at -36 °C until the lipid content was calculated. For the preparation of these samples 5 to 10 g of the homogenised backfat were put in a glass with 0.5 ml of stabilizer (0.1377 g – 2,6 Di-tert-butyl-4-methylphenol in 2.5 ml methanol) and then melted in a 90 °C water bath. Two hundred and fifty µl from that melted fat were added to 750 µl of trimethylsulfonium hydroxide (TMSH). At this stage the mixture was ready to be analysed by gas chromatographer (Schulte and Weber, 1989). The fatty acids composition of the intramuscular fat of the LI muscle was calculated after obtaining methyl esters with TMSH following Schulte and Weber's protocol (1989) for fatty acid extraction from meat, using sea sand, sodium sulphate, and a homogenizer (Bühler HO 4/A, Hechingen, Germany) and then measured by capillary gas chromatography. The gas chromatographer used was a Fison GC 8000 Series (Italy), equipped with a DB 23 capillary column (60 m x 0.25 mm internal diameter, Agilent Technologies, USA). Helium was used as the carrier gas, and fatty acids were identified by comparison with standards (18919-AMP) purchased from Sigma Spain.

For the determination of the mineral composition (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, P, Mn, K, Na) approximately 1 g of meat was dry ashed in a Furnace oven (Nabetherm, model L9/12/S27, Germany). The ashes were prepared (AOAC 985.35, 1999) and analysed for their mineral content in a plasma absorption spectrometer (Perkin-Elmer, Model Optima

200DV). The results obtained for each mineral were expressed in mg / 100 g of raw meat. Each sample was analysed in duplicate. The calibration equations for the mineral determination are shown in Table 6. The analysis of the certified reference material BCR 184 (bovine muscle) was used to assure the accuracy of our procedure. The samples used to calculate IMF content, mineral or fatty acids composition were always previously homogenised.

The programs Excel and Stat Graphics Plus were used for the processing and statistical analysis of the data obtained. Data were expressed as mean \pm standard deviation. A Tukey test was carried out to ascertain significant differences between samples. Pearson correlation coefficients were used to describe the relationship between the different parameters studied.

Some of the measurements and determinations were only realized in the Experience II because of the development of new techniques and/or the acquisition of new devices. Those measurements or determinations realized only in the Experience II were: live weight, cold carcass weight, hot carcass yield, cold carcass yield, storage weight losses, weight of shoulder blade, drip loss, cooking loss, shear force test and determination of the fatty acids profile.

RESULTS AND DISCUSSION.

In the "Results and Discussion" section we will first present the results for Part I of the study and then for Part II for which we will take into consideration the results for Part I.

Part I.

The first observation which needs to be made with regards to the **hot carcass weights** (HCW) in the 4 groups of animals of this experience is the considerable difference between the weights. It was not always possible to get similar weights because of the high consanguinity of the breed, which still produces quite different slaughter weights although we start with animals of similar weights after weaning. In the same way, crossed animals show different characteristics because of different

genetic problems (dominancy, recessive, epistasia, etc.). Because of that, especially in the CH x IBE group with a HCW of only 90 kg, the weights differ.

When evaluating the results, especially those for the morphometric parameters and the weight of meat cuts we have to consider these different HCW. Nonetheless, the meat quality traits, such as pH, colour, mineral composition, fat content and fatty acids composition can be directly evaluated, and be considered totally valid because of the lower influence of weight and slaughter age on them.

If we consider previously published papers on this breed (Poto, 2003; Peinado et al., 2004) where a hot carcass yield of around 80%, was reported for the Chato Murciano pig in this Part (I) of the study the slaughter weights can be considered to be high, and similar to the usual market weights for this breed. In recent years commercial pigs are also being slaughtered with a higher live weight (LW), in an attempt to recover the sensorial and technological quality lost with the use of even younger pigs with leaner meat. This is also a tendency in Europe, where many studies have been performed in recent years with heavier pigs (Castaing & Cazaux, 2000; Lebret et al., 2000; Fischer et al., 2006a,b; Correa et al., 2006). Other autochthonous pig breeds, such as the Iberian pig (Serra et al., 1998; Barba et al., 2000; Ramírez & Cava, 2006), the Negro Canario and Celta pig (López & Ginés, 1996; Sánchez et al., 2001), the Italian breeds Cinta Senese (Pugliese et al., 2004a,b), Mora Romagnola and Casertana (Fortina et al., 2005) are also slaughtered with higher weights than "commercial" pigs.

In the evaluation of the **morphometric parameters** have shown the results in absolute values in Table 7, and in relative values respect the HCW in Table 8, trying to minimize the differences due to the different HCW.

The **carcass length** (CL) obtained for the Chato Murciano (CH) groups (83.82 ± 3.69 cm for CHE and 85.50 ± 2.92 cm for CHI) was some that lower than the results obtained by Poto (2003) in CH pigs, who obtained a mean value of 86.11 ± 3.78 cm in pigs with a HCW of 99.65 kg. Mayoral (1994) found shorter carcasses in Iberian pigs reared in an extensive system and with similar weights. Pugliese et al. (2003) obtained even shorter carcasses in the Nero Siciliano pig when those pigs were older (450 pigs) but with a lower LW (105.71 kg in those reared indoors and 80.55 kg in those reared

outdoors). The values for the CL obtained by Tibau et al. (1997) in modern breeds (Large White, Landrace, Duroc and Pietrain) slaughtered with 110 kg of LW, and those from Correa et al. (2006) with commercial pigs [Duroc x (Landrace x Yorkshire)] with 100 kg of HCW are similar to the results of this part of this thesis. These results show that the Chato Murciano pig would produce longer loins than the Iberian pig because of the long carcasses, and would be comparable to many commercial breeds.

The **maximum perimeter of the ham** (HP) is a very important value in the Chato Murciano pig and other autochthonous breeds because of the economic impact of the cured hams (“Jamón curado”), and the importance of this morphometric parameter in the later technological procedures. The values obtained for the CHE group (73.35 cm) are very similar to those from Poto (2003) in CH, and higher than those from Mayoral (1994) in the Iberian pig. The other groups (CHI, CHxIBI, CHxIBE) showed different values that correspond to carcasses with different weights.

The values found for the **hand length** (HL) in all groups were higher than those from Poto (2003), whose results showed an average length of 34.2 cm, and are similar to those from Mayoral (1994) in the Iberian pig. The values for the CHxIBE group, slaughtered with a lower weight are worthy of note, as they have a higher HL, bigger than the CH groups, and similar to the CHxIBI, which means that this parameter is early developed in the pigs from this genotype.

The **leg length** (LL) from the CHE group was similar to that (59.42 cm) reported by Poto (2003), and both groups have a similar HCW. In the other groups, the LL values are in line with the development of the carcass. If we consider the HCW of the pigs studied by Mayoral (1994) the LL values can be considered similar, especially those from the indoor system.

The **ham length** (HmL) parameter is of marked interest, because together with the ham perimeter it gives the volumetric relationship in the ham, which depending on the weight of the meat piece will be extremely important for the later technological procedures. The values for the ham length in Part I of the study are slightly higher than those from Poto (2003) in the case of the CH pigs, and more noticeable are the differences with the CHxIB groups, even in the CHxIBE when it was slaughtered with a

lower HCW. The HmL and HP correspond to a good-sized ham, that makes it useful and suitable for the traditional technological procedures (cured or cooked).

The values obtained for the **wrist perimeter** (WP) show that the CH groups have a thicker wrist than the CHxIB groups, showing the importance of the genotype in this parameter, but the groups reared outdoors also showed a thicker wrist. These results are similar to those found by Poto et al. (2003) in CH pigs, and are higher than those from Mayoral (1994) in the Iberian pig, a breed that usually shows a thinner wrist.

When we **compare the results between the groups** of this part of the study, we have to consider the development of the different parts of the body and its relationship with weight and age. Pigs first develop their longitudinal parameters, young pigs are stylized and they later get muscular development (Hammond, 1932; Wood, 1984). The rearing system showed a statistically significant effect in all parameters in all the groups studied, but genotype only had an effect on the hand and ham length. These differences attributed to the rearing system have been reported by many authors (Sather et al., 1997; Pugliese et al, 2003; Edwards, 2005) who pointed out that the outdoor systems promote the animals' physical development, especially muscular. This means that an outdoor system would increase the value of these carcasses. Interactions between the genotype factor and rearing system were observed, showing that different combinations give different results. The analysis of the **correlation coefficients** shows a general positive correlation ($p < 0.05$) between the morphometric parameters and the HCW, except the LL in the CHE and CHxIBI groups, where it is 0. The correlation between the DFT values and the morphometric parameters were also usually positive (but with values close to 0 in the CHI group), which was expected because of the higher values of the DFT in bigger carcasses.

In our study of the **weight of the most valuable meat cuts** (see Tables 9, 10 and 23), the weights of tenderloin, loin, loin head and ham with bone were considered. These values found differ from those obtained in other traditional and modern breeds, but these differences have to be carefully evaluated because of the different LW or HCW, and/or because of differences in the quartering techniques (which are not always described). The weights of the most valuable meat cuts in the Chato Murciano pig are very similar to those obtained by Poto (2003) for the same breed reared indoors

although there is a clear difference for the ham weight. The Chato Murciano pig shows good proportions of the most valuable meat cuts, that are bigger than those of other traditional breeds (with the exception of Mora Romagnola and Casertana, slaughtered with very high LW), but smaller than commercial pigs. The most valuable meat cuts of the animals from Part I of the study showed differences in the weight and proportions of the most valuable meat cuts. The genotype influenced ($p < 0.05$) the results, in the sense that the CH groups showed higher weights than the CHxIB groups, but the weight of ham with bone was not influenced. The rearing system also influenced ($p < 0.05$) the values of loin head and ham with bone, where those pigs reared outdoors produced bigger cuts. These results agree with the results of other authors (Sather et al., 1997; Pugliese et al., 2003; Edwards, 2005) who pointed out a higher wholesale carcass value due to heavier butts, loin and hams compared with indoor produced pigs. Nonetheless, Daza et al. (2006) found heavier hams with bone in Iberian pigs reared indoors (9.18%) rather than outdoors (8.96%), but this difference was not statistically significant ($p < 0.05$). To understand these results, we have to take into account the fact that in the outdoor rearing system the animals depended only on the natural resources. Hansen et al. (2006) proved in commercial pigs that the pigs reared indoors and outdoors fed *ad libitum* show better results than an outdoor group fed a part with silage. As expected, we found statistically significant correlation coefficients ($p < 0.05$) both between the HCW and the meat cuts, and between the different meat cuts themselves.

The **pH values** of the Part I, measured at 45 minutes (pH_{45}) and 24 hours postmortem (pH_{24}) in the Ll muscle, are represented in Table 11. These values can be considered within the normal pH range (Warner et al., 1997) for pigs which do not produce PSE (pale, soft and exudative) meat. The results are similar to those from Poto (2003) in the CH pig, and are higher than those usually obtained in commercial pigs (Ruusunen et al., 2006; Fischer et al., 2006b; Hansen et al., 2006). The CHE group had a lower pH_{45} (6.20 ± 0.22), which suggests that these outdoor reared pigs experienced greater pre-slaughter stress (Gandemer et al., 1990; Barton-Gade and Blaabjerg, 1989; Edwards, 2005). The CHxIBE group, however, did not show these pH reductions, which could be explained by a dilution of the consanguinity. The pH evolution from 45 minutes to 24 hours postmortem was though normal, and gave normal pH_{24} values. The indoor groups showed a higher pH_{24} , which could indicate that the outdoor groups have greater muscular glycogen stocks. Pugliese et al. (2004a and b) in their studies on the

Nero Siciliano and Cinta Senese breeds, found a lower, but not significant, pH₄₅ value for the outdoor group, and that the pH₂₄ values were very similar.

The results obtained for the **colour parameters** (low L*, high a* and b* indexes, Table 12) are those of the typical darker, redder meat of autochthonous pig breeds (Edwards, 2005). Similar values have also been found, not only in previous studies with the Chato Murciano breed (Poto, 2003), but also in other traditional breeds such as the Iberian, Cinta Senese, Nero Siciliano, Mora Romagnola and Casertana. These values however are different to those from the commercial pigs (Landrace, Yorkshire, Pietrain x Landrace). These differences should also be ascribed to the different slaughter ages and weights, as well as to differences in IMF content. The rearing system also produced significant ($p < 0.05$) differences in the colour parameters though other authors (Pugliese et al., 2004 a and b) have found contradictory results in the different rearing systems. The higher a* values in the CHxIB groups, and even higher in the indoor reared groups could be associated to the higher iron levels (component of the heme group) found in these groups, but no statistically relevant correlation coefficients ($p < 0.05$) were found, and these correlations were even negative. Some differences were found to be due to the genotype. A positive correlation ($p < 0.05$) between HCW and a*₂₄, and negative correlation ($p < 0.05$) between HCW and b*₂₄ was found, especially in the outdoor groups, which could indicate that the outdoor rearing system increases the red and dark characteristics of the colour of meat.

In the discussion of the **dorsal fat thicknesses** (DFT) we will make comparisons between our groups' results and other authors' results (see Table 13). The high values obtained in our study correspond with the rusticity of traditional breeds (Edwards, 2005). In fact, many studies from these breeds show high dorsal fat thicknesses though their distribution differs along the dorsal length. Thus, the results obtained in this part of the study are similar to those obtained by Poto (2003) in the CH breed, but the Casertana and Mora Romagnola breeds show extremely high DFT (though in this case the LW was very high). The Iberian pigs also show high DFT, but they have a higher DFT in the lumbar region (DFT3) than the CH pigs. These values are in general much higher than those obtained from modern breeds (Galián et al., 2005b; Fischer et al., 2006a), breeds that are selected for leaner carcasses. Our study suggests that the rearing system had an influence on the DFT1, with higher values obtained in the animals reared

indoors. These results agree with those from Pugliese et al (2004b) in Nero Sicilano and Daza et al. (2006) in Iberian pig. The genotype had an influence in the DFT2 values, probably due to the fact that the Iberian pig loads more fat in that region than the CH pig. As expected, the different DFT show important positive correlation coefficients between them, and also between the DFT and the HCW (except for the CHI group).

The **intramuscular fat (IMF) content** obtained in the groups of this part of the study (see Table 14) can be considered to be very high in all groups. These results were even higher than those obtained by Poto (2003) in CH pig reared indoors (6.39%). Many authors had shown the relationship between IMF levels and factors such as age and weight at slaughter (Wagner et al., 1999; Daszkiewicz et al., 2005; Asenjo et al., 2005) and special feeding and rearing conditions (Lebret et al., 2002; Rosenvold & Andersen, 2003; Nuernberg et al., 2005; Hansen et al., 2006). In this part of the study the animals were slaughtered with weights and ages higher than those usual for commercial pigs, and this could have increased the IMF content. The main reason, though, for such high levels has to be ascribed to the diet used, with a high fat (4.94%) and low protein (15%) levels, which shows the capacity of the CH pig and its crosses to store the excess of fat in diet. The different lysine content of diet (0.86 vs. 0.74%) could have had an influence; results from other authors (Glodek et al., 1991; Witte et al., 2000; Bidner et al., 2004) pointed out the relationship between the reduced lysine content of diet and a higher IMF content. The IMF levels found are of course much higher than those usually (1-2%) found in commercial pigs (Serra et al., 1998; Daszkiewicz, 2004; Wood et al., 2004; Mörlein, 2005; Nuernberg et al., 2005; Fischer et al., 2006b).

In our study, the rearing system and the genotype did not produce any statistical differences ($p < 0.05$) in the IMF levels. The CHxIBE group had lower IMF levels, but we have to take into consideration the lower HCW of this group. It is accepted that heavier and older carcasses increase the IMF content, but some authors' results (Fischer et al., 2006b; Correa et al., 2006) did not corroborate that effect. It is accepted that traditional breeds and, in particular, those animals reared in outdoor systems produce a higher IMF content (Rosenvold & Andersen, 2003; Edwards, 2005). Pugliese et al. (2004a and b) found higher IMF levels in the outdoor reared pigs from the Cinta Senese and Nero Siciliano breeds. Other authors, however, show contradictory results in this

aspect, Sather et al. (1997) reported no significant influence in commercial pigs reared outdoors compared with indoor rearing on the IMF content of the semimembranosus muscle, in agreement with Gandemer et al. (1990) and Hansen et al. (2006) on the LI, whereas Enfält et al. (1997) noted a tendency towards a lower IMF content of the LI muscle on pigs reared outdoors.

Fernandez et al. (1999) indicated that levels over 3.5% of IMF content are associated with a significant risk of meat rejection by consumers (referred to fresh meat) and Reixach (2004) indicated levels of 3.5-4% as the optimal IMF content for fresh meat destined for cured products. Other studies in the Iberian pig breed destined to produce high quality cured products showed levels of IMF in the LI muscle between 4.76 and 16.10% (Benito et al., 1998; Solis et al, 2001). The Chato Murciano pig is often destined to the production of cured meat products, where these high IMF levels offer good technological and sensorial properties.

The LI muscle **mineral composition** of the groups from Part I is represented in Table 15. The minerals studied were selected because of their importance (nutritional and meat quality properties) and because they have been frequently reported by other authors in other articles (Leonhard & Wenk, 1997; González-Martín et al., 2002; Lombardi-Boccia et al., 2005) and food composition tables (McCance & Widdowson's, 2001; Muñoz & Ledesma, 2002; Mataix, 2003; CESNID, 2004). Only trace levels of manganese were detected, so we did not represent it in the tables. The mean values obtained in our studies for magnesium, zinc and potassium were similar to those found in the bibliography, although we have noticed that there are great variations in mineral contents across the bibliography. Only two minerals (sodium and calcium) were present in lower quantities than in studies from other authors, with the exception of González-Martín et al. (2002), who found even lower values than us in Iberian pigs for the two minerals. In the case of phosphorus we found considerably higher values than other authors, and particularly interesting and noteworthy were the results for iron and copper. When we compare these results from the Part I, we appreciate some differences, but in all cases phosphorus, and especially, iron and copper, showed higher values than the references.

The genotype and rearing system showed an effect on the levels of many minerals. The rearing system influenced the levels of magnesium, zinc, phosphorus, potassium, and especially iron and copper whereas the genotype influenced the levels of magnesium and sodium as well as iron and copper. It seems that there is an interaction between genotype and rearing system for the iron and copper levels.

The values for iron and copper in our study were much higher than those reported in the existing bibliography. The higher levels found in the crossed groups could be ascribed to the dilution of the high consanguinity of the CH groups; and also to the higher oxidative metabolism of the muscular cells of the genotypes studied (Poto, 2003). The groups reared indoors also showed higher levels of Fe and Cu; the high animal density of the animals used in this rearing system (1 animal/ m², when they reach around 140 kg) and the floor of the pens without slats, which make the hygiene and air conditions more difficult, could enhance the oxidative metabolism of the animals as they try to adapt to these bad air conditions with less oxygen. Another reason that could increase the levels of iron and copper may be the higher age of slaughter of the pigs in this study, whereas commercial pigs, from which other authors take their samples, are usually slaughtered at 5-6 months. Other authors (Estévez et al., 2006; Fischer et al., 2006b) also pointed out that factors such as the slaughter age and weight, genotype (traditional vs. modern breeds) and the physical exercise (especially in outdoor systems) could increase the levels of iron in muscle, but in our study, indoor pigs showed higher iron levels.

Several statistically significant ($p < 0.05$) positive correlation coefficients were found between several minerals (Ca and Mg, Ca and P, Ca and K, Mg and P, etc.) which shows the many metabolic relations between all of them. Considering that myoglobin and hemoglobin are the most important components in the muscle which produce the red color in meat, and contains the greatest part of iron in meat, the high levels of iron were expected to be statistically positive correlated with the a* index, but this did not happen.

Part II.

For the presentation of the results and discussion of this second part of the Doctoral Thesis we are going to take into account the results from Part I when appropriate. In the second part only two groups (indoor and outdoor) of Chato Murciano pigs were used, and both had a different diet than from that in Part I.

The **live weights** chosen (125.03 kg in the CHE group and 119.58 kg for the CHI group) were close to 120 kg because the animals of this breed are usually slaughtered later than the other commercial breeds, which in 2003 in Spain reached average hot carcass weights of 87.1 kg (MAPA, 2004). Although a study of the growing rate and daily weight gain were not a target of this Doctoral Thesis, it is worth noting that the pigs from Part II, which were fed commercial fodder with different nutrients (more protein and less fat) to the fodder in Part I, needed less time to reach the slaughter weights. The Chato Murciano pig has a robust constitution, is adapted to the local conditions and extensive systems (Peinado et al., 2004), and in this study the outdoor reared pigs showed a better growing rate, showing the adaptation of the local pig breed Chato Murciano (CH) to the outdoor rearing system. Other authors found different results in similar studies in other breeds. In the Italian pig breeds Nero Siciliano and Cinta Senese Pugliese et al. (2003, 2004a,b) found a faster development of the pigs reared indoors. Similarly, Daza et al. (2006) found that the Iberian pigs fed in confinement grew significantly more than those reared and fed under extensive conditions. These differences from our results are probably due to the feeding conditions, because they used an outdoor system where pigs were fed under extensive conditions with no feeding supplements or only in periods of low pasture availability; whereas in our study the outdoor animals were fed *ad libitum* with commercial fodder. Lebret et al. (2002) in a study using commercial pig breeds (Large White x Landrace) found that the rearing conditions (indoor vs. outdoor, and temperature) influenced growth performance and carcass traits of pigs, and the indoor pigs also reached higher weights though the differences were not so great. The Chato Murciano pigs, reared indoors or outdoors, need longer to reach the same weights as the “commercial” breeds (Tibau et al., 1997; Fischer et al., 2006a; Peinado et al., in press). Nevertheless, other autochthonous pig breeds show even slower developments, like Iberian pigs (Barba,

1999; Daza et al., 2006), Nero Siciliano pigs (Pugliese et al., 2003), Mora Romagnola and Casertana (Fortina et al., 2005), and Cinta Senese (Franci et al., 2005).

The pigs reared outdoor also showed a higher ($p < 0.01$) **hot** (80.39% in the CHE and 77.89% in the CHI group) **and cold** (79.02% in the CHE and 75.54% in the CHI group) **carcass yield**, as well as loin and loin head weights. The hot carcass yields were similar to those obtained by Poto (2003) in the CH pig reared indoors (79.80%); the results in other autochthonous pig breeds were very variable, but usually higher than those from the commercial pigs. The **storage weight losses** of the carcass in this experience were higher in the CHI (3.01%) than in the CHE group (2.07%), but not significant ($p < 0.05$); these values are noticeably higher than those obtained by Poto (2003) in the same breed (2.42%). The **weight of the most valuable pieces** (see Table 17) i.e. hams with bone and the shoulder blade is higher, though not statistically so ($p < 0.05$) in the outdoor group. As previously commented, free range and organically reared pigs have been reported to have increased lean yield (Sather et al., 1997; Danielsen et al., 2000; Sundrum et al., 2000) and higher wholesale carcass value due to heavier butts, loins and hams compared favourably with indoor produced pigs (Sather et al., 1997; Pugliese et al., 2003; Edwards, 2005). Nonetheless, in the Iberian pig reared in confinement and in an extensive system, Daza et al. (2006) found that in most meat cuts the feeding system did not have a significant effect, and in the case of the hams weight, and the relation of the ham weight to live weight was higher ($p < 0.05$) in the pigs fed in confinement.

As expected, in our study high positive correlations were found in both groups between the live weight and weight of carcass and many of the most valuable meat cuts, specially in the outdoor group, where most of them were statistically significant ($p < 0.05$). Similarly to the weight of the meat cuts, the **morphometric parameters** were expected to reach a greater development in the pigs reared outdoors because of exercise, but the results were similar in both groups (see Table 16), and even the leg was longer ($p < 0.05$) in the indoor group.

The **pH values** obtained in the Part II (pH_{45} of 6.34 ± 0.26 for the CHE group and 6.44 ± 0.23 for the CHI group, and pH_{24} of 5.66 ± 0.08 for the CHE group and 5.70 ± 0.14 for the CHI group), are considered to be normal. No significant ($p < 0.05$)

differences between the two groups were found, but the outdoor group showed a lower pH₄₅ and pH₂₄. These values, which are similar to those from the CHE group of the Part I, could suggest that these pigs experience a greater pre-slaughter stress (Gandemer et al., 1990; Labroue et al., 2000b; Edwards, 2005). The pH showed important negative coefficient correlations, statistically significant ($p < 0.05$) in the case of the outdoor group, where the value for coefficient correlation between the pH and the L* index (at 45 minutes and 24 hours post-mortem), can be explained by the relationship between the pH and its influence on water-holding capacity and the later colour characteristics (Rosenvold & Andersen, 2003).

The **colour measurement** (L*, a* and b* indexes) in the Ll muscle (see Table 18) did not show any differences ($p < 0.05$) between the two groups studied in the Part II. The values found corresponded with the typical darker and redder meat of the autochthonous pig breeds (Edwards, 2005). In the Nero Siciliano pig, Pugliese et al. (2004a) found higher levels for L* and b* and lower for a* at 24 hours in the outdoor group, however in the Cinta Senese, Pugliese et al. (2004b) found the opposite results at 24 hours with L* and a*. Hansen et al. (2006) did not find any differences in the colour relating to the rearing system in a study with commercial pigs. When comparing these results with those obtained in Part I, in all cases the values for the L*, a* and b* parameters of Part II are higher than those from Part I, thus producing a lighter and redder meat and showing that the diets could have had an influence. The correlations between the HCW and a*₂₄ and b*₂₄ obtained in Part I did not appear in this second part of the study (see Annex I).

Rearing system affected the **drip losses**, as the outdoor group showed a higher (1.45%, $p < 0.01$) drip loss percentage than the indoor group (1.09%). The lower pH values obtained in the outdoor group, when measured at either 45 minutes or 24 hours after slaughter, may probably have influenced this (Gandemer et al., 1990). The study of the correlation coefficients shows a statistically significant ($p < 0.05$) negative correlation between the pH₄₅ and the drip losses in the outdoor group, but not in the case of the indoor group. These drip loss results are in accordance with those from Pugliese et al. (2004a) who found in the Nero Siciliano a higher value in the outdoor pigs (using the filter paper press method), but are contrary to the results found in the Cinta Senese (Pugliese et al., 2004b) where the indoor pigs had higher drip losses. Fischer et al.

(2006b) obtained similar absolute values to us in White pigs (Pietrain-Landrace) reared indoors. Some authors (Edwards, 2005; Franci et al., 2005) have reported that traditional breeds produce less exudates during storage than modern breeds. When we compare results between publications, we have to evaluate them carefully because the drip losses, as well as cooking losses and tenderness, depend on many factors (Offer and Knight, 1988; Honikel, 1998).

Cooking loss (19.85 % for the CHE group and 21.79 % for the CHI group) was not affected by the rearing system ($p < 0.05$), which is in line with the results published by Pugliese et al. (2004a) and Enfält et al. (1997), but contrary to those from Pugliese et al. (2004b) and Sather et al. (1997) who recorded higher cooking loss for outdoors animals on Cinta Senese and on commercial pigs, respectively. Rosenvold & Andersen (2003) indicated that outdoor systems decrease the water loss during cooking. The results obtained in our study for the water holding capacity can be considered to be normal, and distant from those that characterize PSE or DFD meats (Warner et al., 1997).

Muscle **tenderness**, evaluated in cooked meat, was not affected by the rearing system (62.94 ± 11.33 N of peak force and 173.95 ± 39.27 N of total force in the CHE group; 63.45 ± 13.26 of peak force and 177.27 ± 39.97 N of total force in the CHI group), which is in concordance with the results from Pugliese et al. (2004a) in the Nero Siciliano pig. However, but in the Cinta Senese, Pugliese et al. (2004b) recorded higher shear-force values in the outdoor pigs. The peak force values obtained in our study are higher than the results obtained in white pigs by Fischer et al. (2006b) tested in a similar way. It is considered that modern breeds have a tenderer meat than the traditional breeds (Wood et al., 2004; Edwards, 2005; Franci et al., 2005), but in environmental enriched systems (like outdoor systems) contradictory results have been published as they have sometimes resulted in reduced pig meat tenderness, whilst on other occasions they have increased tenderness (Edwards, 2005). In the study of the correlation coefficients, the total and maximum force showed a negative correlation ($p < 0.05$) with drip loss in the outdoor group, but not in the indoor; which could be explained by the pH effects.

The **dorsal fat thickness** (DFT) levels (see Table 19) found in Part II of the study are considered to be high, and correspond with the rusticity of traditional breeds

(Edwards, 2005). There weren't significant differences ($p < 0.05$) between the two groups (CHE & CHI), but in all cases the outdoor group showed higher thicknesses. However, in Part I, the indoor groups had thicker dorsal fat (DFT1 and DFT2). Pugliese et al. (2003) in the Nero Siciliano pig, and Daza et al. (2006) in the Iberian pig also found higher backfat levels in the indoor pigs. As previously commented, these high DFT levels correspond to the rusticity of the traditional breeds (Edwards, 2005), and are similar to those from Part I of the study and the results from Poto (2003) in Chato Murciano pigs reared indoors.

We can observe that the DFT values in the Chato Murciano pig are quite independent from diet although other authors (Wood et al., 2004; Teye et al., 2006) reported lower DFT levels in commercial breeds with rich protein / low fat diets. Similarly to our results from Part I, there were strong correlations between the DFT (see Annex I), though not statistically significant in the indoor group. Positive correlations between DFT and HCW and LW also appeared, which again shows the relationship between the weight of the animals and the increase of the DFT.

The CHE group (reared outdoors) had a higher **intramuscular fat** content (IMF, 3.21%) in the LI muscle than the indoor group (2.65%), though the difference between them was statistically not significant ($p < 0.05$). These results agree with those from some authors (Rosenvold & Andersen, 2003; Edwards, 2005; Pugliese et al., 2004a,b), but other authors found contradictory results in this aspect (Sather et al., 1997; Gandemer et al., 1990; Enfält et al., 1997). The IMF levels found in this second Part (II) are very low if we compare them with the results from Poto (2003), also in CH pigs, and especially with those from Part I; thus these differences had to be mainly ascribed to the very different diets. Many other authors have shown the relationship between IMF levels and the special feeding and rearing conditions (Lebret et al., 2002; Rosenvold & Andersen, 2003; Nuernberg et al., 2005; Peinado et al., in press). The IMF levels found in this study can be considered more appropriate for fresh meat sale than those from the Part I, as Fernandez et al. (1999) pointed out that levels over 3.5% are associated with a significant risk of meat rejection by consumers (referring to fresh meat). Nonetheless, the meat of the Chato Murciano pig is often destined to the production of cured meat products, and higher IMF levels are expected and demanded, because of the good technological and sensorial properties they offer.

The influence of diet (Raimondi et al., 1975; Asghar et al. 1990; Wood et al., 2003; Edwards, 2005; Nuernberg et al., 2005; Teye et al., 2006) and genotype (Wood et al., 2003; Rosenvold & Andersen, 2003; Franci et al., 2005; Edwards, 2005) in the **fatty acids composition** of fat and meat is already known, but these two factors were the same in both groups in this Part of the study. The difference between the two groups was that only the outdoor group had access to a limited amount of grass. Therefore, the differences obtained for the fatty acids profile (see Table 20 for backfat and 21 for IMF levels) have to be ascribed to the rearing system. Many other authors (Lebret et al., 2002; Rosenvold & Andersen, 2003; Edwards, 2005) found also differences because of it, and the variations ascribed to it (physical exercise, exposure to climatic conditions, animal welfare, etc.).

In the backfat fatty acids profile, the indoor group showed higher levels of Monounsaturated Fatty Acids (MUFA, $p < 0.001$) and Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA, but not statistically significant), when many other authors (Rosenvold & Andersen, 2003; Pugliese et al., 2004b; Edwards, 2005; Hansen et al., 2006) found the contrary, but Pugliese et al. (2004a) in the Nero Siciliano pig found lower PUFA levels in the outdoor group. Traditional breeds usually show higher levels of DFT, with a harder fat, with higher levels of Saturated Fatty Acids (SFA) and MUFA, but lower in PUFA (Labroue et al., 2000b; Edwards, 2005); with the special case of the Iberian pig, which has very high MUFA levels. When comparing with other author's results, there are many differences between breeds, and with a big influence of the rearing system. The PUFA levels found, below the 15% level established by Warmants et al. (1996), are advisable to minimize undesirable effects of oxidation and rancidity (Bryhni et al., 2002; Wood et al. 2003) and the technological problems usually associated with a high level of them (Rosenvold & Andersen, 2003).

The results obtained for the IM fatty acids profile show many differences between the two groups, the total amount of SFA ($p < 0.001$), MUFA ($p < 0.001$) and PUFA ($p < 0.05$) were also different. Many studies (Nilzén et al., 2001; Rosenvold & Andersen, 2003; Edwards, 2005) show that the PUFA levels are higher in the outdoor groups, but this was not the case. The levels found correspond to those from traditional breeds, with low PUFA and high MUFA levels. Fischer et al. (2006b) pointed out that

the PUFA level should not be higher than 12-14% in meat destined to transformed products.

Many authors (Wood et al., 2004; Galián et al., 2005b; Ramírez & Cava, 2006; Fischer et al. 2006b; Teye et al., 2006; Monziols et al., 2007) showed the relationship between the amount of fat (in the IMF, but also in the DFT) and fatty acid profile, where fat carcasses have a higher SFA and lower PUFA levels. In our study, the analysis of the correlation coefficients also reveals this tendency.

Considering that the Chato Murciano pig is destined for the production of fresh meat and cured products (Peinado et al., 2004; Poto et al., 2007), the fatty acid profile, with a low PUFA level, is advisable to reduce any stability and technological problems.

The content in **ash** was higher ($p<0.001$) in the outdoor group (1.20% vs. 1.10%), which should implicate a higher mineral content referring to the fresh meat weight; but the rearing system did not produce any clear tendency in the content of the minerals studied. These ash levels were similar to those obtained by Pugliese et al. (2004b) in the Nero Siciliano pig, who also found higher levels in the outdoor pigs (1.16% vs. 1.08%). In addition, the levels obtained in this work were higher than the values obtained by Estévez et al. (2006) in the Iberian (0,81%) and White pig (0,74%).

The **mineral composition** of the LI muscle in the two groups studied is represented in Table 22. The rearing system had a remarkable influence on the meat mineral levels. Calcium was the only mineral for which there were no significant differences ($p<0.05$) between groups. The levels of manganese observed were insignificant. The outdoor group showed higher levels of Mg, P and K; and the indoor group showed higher levels of Fe, Cu, Zn and Na. These results were similar to those from the Part I, where the pigs reared indoors showed higher levels of Fe, Cu and Zn, and lower levels of Mg, P and K than the outdoor group. In this second part of the study the levels of Fe and Cu were also higher in the indoor group, but there was not such a marked difference, which is probably due to the differences in diet. Possible reasons (oxidative metabolism, age of slaughter, genotype, exercise, rearing system) for these differences in Fe and Cu have been discussed above in the section on Part I. The mineral content results obtained in this Part II were compared to reference values taken

from previously quoted food composition tables and other researchers' papers, all of which referred to the LI muscle of pig, showing that these levels in the CH pig were high in Mg, Fe, Cu, P and K; and with similar levels of Ca, Zn and Na. Several statistically significant ($p < 0.05$) positive correlation coefficients (see Annex I) were found between a number of minerals in the CHE, similarly to all the groups from Part I. However, in the CHI group, the mineral levels were very independent, and did not show many of these correlations. In this part there was no correlation between the a* and iron levels.

CONCLUSIONS.

1. The carcass yield of the Chato Murciano pig is higher than that from commercial pigs, and similar to other autochthonous breeds. The Chato murciano outdoor reared pigs show higher carcass yields than the indoor ones.
2. The morphometric study reveals that the Chato Murciano crossed with Iberian pig produces longer hams with bone, whereas the Chato Murciano pigs produce rounder meat cuts, which is especially interesting in the case of the ham.
3. The rearing system influences the morphometric parameters. The outdoor rearing system improves the muscular development of the animals, thereby increasing the economical value of the carcasses.
4. The most valuable meat cuts given by Chato Murciano pigs are heavy, usually heavier than those from other autochthonous breeds but not as heavy as those from commercial ones. These meat cuts from the Chato Murciano pig reach higher weights than those from Chato Murciano crossed with the Iberian pig, except for the weight of ham with bone. These most valuable meat cuts are better developed on pigs reared under the outdoor rearing system.
5. The Chato Murciano pig reared outdoors shows greater pre-slaughter stress because of consanguinity and handling, showing lower postmortem pH values (but not pathological) than the indoor pigs. The group crossed with Iberian, where the consanguinity disappears, showed higher pH values.
6. The Chato Murciano pig and its cross with Iberian has a meat whose colour is similar to autochthonous breeds, red and dark. The rearing system produced differences in the colour, but without any clear tendency.

7. The levels of drip and cooking losses in Chato Murciano meat are low. The outdoor rearing system showed higher drip losses, probably due to the lower pH value.
8. The Chato Murciano pig meat is more consistent than that from commercial breeds. The rearing system did not affect this parameter.
9. The genotype (Chato Murciano or Chato Murciano crossed with Iberian) produces differences in the dorsal fat thickness, the total values for which are typically high.
10. Genotype (CH or CHxIB), rearing system (outdoor or indoor) and diet affect the mineral composition of the Longissimus lumbar muscle. The iron and copper levels are worthy of note.
11. Diet affects carcass and meat quality traits of the Chato Murciano pig in several parameters: physical development of the animal, meat colour, and in particular, the intramuscular fat content.
12. The Chato Murciano pig reared outdoors shows better results, with a faster and greater development, producing heavier and bigger meat cuts.
13. The fatty acid profile shows an adequate distribution for fresh and cured meat production. The low level of polyunsaturated fatty acids will produce a consistent and oxidation and rancidity stable fat.
14. The morphometric characteristics, the intramuscular fat levels and its fatty acid composition indicate that the Chato Murciano pig produces meat cuts with a high technological value, capable of withstanding long transformation processes.

X. AGRADECIMIENTOS

Quiero de forma general agradecer a todas aquellas personas que de un modo u otro han contribuido a la realización de este trabajo.

De manera muy especial a los directores de mi Tesis, el Dr. Ángel Poto Remacha, la Dra. Begoña Peinado Ramón, y el Dr. Gaspar Ros Berruezo, por su ayuda, dedicación, apoyo y consejos, sin los cuales, este trabajo no hubiera sido posible realizarlo.

Al Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), porque gracias a la financiación de los proyectos y de la beca predoctoral de la que disfruto, se ha podido desarrollar esta Tesis Doctoral, y muy especialmente al Director del centro, D. Adrián Martínez Cutillas, y al Gerente, D. Eulogio Molina Navarro.

Al personal investigador y de apoyo del IMIDA, especialmente a D. José Sáez Sironi, a Dra. D^a Fina Navarro Acosta, a D^a Eva M^a Arques Pardo, a D^a Ana M^a. Gamaza Beltrán y a Dr. D. José Cos Terrer, gracias a su ayuda se ha podido realizar buena parte de este trabajo, destacando además por su agrado y excelente predisposición. Y gracias en general al resto de departamentos que de una u otra forma también colaboraron en el desarrollo de la presente Tesis Doctoral.

Al Equipo de Mejora Genética Animal del IMIDA, al cual pertenecen los Doctores Poto y Peinado, y otras personas que están o han pasado, especialmente Francisco Alcaraz Mármol y Nelson Duchi Duchi, que con su trabajo y apoyo han colaborado en la realización de la presente Tesis Doctoral.

Al Grupo de Investigación de Nutrición y Bromatología (E098-02) de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia, en especial a la Dra. D^a Carmen Martínez, Dra. M^a Jesús Periago y D^a. Marina Santaella, y a todos los becarios que integran el equipo de un gran departamento, especialmente a Carmen, Juanfran, Javi, Karin, Jorge, Dolo y Toñi, por la ayuda, cariño y apoyo recibido.

Al Centro de Investigación Federal para la Alimentación y los Alimentos (Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel – BfEL), sito en Kulmbach,

Alemania, y en concreto al Instituto de la Carne (Institut für Fleischerzeugung und Vermarktung). Donde con el apoyo del Prof. Dr. Branscheid, Dr. Fischer, S. Kleinhenz y resto de personal del mismo hicieron agradable y productiva una estancia de tres meses en el transcurso de esta Tesis doctoral.

Al Instituto Nacional de Investigación Agraria (INRA), sito en St. Gilles, Francia, y en concreto al Departamento UMR-SENAH, en el que gracias al equipo de trabajo, y especialmente a su directora, D^a Bénédicte Lebret, fue posible otra estancia de tres meses muy provechosa y gratificante.

A la financiación por parte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia a través del proyecto BIOCHATO, por parte de la Fundación Séneca por el proyecto n°AGR/13/FS/02, y por parte del INIA por el proyecto RTA2005-00163-00-00.

A la Asociación de Ganaderos ACHAMUR y a su presidente D. Alfredo López Gómez por su disposición y colaboración en los proyectos, y a las industrias cárnicas La Noria S.L. y Once Arrobas S.L., a sus directores y personal de la sala de despiece, por su ayuda y colaboración, y por el apoyo en la financiación de estos trabajos.

A los compañeros y amigos veterinarios, Cristina, Párraga, Emma, Nieves y Sergio, por su apoyo, ayuda y cariño.

Para finalizar, agradecer a mis padres, Miguel y Lola, y a mi hermana Mariló, por el apoyo incondicional recibido en todo momento, y porque sé que siempre están y estarán a mi lado.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberti P., Panea B., Ripoll G., Cañeque V., Olleta J.L., Hegueruela I., Campo M.M. y Serra X. 2005. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa), editado por Cañeque V. y Sañudo C. pp. 291-299. INIA.
- Álvarez, I., Díaz, M. T., De la Fuente, J., Lauzurica, S., Cañete, V. 2005. Metodología para el análisis de la vitamina E en la carne. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto en los rumiantes. Ed. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. pp. 313-321.
- Amer M.A. y Elliot J.I. 1973. *Can. J. Anim. Sci.* 53. pp. 139-145.
- AOAC. 1999. Método 985.35.
- Asenjo B., Miguel J.A., Ciria J. y Calvo J.L. 2005. Factores que influyen en la calidad de la carne. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa). Ed. Cañeque V. y Sañudo C. pp. 291-299. INIA.
- Asghar A., Lin C.F., Gray J.I., Buckley D.J., Booren A. y Flegal C.J. 1990. Effect of dietary oils and tocopherol supplementation on membranous lipid oxidation in broiler meat. *J. Food Sci.* 55. pp. 46-50.
- Barba C. 1999. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico como base para su conservación. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Facultad de Veterinaria. pp. 62-70.
- Barba C., Delgado J.V., Sereno R.B.S., Dieguez E. y Cañuelo P. 2000. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico. 1: Estudio preliminar de los pesos y crecimientos en premontanera y montanera. *Archivos de Zootecnia* 49. pp: 179-187.
- Barba C., Delgado J.V., Diéguez E. y Cañuelo P. 2001. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico basada en el comportamiento en matadero. *Archivos de Zootecnia* 50. pp. 125-132.
- Barton-Gade P.A. 1980. Further investigations in the relationships between measurements carried out on the slaughter line and pig meat quality the day after slaughter. Proc. 26th European Meeting of Meat Research Workers. Colorado, Springs, USA.
- Barton-Gade P. y Blaabjerg L.O. 1989. Preliminary observations on the behavior and meat quality of free range pigs. Proceedings of the 35th international congress of meat science and technology. pp. 1002-1005.
- Batallé. 2006. Calidad de carne y mejora genética. <http://www.batalle.com/web/pdfs/cal-gen.pdf>. Consultado el 14 de septiembre de 2006.
- Beltrán J.A. y Roncalés P. 2005. Determinación de la textura. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa). Ed. Cañeque V. y Sañudo C. pp. 237-242. INIA.
- Benito J., Vázquez C., Menaya C., Ferrera J.L., García Casco J.M., Silió L., Rodríguez J. y Rodríguez M.C. 1998. Evolución de los parámetros productivos en distintas líneas de cerdo Ibérico. IV Simposio Internacional del cerdo Mediterráneo. Évora. Portugal.
- Beriain M.J., Sarries M.V., Indurain G. y Insausti K. 2005. Análisis de la composición en ácidos grasos de la grasa animal. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa). Ed. Cañeque V. y Sañudo C. pp. 282-290. INIA.
- Bidner B.S., Ellis M., Witte D.P., Carr S.N. y McKeith. 2004. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendement napole genotype on fresh pork quality. *Meat Science* 68. pp. 53-60.
- Bosi P., Cacciavillani J.A., Casini L., Fiego D.P., Marchetti M. y Mattuzzi S. 2000. Effects of dietary high-oleic acid sunflower oil, copper and vitamin E levels on the fatty acid composition and the quality of dry cured Parma ham. *Meat Sci.* 54. pp. 119-126.

- Bryhni E.A., Kjos N.P., Obstad R. y Hunt M. 2002. Polyunsaturated and fish oil in diets for growing-finishing pigs: effects on fatty acid composition and meat, fat and sausage quality. *Meat Science* 62. pp. 1-8.
- Cabello A. 2005. Contribución de la diferenciación morfológica de las variedades del cerdo Ibérico como base para su conservación. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. España.
- Callow E.H. 1962. *Food Processing Packaging*. 31. 123.
- Castaing J. y Cazaux J. G. 2000. Incidence du poids d'abattage et de la céréale sur les performances des porcs charcutier et la qualité des produits de salaisonnerie. 32èmes Journées de la Recherche Porcine en France. Paris. Febrero. 32. pp: 305-309.
- Castillo R. 2000. http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivirsano/doc/nutricion/doc/minerales2.htm. Consultado el 29 de septiembre de 2006.
- CESNID. 2004. Tablas de composición de alimentos. Ed. Mc. Graw-Hill-Interamericana.
- Chrystall B. 1994. Meat texture measurement in *Advances in Meat Research*. Vol. 9. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Ed. A.M. Pearson y T.R. Dutson. Blackie Academic & Professional, London. pp. 316-336.
- Ciriá J. y Garcés C. 1995. El cebo intensivo en ganado porcino. En: *Zootecnia. Bases de producción animal*. Buxadé, C. Ed. Mundi-prensa. Madrid. Tomo VI. pp: 180-197.
- Codina J. 1947. El cerdo céltico y sus derivados españoles. *Soc. Vet. Zootec.*, 140.
- Colomer F. y Kirton A.H. 1975. Las bases de la clasificación de canales ovinas. Análisis de la nueva clasificación de canales ovinas para exportación en Nueva Zelanda. ITEA. 21. pp. 26-57.
- Correa J.A., Faucitano L., Laforest J.P., Rivest J., Marcoux M. y Gariépy C. 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Science* 72. pp. 91-99.
- Danielsen V., Hansen L. L., Moller F., Bejrholm C. y Nielsen S. 2000. Production results and sensory meat quality of pigs fed different amounts of concentrate and ad lib. Clover grass or clover grass silage. En: Hermansen, J.E., Lund, V., Thuen, E. (Eds), *Ecological Animal Husbandry in the Nordic Countries. Proceedings from NJF-seminar No. 303* (pp. 79-86), Horsens, Dinamarca 16-17 Septiembre 1999.
- Daszkiewicz T., Denaburski Jerzy y Sáiz Cidoncha F. 2004. Efecto de la grasa intramuscular sobre la calidad sensorial de la carne. *Av. Tecnol. Porc.* 1 (7-8). pp. 4-12.
- Daza A., Mateos A., López Carrasco C., Rey A., Ovejero I. y López-Bote C.J. 2006. Effect of feeding system on the growth and carcass characteristics of Iberian pigs, and the use of ultrasound to estimate yields of joints. *Meat Science* 72. pp. 1-8.
- Desmoulin B. 1986. *Qualité des carcasses. Le porc et son élevage*. Ed. J.M. Pérez, P. Moruet, A. Rerat. Maloine. París.
- Díaz R. 1953. *Ganado Porcino*. Ed. Salvat Editores. Madrid. pp. 68.
- Dickerson R.E. 1964. En: *The Proteins*, p.4. Ed. H. Neurath. Academic Press, Inc., Nueva York.
- Edwards S.A. 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science* 94. pp. 5-14.
- Enser M., Hallett K., Hewett B., Fursey G.A.J. y Wood J.D. 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science* 44. pp. 443-458.
- Enfält A.C., Lundström K., Hansson I., Lundeheim N. y Nyström P.E. 1997. Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on

- carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Sci.* 45. 1-15.
- Estévez M., Morcuende D. y Cava-López R. 2003. Physico-chemical characteristics of *M. Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. *Meat Science* 64. pp. 499-506.
- Estévez M., Morcuende D. y Cava R. 2006. Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of frankfurters. *Meat Sci.* 72. pp. 356-364.
- Faucitano L., Saucier L., Correa J.A., Méthot S., Giguère A., Foury A., Mormède P. y Bergeron R. 2006. Effect of feed texture, meal frequency and pre-slaughter fasting on carcass and meat quality, and urinary cortisol in pigs. *Meat Science* 74. pp. 697-703.
- Fernandez X., Monin G., Talman A., Mourot F. y Lebret B. 1999. Influence of intramuscular fat on the quality of pig meat – 2. Consumer acceptability of *m. Longissimus lumborum*. *Meat Science* 53. pp. 67-72.
- Fischer K., Lindler J.P., Judas M. y Höreth R. 2006a. Schlachtkörperzusammensetzung und Gewebebeschaffenheit von schweren Schweinen. I. Mitteilung: Material und Methoden, Mastleistung, Schlachtkörperzusammensetzung und Teilstückanteile. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 49, 3. pp. 269-278.
- Fischer K., Lindler J.P., Judas M. y Höreth R. 2006b. Schlachtkörperzusammensetzung und Gewebebeschaffenheit von schweren Schweinen. II. Mitteilung: Merkmale der Fleisch- und Fettqualität. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 49, 3. pp. 279-292.
- Fortina R., Barbera S., Lussiana C., Mimosi A., Tassone S., Rossi A. y Zanardi E. 2005. Performances and meat quality of two Italian pig breeds fed diets for commercial hybrids. *Meat Science* 71. pp. 713-718.
- Franci O., Bozzi R., Pugliese C., Acciaioli A., Campodoni G. y Gandini G. 2005. Performance of Cinta Senese pigs and their crosses with Large White. 1. Muscle and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science* 69. pp. 545-550.
- Galián M., Peinado B., Martínez C., Periago M.J., Ros G. y Poto A. 2005a. Descripción de la composición mineral y otros parámetros de calidad del músculo Longissimus dorsi del cerdo Chato Murciano en pureza y cruzado con cerdo Large White, en condiciones de explotación outdoor. *Anales de Veterinaria de Murcia* 21. pp. 127-138.
- Galián M., Freudenreich P. y Fischer K. 2005b. NIRS und NIT als Schnellmethoden für die Fettsäuren-Bestimmung bei Schweinerücken-speck. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 44, Nr. 170. pp. 305-310.
- Galián M., Peinado B., Martínez C., Periago M.J., Ros G. y Poto A. 2007. Comparative study of the characteristics of the carcass and the meat of the Chato Murciano pig and its cross with Iberian pig, reared indoors. *Animal Science Journal* 78 (6).
- Galián M., Peinado B., Alcaraz F., Santaella M. y Poto A. En preparación. Effects of the rearing system on carcass, meat and fat quality traits of the Chato Murciano pig.
- Gandemer G., Bonnot D., Vedrenne P., Caritez J.C., Berge P., Briant E. y Legault C. 1990. Influence du system d'élevage et du génotype sur la composition chimique et les qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *J. Rech. Por. Fr.* 22. pp. 101-110.
- Garrido M.D., Bañón S. y Álvarez D. 2005. Medida del pH. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) Ed. Cañeque V. y Sañudo C. pp. 206-215. INIA.
- Giese J. 1995. Measuring physical properties of foods. *Food Technol.* 49 (2). pp. 54-63.
- Gispert M. y Diestre A. 1999. Consideraciones sobre la clasificación de canales porcinas en España. En: Jornada técnica: Factores que

- afectan a la eficiencia productiva y la calidad en porcino. Ed. IRTA. Vic, Barcelona.
- Glodek P., Böhme H., Chaineter W. y Möllers B. 2001. Influence of feed quality on fattening and carcass performance of multiple crosses between intensive breeds and endangered local breeds. *Züchtungskunde* 73(4). pp. 266-276.
- González-Martín I., González-Pérez C., Hernández-Méndez J. y Álvarez-García N. 2002. Mineral analysis (Fe, Zn, Ca, Na, K) of fresh Iberian pork loin by near infrared reflectance spectrometry. Determination of Fe, Na, and K with a remote fibre-optic reflectance probe. *Anal. Chimica Acta* 468. pp. 293-301.
- Hamm R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. En: *Muscle as food*. (Bechtel, P.J.), Academic Press, Orlando. pp. 135-199.
- Hammond J. 1932. Growth and development of mutton qualities in the sheep. Olivier and Boyd. Londres.
- Hansen L.L., Bejerholm C., Claudi M.C. y Andersen H.J. 2000. Effects of organic feeding including roughage on pig performance, technological meat quality and the eating of the pork. En: Vol. Basel, Switzerland, 28 to 31 August, 2000. 2000, 288; 1 ref. pp. 288.
- Hansen L.L., Claudi-Magnussen C., Jensen S.K. y Andersen H.J. 2006. Effect of organic pig production system on performance and meat quality. *Meat Science* 74. pp. 605-615.
- Hays W. Vilgil y Swenson J. Melvin. 1999. Minerales y huesos. En: *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*. 2ª Ed. Compilado por Swenson M.J. y Reece W.O. Ed. UTEHA, Noriega Editores, México D.F. pp. 517-535.
- Herranz J. 1987. Elogio y Reivindicación del Cerdo. Ed. Cajamurcia.
- Hoffman K. 1987. Der Begriff Fleischqualität: Definition und Anwendung. *Fleischwirtschaft* 67. pp. 44-49.
- Hoffmann K. 1990. Definition and measurement of meat quality. Proc. 36th ICoMST. La Habana, Cuba. pp. 941-954.
- Honikel K.O. 1997. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chem.* 9. pp. 573-582.
- Honikel K.O. 1998. Reference Methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49 (4). pp. 447-457.
- <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/mioglobina.html>. 2006. Consultado el 25 de septiembre de 2006.
- Huerta-Leidenz N., Arenas de Moreno L., Moron-Fuenmayor O. y Uzcátequi-Bracho, S. 2003. Composición mineral del músculo longissimus crudo derivado de canales bovinas producidas y clasificadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 53 (1). pp. 96-101. ISSN 0004-0622.
- Igrn, I. 1989. Meat quality: defining the term by modern standards. *Fleischwirtschaft* 69 (8). pp. 1268-1270.
- Infocarne. 2006. http://www.infocarne.com/cerdo/razas_cerdo.asp. Consultado el 14 de noviembre de 2006.
- ISO 1443. 1979. Meat and Meat Content. Determination of Fat.
- James S.J. y Swain M.V.L. 1986. Proc. Inst. R., 87, 3.1.
- Jiménez E.M. y Trócoli F.J. 2000. La dehesa virtual. Universidad de Córdoba. <http://www.uco.es/dptos/prodanimal/economia/dehesa/index.htm>. Consulta- do el 26 de septiembre de 2006.
- Judge M.D., Aberle E.D., Forrest J.C., Hedrick H.B. y Merkel R.A.. 1989. Principles of meat science. Second edition. Kendall / Hunt Pub. Co. Dubuque, Iowa. pp. 271.
- Küchenmeister U., Kuhn G. y Ender K. 2005. Preslaughter handling of pigs and the effect on heart rate, meat quality, including tenderness, and sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ transport. *Meat Science* 71. pp. 690-695.

- Labroue F., Luquet M., Guillouet P., Bussière J.F., Glodek W., Wemheuer W., Gandini G., Pizzi F., Delgado J.V., Poto A. y Ollivier I. 2000a. La cryoconservation des races porcines menacées de disparition. la situation en France, en Allemagne, en Italie et en Espagne. Proceeding 32 Journées de la recherche porcine en France 32. pp. 419-427.
- Labroue F., Goumy S., Grouand J., Mourot J., Neelz V. y Legault C. 2000b. Etude comparative de 4 races locales pour les performances de croissance, carcasse et qualité de la viande. Journées de la Recherche Porcine en France 32. pp. 403-411.
- Laencina J., Garrido M.D., Pedauy  J., López M.B., Ba n n S., Granados M.V., Segui J. y Alvarez D. 1996. Estudio comparado de la calidad de la canal y de la carne porcina en la Región de Murcia. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua.
- Lakshmanan V., Anjaneyulu A.S.R., Sharma N. y Raina B.L. 1984. Variations in carcass parameters of swine: Hot vs. cold carcass. Indian J. Anim. Sci. 54 (5). pp. 462-464.
- Lammens V., Peeters E., De Maere H., De Mey E., Paelinck H., Leyten J. y Geers R. 2006. A survey of pork quality in relation to pre-slaughter conditions, slaughterhouse facilities, and quality assurance. Meat Science. doi:10.1016/j.meatsci.2006.08.001.
- Lawrie R.A. 1991. Meat Sci 5th edition, Pergamon Press, Oxford.
- Lawrie R.A. 1998. Gluc lisis postmortem. En: Ciencia de la carne. Ed. Acribia S.A. Zaragoza. Espa a. pp 77-79.
- Lebret B., Lefaucheur L. y Mourot J. 1999. La qualité de la viande de porc. Influence des facteurs d'levage non génétiques sur les caractéristiques du tissu musculaire. Productions Animales 12. pp. 11-28.
- Lebret B., Juin H., Noblet J. y Bonneau M. 2000. Effets comparés de deux méthodes d'augmentation de l'âge a l'abattage des pors sur la composition de la carcasse et des muscles, et la qualité sensorielle de la viande. 32 mes Journées de la Recherche Porcine en France 32. Paris. Febrero. pp: 329-335.
- Lebret B., Massabie P., Granier R., Juin H., Mourot J. y Chevillon P. 2002. Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. Meat Science 62. pp. 447-455.
- Leonhard M. y Wenk C. 1997. Variability of Selected Vitamins and Trace Elements of Different Meat Cuts. Journal of Food Composition and Analysis 10. pp. 218-224.
- Lobera J.B. 1998. El cerdo Chato Murciano. Orígenes e historia. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua.
- Lombardi-Boccia G., Lauzi S. y Aguzzi A. 2005. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. Journal of Food Composition and Analysis 18 (1). pp. 39-46.
- López J.L. y Ginés R. 1996. El cerdo Negro Canario. Mundo Ganadero. Año VII. N  83. Noviembre. pp. 36-37.
- López-Bote C., Fructuoso G. y Mateos G.G. 2000. Sistemas de producción porcina y calidad de la carne. El cerdo Ibérico. XVI Curso de Especialización FEDNA. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- MAPA. 2004. Anuario de Estadística Agro-alimentaria.
- Martínez A.M., Peinado B., Barba C., Delgado J.V. y Vega-Pla J.L. 2000. Genetic analysis of the Chato Murciano pig and its relationships with the Iberian pig using microsatellites. 27th International Conference on Animal Genetics. ISAG 2000. Minnesota, 22-26. DO14. pp. 81.

- Martínez Gallego, 1986. Citado por: Lobera, 1998. El cerdo Chato Murciano. Orígenes e historia. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua.
- Mataix J. 2003. Tabla de composición de alimentos. 4ª Edición. Universidad de Granada.
- Mateos G.G., García Valencia D. y Jiménez Moreno E. 2004. XX Curso de especialización FEDNA. Barcelona, 22 y 23 de Noviembre de 2004.
- Mayoral A.I. (1994). El crecimiento en la canal porcina Ibérica: Estudio anatómico-descriptivo y consideraciones aplicativas. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura.
- McCance y Widdowson's. 1991. The composition of foods. Royal Society of Chemistry. 5th Ed. Cambridge. UK.
- Ministerio de Economía Nacional, 1930. Citado por: Lobera, 1998. El cerdo Chato Murciano. Orígenes e historia. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua.
- Ministerio de Salud y Seguridad Social del Reino Unido. 1994. Diet and cardiovascular disease. Report on health and social subjects. Ed: Her Majesty's Stationery Office, Londres, RU.
- Miller D. 2000. Minerales. En: Química de los Alimentos, 2ª Edición. Ed. Owen R. Fennema. pp. 735-770. Acribia S.A.
- Mitchaothai J., Yuangklang C., Wittayakun S., Vasupen K., Wongsutthavas S., Srenanul P., Hovenier R., Everts H. y Beynen A.C. 2007. Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine. *Meat Sci.* 76. pp. 95-101.
- Monin G. y Ouani A. 1992. Muscle differentiation and meat quality. En: Developments in meat science. 5th Ed. R. Lawrie. Elsevier Applied Science. London. pp. 89-157.
- Monziols M., Bonneau M., Davenel A. y Kouba M. 2007. Comparison of the lipid content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose tissues in pig carcasses. *Meat Sci.* 76. pp. 54-60.
- Morgan J.B., Savell J.W., Hale D.S., Miller R.K., Griffin D.B., Cross H.R. y Shackelford S.D. 1991. National beef tenderness survey. *J. Anim. Sci.* 69. pp. 3274-3283.
- Mörlein D. 2005. Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) im M. Longissimus von Schweinen mittels Ultraschallspektralanalyse. Tesis doctoral. ULB Sachsen-Anhalt. Alemania.
- Mota-Rojas D., Becerril M., Lemus C., Sánchez P., González M., Olmos S.A., Ramírez R. y Alonso-Spilsbury M. 2006. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science* 73. pp. 404-412.
- Muñoz M. y Ledesma J.A. 2002. Tablas de valor nutritivo de alimentos. Ed. Mc Graw Hill.
- Nilzén V., Babol J., Dutta P.C., Lundeheim N., Enfalt A.C. y Lundstrom K. 2001. Free range rearing of pigs with access to pasture grazing – effect on fatty acid composition and lipid oxidation products. *Meat Science* 58 (3). pp. 267-275.
- Nowak B., Mueffling T.V. y Hartung J. 2006. Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: Impact on animal welfare and meat quality. *Meat Sci.* Doi:10.1016/j.meatsci. 2006.07.014.
- Nuernberg K., Fischer K., Nuernberg G., Kuechenmeister U., Klosowska D., Eliminowska-Wenda G., Fiedler I. y Ender K. 2005. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science* 70. pp. 63-74.
- Offer G. y Knight P. (1988). The structural basis of water-holding in meat; Part 2: Drip Losses. En: Developments in Meat Science 4, ed. R. Lawrie, p. 173-241. Elsevier, Oxford.

- Oliver M.A., Gispert M., Tibau J. y Diestre A. 1991. The measurement of light scattering and electrical conductivity for the prediction of pig meat at various times postmortem. *Meat Science* 29. pp. 141-151.
- Orden APA/213/2003, de 10 de febrero, por la que se establecen normas de desarrollo del Real Decreto 1083/2001, de 5 de octubre, por el que se aprueba la Norma de calidad para el jamón ibérico, paleta ibérica y caña de lomo ibérico elaborados en España.
- Ordóñez J.A., Cambero M.I., Fernández L., García M.L., García de Fernando G., de La Hoz L. y Selgas M.D. 1998. Cambios postmortem del músculo. En: *Tecnología de los alimentos*. Vol. II. Alimentos de origen animal. Ed. Síntesis S.A. Madrid. pp. 170-184.
- Panés A. 1916. *Ganadería Murciana*. Artes Gráficas Matero. pp. 20-23.
- Paredes A. 1983. El ganado porcino de raza Chato Negro Murciano. *ONE Actualidad Pecuaria* 34. pp. 95-96.
- Pearson A.M. y Young R.B. 1989. En: *Muscle and Meat Biochemistry*. Food Science and Technology. A series of Monographs. Academic Press Inc. San Diego. USA.
- Peinado B., Poto A., Marín M. y Lobera J.B. 1999. Parámetros productivos del cerdo Chato Murciano (Estudio preliminar). III Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales (S.E.R.G.A.) y I Congreso Ibérico sobre los Recursos Genéticos Animales. 11, 12 y 13 de Noviembre, Lugo.
- Peinado B., Marín M., Barba C., Sereno J.R. y Poto A. 2000. Estudio comparativo de parámetros de la canal entre cerdos de raza Chato Murciano con diferentes pesos vivos. I Symposium Ibero-americano sobre Conservación de Recursos Genéticos Animales. Corumbá, Brasil.
- Peinado B., Poto A., Marín M. y Lobera J.B. 2001. Raza porcina Chato Murciano. *Porci: Conservación genética de razas autóctonas* (II) 61. pp. 39-55.
- Peinado B., Poto A., Gil F. y López G. 2002. Características de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano. V Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales (SERGA). III Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales (SPREGA). 18, 19 y 20 de septiembre. Madrid.
- Peinado B., Poto A., Gil F. y López G. 2004. Characteristics of the carcass and meat of the Chato Murciano pig. *Livest. Prod. Sci.* 90. pp. 285-292.
- Peinado B., Galián M., Alcaraz F., Santaella M. y Poto A. En prensa. Effects of two different diets on carcass and meat quality traits of Chato Murciano pigs reared outdoors.
- Pfeffer E. y Flachowsky G. 2002. Minerales. En: *Fisiología Veterinaria*, editado por Engelhard W. y Breves G. pp. 637-651. Ed. Acribia S.A.
- Piedrafita J., Christian L.L. y Lonergan S.M. 2001. Fatty acid profiles in three stress genotypes of swine and relationships with performance, carcass and meat quality traits. *Meat Science* 57. pp. 71-77.
- Pla Torres M. 2005. Determinación de la textura. En: *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa)*, editado por Cañeque V. y Sañudo C. pp. 243-250. INIA.
- Poto A., Peinado B., Marín M. y Lobera J.B. 1999. Evolución del cerdo de raza Chato Murciano. Situación actual. III Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales (S.E.R.G.A.) y I Congreso Ibérico sobre los Recursos Genéticos Animales. 11, 12 y 13 de Noviembre, Lugo.
- Poto A., López G., Medina P., González J., Lobera J.B., Martínez M. y Peinado B. 2000a. La mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Archivos de Zootecnia* (49). n° 185-186. pp. 195-200.

- Poto A., Peinado B., Marín M., Barba C. y Delgado J.V. 2000b. Estudio comparativo de los parámetros de la canal en el cerdo Chato Murciano y cruces de cerdo Ibérico. Primera Reunión de la Sociedad Portuguesa de Recursos Genéticos Animales y II Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales. Santarém, Portugal.
- Poto A., Martínez M., Barba C., Peinado B., Lobera J.B. y Delgado J.V. 2000c. Ethnozootechnical characterization and análisis of the genetic situation of the Chato Murciano pig breed. Proceedings of the 4th International Symposium on Mediterranean Pig. Evora (Portugal), 26-28 de noviembre de 1998. Tradition an innovation in Mediterranean pig production. Serie A. Nº 41. pp. 67-70.
- Poto A., Peinado B., Barba C., Delgado J.V. 2000d. Congelación de semen porcino de razas autóctonas en peligro de extinción. Influencia de la metodología en bancos de germoplasma para pequeñas poblaciones. Archivos de Zootecnia (49). nº 188. pp. 493-496.
- Poto A., Peinado B., Marín M. y Lobera J.B. 2002. El cerdo Chato Murciano. *EdiPorc*. Nº 54. pp. 7-17.
- Poto, A. 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.
- Poto A., Galián M. y Peinado B. 2007. Chato Murciano pig and its crosses with Iberian and Large White pigs, reared outdoors. Comparative study of the carcass and meat characteristics. *Liv. Sci*. Doi:10.1016/j.livsci.2006.12.005.
- Poto A., Alcaraz F., Galián M. y Peinado B. En preparación. Categorización de la canal porcina y su despiece. *Porci*.
- Prändl O. 1994. Obtención de la carne. En: *Tecnología e Higiene de la Carne*, editado por Prändl O., Fischer A., Schmidhofer T. y Sinell H. pp. 5-7. Ed. Acibia S.A.
- Pugliese C., Madonia G., Chiofalo V., Margiotta S., Acciaiola A. y Gandini G. 2003. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors. Growth and carcass composition. *Meat Science* 65. pp. 825-831.
- Pugliese C., Calagna G., Chiofalo V., Moretti V.M., Margiotta S., Franci O. y Gandini G. 2004a. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors: 2. Joint composition, meat and fat traits. *Meat Science* 68. pp. 523-528.
- Pugliese C., Bozzi R., Campodoni G., Acciaiola A., Franci O. y Gandini G. 2004b. Performance of Cinta Senese pigs reared outdoors and indoors 1. Meat and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science* 69. pp. 459-464.
- Raimondi R., De María C., Auxilia M.A. y Masoero G. 1975. Effetto della grassatura dei mangini sulla produzione della carne di coniglio III. Contenuto in acidi gras delle carni e del grasso perirenale. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* 8. pp. 167-181.
- Ramírez R. y Cava R. 2006. Carcass composition and meta quality of three different Iberian x Duroc genotype pigs. *Meat Science*. Doi:10.1016/j.meatsci.2006.08.003.
- Real Decreto 147/1993, de 29 de enero, por el que se establece las condiciones de producción y comercialización de carnes frescas.
- Real Decreto 1682/1997, de 21 de noviembre, por el que se actualiza el catálogo oficial de razas de ganado de España.
- Real Decreto 1083/2001, de 5 de octubre, por el que se aprueba la Norma de Calidad para el jamón ibérico, paleta ibérica y caña de lomo ibérico elaborados en España.
- Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos.
- Reglamento (CEE) nº 3220/84 del Consejo, de 13 de noviembre de 1984, por el que se determina

- el modelo comunitario de clasificación de las canales de cerdo.
- Reixach J. 2004. TB-Duroc: La Calidad de Carne. www.batalle.com. Consultado el 16 de octubre de 2006.
- Renaudeau D. y Mourot J. 2007. A comparison of carcass and meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 90 kg BW. *Meat Sci.* 76. 165-171.
- Rey, A.I. y López-Bote, C. 2000. *Journal of Animal Physiology Animal Nutrition*. Citado por López Bote C., Fructuoso G. y Mateos, G. G. 2000. Sistemas de producción porcina y calidad de la carne. El cerdo Ibérico. XVI Curso de Especialización FEDNA. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- Rosenvold K. y Andersen H. J. 2003. Factors of significance for pork quality – a review. *Meat Science* 64. pp. 219-237.
- Ruane J. 1999. Selecting breeds for conservation. Editado por Oldenbroek J.K. Genebanks and the conservation of farm animal genetic resources. ID-DLO, Lelystad. Países Bajos.
- Ruusunen M., Partanen K., Pösö R. y Puolanne E. 2006. The effect of dietary protein supply on carcass composition, size of organs, muscle properties and meat quality of pigs. *Livestock Science*. Doi:10.1016/j.livsci.2006.09.021.
- Sánchez L., de Jesús C. y Monserrat L. 2001. Raza Celta. Porci: Conservación genética de razas autóctonas (II). N°61: 57-65.
- Santos Arán. 1914. Ganado de Cerda. Biblioteca Pecuaria.
- Sanz M.C., Verde M.T., Sáez T. y Fernández A. 1996. Estrés presacrificio y aparición de carnes oscuras en terneros. *Medicina Veterinaria* 13(10). pp. 554-559.
- Sather A.P., Jones S.D.M., Schaefer A.L., Colyn J. y Robertson W.M. 1997. Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 77(2). pp. 225-232.
- Scheper J. y Scholz W. 1985. DLG-Schnittführung für die Zerlegung der Schlacht-körper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf. DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- Serra X., Gil F., Pérez-Enciso J., Oliver M.A., Vázquez J.M., Gispert M., Díaz I., Moreno F., Latorre R. y Noguera J.L. 1998. A comparison of carcass, meat quality and histological characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science* 56. pp. 215-223.
- Schulte E. y Weber K. 1989. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from fats with trimethylsulfonium hydroxide or sodium methylate. *Fet. Wiss. Technol.* 91 (5), 181-3.
- Solis M., de Pedro E., Garrido A., García J., Silió L., Rodríguez C. y Rodríguez J. 2001. Evaluación de la composición del lomo del cerdo Ibérico mediante la tecnología NIRS. En <http://www.uco.es/organiza/departamentos/produccion/animales/cerdoiberico/Bibliografia/A35Aida01p3.PDF>. Consultado el 7 de enero de 2007.
- Sundrum A., Butfering L., Henning M. y Hoppenbrock K.H. 2000. Effects of on-farm diets for organic pig production on performance and carcass quality. *Journal of Animal Science* 78(5). pp. 1199-1205.
- Szczesniak A.S. 1963. Objective measurements of food texture. *J. Food Sci.* 28, 410.
- Terlouw C. 2005. Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience. A brief review of recent findings. *Livestock Production Science* 94. pp. 125-135.
- Teye G.A., Sheard P.R., Whittington F.M., Nute G.R., Stewart A. y Wood J.D. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science* 73. pp. 157-165.

- Tibau J., Puigvert X., Soler J., Trilla N., Diestre A., Gispert M., Fernández J. y Manteca X. 1997. Incidencia de factores genéticos y de comportamiento en la eficiencia del crecimiento, la composición y la calidad de la canal y de la carne en distintas razas porcinas. *Anaporc* 171. pp. 74-91.
- Torrens A. 1948. El cerdo Mallorquín. I Congreso Veterinario de Zootecnia. Soc. Vet. Zoot. Madrid. 2. pp: 458.
- Vega-Pla J.L., Martínez A.M., Peinado B., Poto A. y Delgado J.V. 2001. Técnicas moleculares en el apoyo a la conservación del cerdo Chato Murciano. II Simposium Iberoamericano sobre Conservación de Recursos Genéticos y Desarrollo Rural Sustentable. Santa Ana de Coro. Estado de Falcón. Venezuela. Diciembre de 2001.
- Ventanas J., Andrés A.I., Petró M.J., García C. y Ruiz J. 2003. Factores que determinan las atribuciones de calidad del jamón ibérico. *Producción animal*. N° 190. pp. 38-51.
- Vicobos.es.vg. 2006. <http://usuarios.lycos.es/vicobos/nutricion/carne.htm>. Consultado el 3 de octubre de 2006.
- Warmants N., Van Oeckel M.J. y Boucqué Ch.V. 1996. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for quality of end products. *Meat Science* 44. pp. 125-144.
- Warner R.D., Kauffman R.G. y Greaser M.L. 1997. Muscle Protein Changes *Post Mortem* in Relation to Pork Quality Traits. *Meat Science* 45. pp. 339-352.
- Witte D.P., Ellis M., McKeith F.K. y Wilson E.R. 2000. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. *Journal of Animal Science* 78(5). pp. 1272-1276.
- Wood J.D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. En: Wiseman J., Editor, 1984. *Fats in animal nutrition*, Butterworths, London, pp. 407-435.
- Wood J.D. y Enser M. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition* 78. pp. S49-S60.
- Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E., Sheard P.R. y Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66. pp. 21-32.
- Wood J.D., Nute G.R., Richardson R.I., Whittington F.M., Southwood O., Plastow G., Mansbridge R., da Costa N. y Chang K.C. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science* 67. pp. 651-667.

XII. ABREVIATURAS EMPLEADAS

a*24: valor a* medido a las 24 horas post-mortem.

a*45: valor a* medido a los 45 minutos post-mortem.

AGM: ácidos grasos monoinsaturados.

AGP: ácidos grasos poliinsaturados.

AGS: ácidos grasos saturados.

b*24: valor b* medido a las 24 horas post-mortem.

b*45: valor b* medido a los 45 minutos post-mortem.

CH: Chato Murciano.

CHE: Chato Murciano explotado al aire libre.

CHI: Chato Murciano explotado en intensivo.

CHxIB: Chato Murciano cruzado con Ibérico.

CHxIBE: Chato Murciano cruzado con Ibérico explotado al aire libre.

CHxIBI: Chato Murciano cruzado con Ibérico explotado en intensivo.

CRA: capacidad de retención de agua.

DFD: dark (oscuro), firm (duro), dry (seco).

ETD: espesor de tocino dorsal.

Ftotal: fuerza total aplicada en el test de resistencia al corte Warner-Bratzler.

Fmax: fuerza máxima puntual aplicada en el test de resistencia al corte Warner-Bratzler.

IM: intramuscular.

L*24: valor L* medido a las 24 horas post-mortem.

L*45: valor L* medido a los 45 minutos post-mortem.

LC: longitud de la canal.

LJ: longitud del jamón.

Ll: longísimo lumbar.

LM: longitud de la mano.

LP: longitud de la pata.

PMJ: perímetro máximo del jamón.

PC: perímetro de la caña.

PCC: peso de la canal caliente.

PCF: peso de la canal fría.

PCO: pérdidas por cocción.

PG: pérdidas por goteo.

pH₂₄: pH medido a las 24 horas post-mortem.

pH₄₅: pH medido a los 45 minutos post-mortem.

PSE: pale (pálido), soft (blando), exudative (exudativo).

PV: peso vivo.

RCC: rendimiento de la canal caliente.

RCF: rendimiento de la canal fría.

WBST: Warner-Bratzler Shear Test.

Para una mejor comprensión y lectura, estas abreviaturas aparecerán aclaradas de nuevo a lo largo del presente trabajo.

XIII. ANEXO II. PUBLICACIONES REALIZADAS

DESCRIPCIÓN DE LA COMPOSICIÓN MINERAL Y OTROS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL MÚSCULO *LONGISSIMUS DORSI* DEL CERDO CHATO MURCIANO EN PUREZA Y CRUZADO CON CERDO LARGE WHITE, EN CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN OUTDOOR

Description of the mineral composition and other quality parameters of the muscle *Longissimus dorsi* of the Chato Murciano pig pure and crossed with Large White, reared outdoor.

M. Galián*, **C. Martínez****, **M.J. Periago****, **G. Ros****, **B. Peinado***, **A. Poto*#**.

* Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), Estación Sericícola, C/. Mayor, s/n, 30150, La Alberca, Murcia, España.

** Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, 30100, España.

Autor de referencia: angel.poto@carm.es.

Estudio financiado por el IMIDA y Consejería de Agricultura y Agua (Proyecto Biochato).

RESUMEN

El cerdo Chato Murciano es una raza autóctona en peligro de extinción. Actualmente es explotado en sistema intensivo y, ocasionalmente, en sistema outdoor. En este trabajo ha sido estudiada la composición mineral (calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc, fósforo, manganeso, potasio y sodio) y otras características del músculo longísimo lumbar (*Longissimus dorsi*) (pH, color, grasa intramuscular) de un total de 22 animales, divididos en dos lotes, Chato Murciano (CH) y Chato Murciano cruzado con Large White (CH x LW), explotados en sistema de producción outdoor.

Entre los resultados obtenidos, destacamos que la carne del cerdo Chato Murciano y su cruce con Large White es especialmente rica en hierro y cobre, abundante en fósforo, y ligeramente deficiente en calcio y sodio. Además tiene unos niveles muy elevados de grasa intramuscular (13,01% en CH, 11,17% en CH x LW). Los valores obtenidos en cuanto al color y al pH se enmarcan dentro de lo normal para esta especie.

Al realizarse las correlaciones entre los diversos parámetros de calidad estudiados, destacamos para la composición mineral, los existentes entre hierro y cobre (0,50), cobre y magnesio (0,41), sodio y magnesio (0,39), potasio y calcio (0,40), y zinc y fósforo (0,51); además en el resto de parámetros de la carne estudiados han aparecido diversas correlaciones positivas.

Palabras clave: Chato Murciano, Large White, calidad de la carne, cerdo, longísimo lumbar, explotación outdoor.

ABSTRACT

The Chato Murciano pig is an autochthonous breed in danger of extinction. At present commonly reared in an intensive system, and occasionally, in an outdoor system. In this paper the mineral composition (calcium, magnesium, iron, copper, zinc, phosphorus, manganese, potassium and sodium) and other characteristics of the *Longissimus dorsi* muscle (pH, colour, intramuscular fat) from a total number of 22 pigs. The animals were divided in two groups, Chato Murciano (CH) and Chato Murciano crossed with Large White (CH x LW), reared in an outdoor system.

From the results obtained, we found that the meat of the Chato Murciano pig and its cross with Large White, about the mineral composition, is especially rich in iron and copper, rich in phosphorus, and slightly poor in calcium and sodium. High levels of intramuscular fat (13,01% in CH, 11,17% in CH x LW) were founded. The values obtained in colour and pH are in a normal range for this specie.

About the correlations between the different quality parameters studied, we remark the founded between iron and copper (0,50), copper and magnesium (0,41), sodium and magnesium (0,39), potassium and calcium (0,39), zinc and phosphorus (0,51). Between the rest of parameters studied, some other positive correlations have been as well founded.

Keywords: Chato Murciano, Large White, meat quality, pig, *Longissimus dorsi*, outdoor system.

1. INTRODUCCIÓN

El cerdo Chato Murciano es una raza autóctona que ha sido explotado en el levante español desde principios del siglo XX. A parte de su explotación en locales cerrados y de forma intensiva, también fue explotado en el medio natural del agro levantino en amplias superficies. Los cerdos tenían entre un año y medio y dos cuando eran sacrificados con los medios que entonces se disponían (Poto et al., 2000).

En la actualidad, el cerdo Chato Murciano es una raza en peligro de extinción en fase de recuperación debido a la importancia que está teniendo el consumo de productos transformados cárnicos genuinos de Murcia (jamón curado, lomo curado, chorizo, salchichón, sobrasada,...), fabricados con materia prima procedente de estos cerdos. La forma de explotación actual más frecuente es en sistema de manejo intensivo ubicándolos en granjas convencionales, aunque también existen explotaciones tipo camping (sistema semiextensivo).

Uno de los problemas tradicionales para la conservación de esta raza, y su utilización por parte de la industria cárnica, es el desconocimiento aún existente de sus propiedades productivas y tecnológicas diferenciales respecto al res-

to de razas porcinas (razas autóctonas y cruces comerciales). Con el consumo de la carne de esta raza porcina se pretende satisfacer también las necesidades del mercado, que demanda una gran cantidad de estos productos, esperando obtener un producto diferente y de alta calidad. Todo ello requiere un mayor conocimiento de las propiedades y características de la calidad de la canal y de la carne de esta raza porcina autóctona.

Las características que influyen en la calidad de la carne se pueden clasificar en diferentes grupos: higiénicas, nutricionales, sensoriales, tecnológicas y psicológicas (Igrn, 1989, y Hoffmann, 1990). Por ello, la calidad de la carne es el resultado de un proceso multifactorial que comienza en el momento del sacrificio, y que en gran medida depende de la raza de la que procede (Peinado et al, 2004).

El **objetivo** de este trabajo es ampliar el conocimiento de la raza porcina autóctona de la Región de Murcia "Chato Murciano", en cuanto a las características de calidad y composición de la carne, haciendo especial hincapié en la composición mineral del músculo longísimo lumbar, y cuya finalidad es dar a conocer las características de la raza que puedan ser utilizadas para incrementar su valor económico y, por tanto, su propia sustentabilidad.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Animales y sistema de producción

Para este estudio se han utilizado un total de 22 animales divididos en dos lotes de cerdos:

- El **Lote 1** está compuesto por 13 animales de raza Chato Murciano, manejados en sistema outdoor desde el momento del destete, en el que fueron transportados a la explotación, hasta el sacrificio.
- El **Lote 2** está compuesto por 9 animales de raza Chato Murciano cruzados con cerdo Large White, manejados en sistema outdoor desde el momento del destete, en el que fueron transportados a la explotación, hasta el sacrificio.

Ambos lotes fueron explotados simultáneamente en la misma finca bajo las mismas condiciones de manejo (ver figura 1). Debido a que la raza se encuentra en peligro de extinción no se pudo disponer de un mayor número de animales para este estudio.

Los animales fueron ubicados en corrales con 1.500 m² de superficie disponible, con arbolado, charca para baños, disposición de agua y alimentación a base de piensos *ad libitum* y frutos obtenidos en la propia finca (almendra verde, albaricoque y uva), teniendo como único aditivo ácido cítrico para situar en 4,5 el pH del agua, como profilaxis de procesos diarreicos. Además, los animales recibieron las vacunaciones pertinentes recomendadas por las autoridades sanitarias.



Figura 1: Lote de cerdos Chato Murciano en pureza y cruzados con Large White en sistema de explotación outdoor.

Para un mejor descanso de los animales, los cerdos de ambos lotes dispusieron de cabañas tipo camping.

2.2. Sacrificio y evaluación de la canal

Los animales fueron sacrificados con una edad superior a los 6 meses con un peso vivo medio al sacrificio (de $124,64 \pm 6,93$ kg para el lote 1, y de $130,40 \pm 16,78$ kg para el lote 2).

Las muestras de carne del músculo longísimo lumbar fueron tomadas en matadero a los 45 minutos tras el sacrificio, a partir de la media canal derecha y a nivel de la última costilla. En el mismo lugar de toma de muestra se procedió a la medición de pH y color, tanto a los 45 minutos postmortem como a las 24 horas de permanecer la canal a 4°C.

La medición del color se realizó con un colorímetro Minolta CR350, midiendo las coordenadas L*, a* y b* del sistema CIELab. La medición del pH se realizó mediante un electrodo de punción, con un pHmetro portátil Crison. La

determinación del contenido en grasa intramuscular se realizó siguiendo el método descrito en la norma ISO 1443, 1979, con el extractor Soxhlet.

2.3. Determinación de la composición mineral

Las determinaciones laboratoriales de las muestras se realizaron por duplicado. Aproximadamente a partir de 1 gramo de muestra en fresco se procedió a un proceso de obtención de cenizas en horno MUFLA, marca Herotec, Modelo HK-11. Las cenizas se sometieron a un proceso de digestión por medio de ácidos clorhídrico y nítrico durante 5 minutos. Posteriormente, el conjunto fue diluido hasta 50 ml empleando agua ultrapura tipo 1, obtenida en el aparato Milli-Q Gradient A10, quedando preparada la muestra para la determinación de los minerales en un espectrómetro de absorción por plasma, siendo el aparato utilizado de la marca Perkin-Elmer, modelo Optima 200DV.

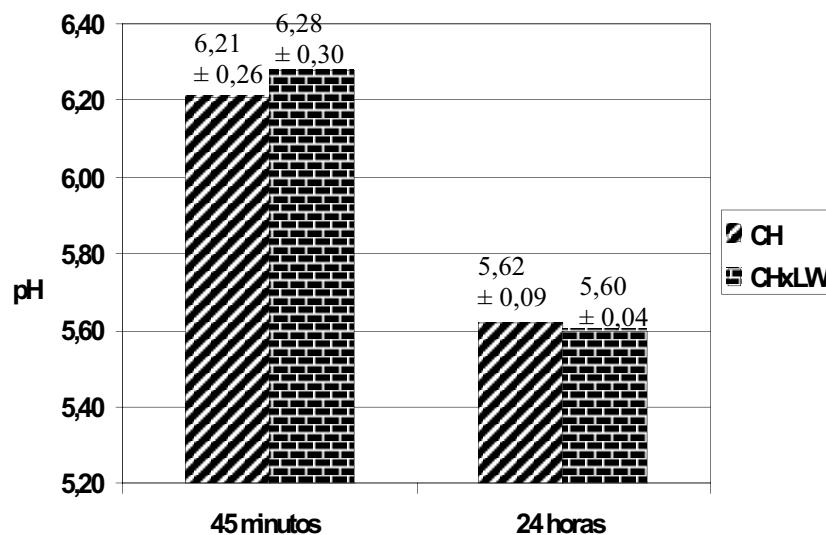


Figura 2: Evolución del pH a los 45 minutos y a las 24 horas postmortem en el músculo longísimo lumbar de los dos lotes de estudio (CH = Chato Murciano, CH x LW = Chato Murciano cruzado con Large White).

Los elementos minerales analizados fueron: calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), fósforo (P), manganeso (Mn), potasio (K) y sodio (Na). Los datos obtenidos de cada uno de los elementos minerales son expresados en mg/100gr de materia fresca, posterior a la aplicación de los factores de dilución correspondientes.

2.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus, Versión 2.1. Se realizaron los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar), un análisis de varianza, y un estudio de correlación de Pearson entre los parámetros estudiados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 son representados los resultados obtenidos en la medición del pH a los 45

minutos ($6,21 \pm 0,26$ para el lote CH, y $6,28 \pm 0,30$ para el lote CH x LW) y a las 24 horas ($5,62 \pm 0,09$ para el lote CH, y $5,60 \pm 0,04$ para el lote CH x LW) *postmortem* en el músculo longísimo dorsal de los dos lotes estudiados. Se observan resultados dentro de un rango normal, y las diferencias obtenidas entre los dos lotes no son estadísticamente significativas. Estos resultados son ligeramente inferiores a los obtenidos por Poto (2003) en cerdos de raza Chato Murciano explotados en sistema intensivo, con un pH a los 45 minutos de 6,39, y a las 24 horas de 5,71. Seguramente debido a una mayor sensibilidad al estrés de los animales explotados bajo las normas de bienestar animal proporcionadas por el sistema outdoor.

En las figuras 3 y 4 quedan representados los valores obtenidos en las mediciones del color a los 45 minutos (valores L^* de $37,00 \pm 1,94$, valores a^* de $6,07 \pm 0,79$ y valores b^* de $-0,45 \pm 0,44$ para el lote CH, y para el lote CH x LW valores L^* de $36,36 \pm 1,35$, valores a^* de $5,54 \pm 0,86$

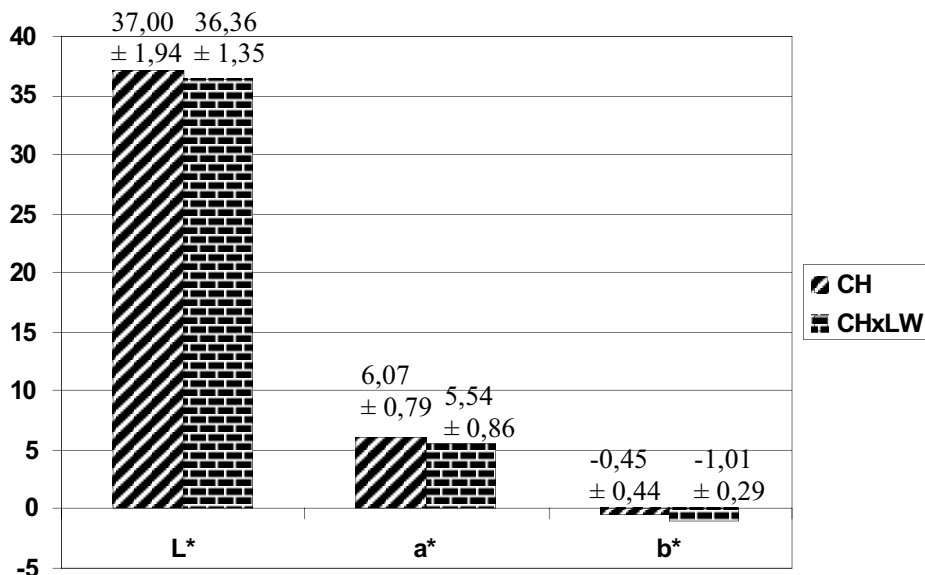


Figura 3: Coordenadas L^* (índice de luminosidad), a^* (índice de rojos) y b^* (índice de amarillos) del color medidos a los 45 minutos en el músculo longísimo lumbar en los dos lotes de estudio (CH = Chato Murciano, CH x LW = Chato Murciano cruzado con Large White).

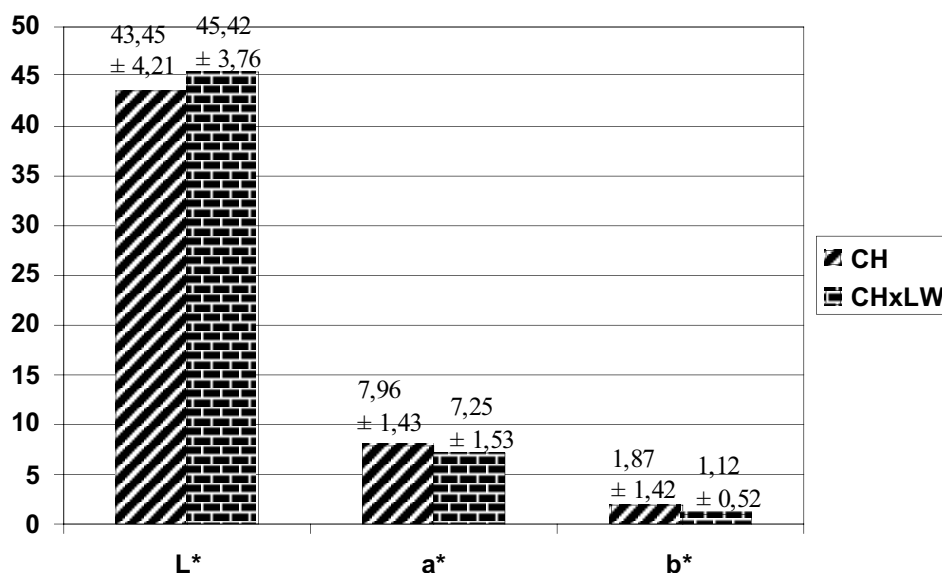


Figura 4: Coordenadas L* (índice de luminosidad), a* (índice de rojos) y b* (índice de amarillos) del color medidos a las 24 horas en el músculo longísimo lumbar en los dos lotes de estudio (CH = Chato Murciano, CH x LW = Chato Murciano cruzado con Large White).

± 0,86 y valores b* de $-1,01 \pm 0,29$) y a las 24 horas (valores L* de $43,45 \pm 4,21$, valores a* de $7,96 \pm 1,43$ y valores b* de $1,87 \pm 1,42$ para el lote CH, y valores L* de $45,42 \pm 3,76$, valores a* de $7,25 \pm 1,53$ y valores b* de $1,12 \pm 0,52$ para el lote CH x LW) *postmortem* en el músculo longísimo lumbar. Se puede apreciar que a las 24 horas, la luminosidad, el nivel de rojos y de amarillos de las muestras aumenta. Además, el lote de CH x LW presenta finalmente un nivel mayor de luminosidad, pero menor de rojos y de amarillos. En cuanto a las diferencias obtenidas entre los lotes, éstas no son significativas a un nivel de confianza del 95%, excepto en el caso del valor b* a los 45 minutos. Ambos lotes presentan a los 45 minutos unos valores de L*, a* y b* notablemente inferiores a los obtenidos por Estévez, Morcuende y Cava López (2003) en tres líneas de cerdo Ibérico (Lampión, Retinto y Torbiscal).

En la figura 5 es representado el porcentaje graso en el músculo longísimo lumbar. Se

aprecia una ligera diferencia entre los dos lotes, pero ésta no es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%, donde en el lote CH se obtiene un valor de $13,01 \pm 5,12\%$, en el lote CH x LW un valor de $11,17 \pm 3,08\%$, habiendo obtenido en el total de la población un $11,95 \pm 4,56\%$.

En cualquier caso estos valores hallados del porcentaje graso quedan muy por encima de los obtenidos por Poto (2003) en cerdos Chato Murciano explotados en sistema intensivo (6.39%), y también niveles muy por encima de otros autores, como los obtenidos por Estévez et al. (2003) en distintas líneas de cerdo Ibérico (2,51% en Torbiscal, 3,17% en Retinto, 3,34% en Lampión), los valores de 3,9% en cerdos ibéricos hallados por Serra et al. (1998), aunque estos autores realizaron sus trabajos sobre cerdos con un peso vivo inferior a los utilizados en este trabajo. Benito et al. (1998) obtienen valores (de 4,96% a 8,58%) en cerdos Ibéricos sacrificados a pesos superiores, los cuales

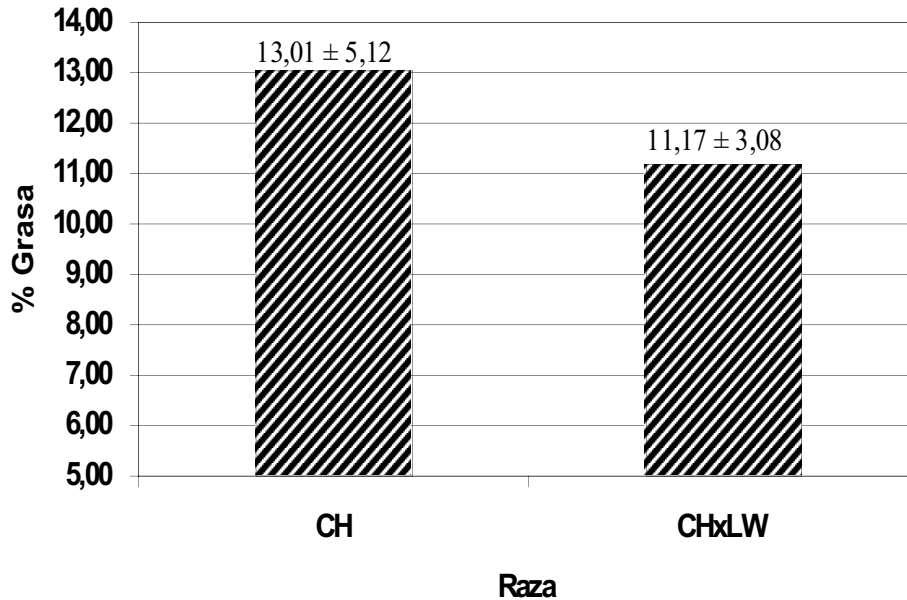


Figura 5: Valores del contenido en grasa intramuscular del músculo longísimo lumbar en los dos lotes de estudio (CH = Chato Murciano, CH x LW = Chato Murciano cruzado con Large White).

son más próximos a los obtenidos por nosotros. Otros valores obtenidos en la bibliografía son: 3,32-4,27% hallados en el cerdo Nero Siciliano por Pugliese et al. (2004), valores de 3,3 encontrados en el cerdo Cinta Senese por Franci et al.

(2003), y valores de 2,9-3,9% en razas locales francesas obtenidos por Labroue et al. (2000).

Los altos niveles de grasa obtenidos en nuestro trabajo pueden ser debidos a numerosos factores. Por un lado como consecuencia

Cuadro 1: Resultados obtenidos en la composición mineral del músculo longísimo lumbar de los lotes de cerdo Chato Murciano (CH) y su cruce con Large White (CH x LW). Resultados expresados en mg/100gr de materia fresca.

	CH	CH X LW	PROMEDIO
Ca	4,98 ± 1,16	4,61 ± 0,86	4,83 ± 1,05
Mg	22,3 ± 1,53	22,1 ± 1,88	22,22 ± 1,64
Fe	3,2 ± 1,30	5,68 ± 1,57	4,21 ± 1,86
Cu	0,27 ± 0,11	0,44 ± 0,16	0,34 ± 0,16
Zn	1,44 ± 0,21	1,49 ± 0,16	1,46 ± 0,19
P	202,30 ± 8,06	208,39 ± 6,86	204,79 ± 8,03
K	348,31 ± 19,53	351,56 ± 22,25	349,64 ± 20,23
Na	39,43 ± 5,52	38,11 ± 5,99	38,89 ± 5,62

Cuadro 2: Coeficientes de correlación hallados entre los minerales del conjunto de la población estudiada

	Magnesio	Hierro	Cobre	Zinc	Fósforo	Potasio	Sodio
Calcio	0.11	0.08	-0.16	0.13	0.09	0.40*	0.03
Magnesio		0.10	0.41*	-0.05	0.24	0.13	0.39*
Hierro			0.50*	0.11	0.30	0.01	-0.26
Cobre				-0.07	0.01	0.35	0.16
Zinc					0.51*	-0.24	0.20
Fósforo						0.06	0.18
Potasio							0.05

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 90%.

de la situación de bienestar animal en la que se encontraban estos animales, que debe influir positivamente sobre la deposición de grasa a nivel subcutáneo, intermuscular e intramuscular, dado que en esa situación de bienestar animal no se recurre a la utilización de las grasas de reserva. Además, estos animales (Chato Murciano y sus cruces) tienen mayor cantidad de fibras oxidativas (Poto, 2003), las cuales presentan mayor número de mitocondrias que las fibras glicolíticas, con lo que aumenta el contenido en fosfolípidos de membrana, dando lugar a un aumento en la cantidad de grasa intramuscular. Durante el periodo de cebo de los animales se les suministró una alimentación más rica en oleínas, así preparada por la fábrica de piensos, lo que dio lugar a una mayor acumulación en forma de grasa de reserva a todos los niveles. También, los animales fueron suplementados con frutos producidos en la propia explotación, como uva, higos, melocotones y albaricoques, ricos en azúcares, dando lugar a un aumento de las fermentaciones intestinales, lo que, cuando el animal está sometido a normas de bienestar animal, produce una síntesis "de novo" de gran cantidad de ácidos grasos que entran a formar parte de los depósitos grasos. Y además, se suplementó también con frutos ricos en grasas

(almendras y nueces) que contribuyó a incrementar los depósitos grasos.

Los resultados obtenidos en la **composición mineral** del músculo longísimo lumbar pueden observarse en el cuadro 1, en el que vienen expuestos los resultados desglosados en los dos lotes objeto de estudio: lote de Chato Murciano (CH) y lote de Chato cruzado con Large White (CH x LW), además, se expresa el promedio del conjunto de la población estudiada.

Los resultados promedio obtenidos varían notablemente de los recogidos en la bibliografía por otros autores, tomando como referencia distintas tablas de composición de alimentos (Tabla Cesnid, 2004; Muñoz y Ledesma, 2002; McCance y Widdowson's, 1991), y otros resultados obtenidos por otros investigadores (Lombardi-Boccia, Lauzi y Aguzzi, 2005; Leonhardt y Wenk., 1997; González Martín et al., 2002), todos ellos referidos al músculo longísimo lumbar del cerdo. Se ha observado incluso, a la hora de comparar con los resultados obtenidos en la bibliografía, que los distintos autores encuentran niveles muy dispares en muchos elementos.

Los niveles medios obtenidos en elementos como el magnesio (22,22 mg/100 gr), el zinc (1,46 mg/100 gr) y el potasio (349,64 mg/100gr) son similares a los niveles obtenidos por

Cuadro 3: Coeficientes de correlación hallados entre minerales y otros parámetros de calidad del músculo longísimo lumbar del conjunto de la población de estudio

	Zn	P	K	pH 45'	pH 24 h	% gr im	L* 45'	a* 45'	b* 45'	L* 24 h	a* 24 h	b* 24 h
Mg	-0.05	0.24	0.13	-0.09	-0.16	-0.13	-0.45*	0.17	0.16	0.06	0.40*	0.11
Zn	0.51*	-0.24	-0.24	0.04	0.17	-0.23	-0.29	-0.41*	-0.54*	-0.12	-0.17	-0.34
P	0.06	0.12	0.06	0.12	-0.11	-0.50*	-0.51*	-0.30	-0.55*	0.12	-0.15	-0.25
K		0.21	0.55*	0.04	-0.10	-0.10	0.04	-0.18	0.01	0.43*	-0.21	0.24
pH 45			0.33	-0.19	-0.20	-0.45*	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	0.04	0.40*
pH 24			-0.01	0.28	-0.30	-0.30	-0.23	-0.23	-0.23	0.24	-0.19	0.17
% gr im				0.37*	0.24	0.18	-0.12	-0.12	0.24	0.24	0.24	0.27
L* 45				-0.14	0.29	0.07	-0.31	0.03				
a* 45				0.39*	-0.08	0.40*	0.04					
b* 45				-0.20	0.30	0.20						
L* 24				-0.16	-0.05							
a* 24				0.33								

* Coeficientes de correlación estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 90%.

otros autores, que hallan valores para el magnesio de 20 mg/100gr (Tabla Cesnid, 2004) o de 17 mg/100gr (McCance y Widdowson's, 1991), para el zinc de 1,55 mg/100gr (Lombardi-Boccia, Lauzi y Aguzzi, 2005), 2,4 mg/100gr (Tabla Cesnid, 2004) o de 6,5 mg/100gr (Leonhardt y Wenk., 1997), y para el potasio de 212 mg/100gr (Tabla Cesnid, 2004) a 439 mg/100gr (Muñoz y Ledesma, 2002). Sin embargo, González Martín et al. (2002) halló en la raza porcina Ibérica niveles de zinc de sólo 0,57 mg/100gr. y de potasio de 106,22 mg/100gr.

En nuestros resultados sólo el sodio y el calcio aparecen en menor cantidad (38,11 mg/100gr para el sodio y 4,83 mg/100gr para el calcio) a los encontrados en la bibliografía, desde los 56 mg/100gr (McCance y Widdowson's, 1991) hasta los 67 mg/100gr (Tabla Muñoz, 2002) para el sodio, y desde los 8 mg/100gr (McCance y Widdowson's, 1991) hasta los 15 mg/100gr (Muñoz y Ledesma, 2002) para el calcio. Los resultados obtenidos son, sin embargo, superiores a los obtenidos por González Martín et al. (2002) en la raza porcina Ibérica con niveles de sodio de sólo 11,44 mg/100gr y de calcio de 1,33 mg/100gr.

Los niveles hallados para el fósforo (204,79 mg/100gr) quedan notablemente por encima de los registrados en la bibliografía, de 145 mg/100gr (Muñoz y Ledesma, 2002) a 160 mg/100gr (McCance y Widdowson's, 1991).

Especialmente reseñables son los resultados obtenidos para el hierro (4,21 mg/100gr) y el cobre (0,34 mg/100gr), ya que son mucho más elevados que los obtenidos por otros autores en animales de la misma especie: para el hierro los valores son de 0,4 mg/100gr (en Ibérico, González Martín, 2002), 0,8 mg/100gr (McCance y Widdowson's, 1991; y Muñoz y Ledesma, 2002) 1,9 mg/100gr (Leonhardt y Wenk., 1997). Para el cobre son de 0,05 mg/100gr (Lombardi-Boccia, Lauzi y Aguzzi, 2005) a 0,13 mg/100gr (McCance y Widdowson's, 1991). Se observa además que en el lote CH x LW existen unos mayores niveles de hierro y cobre que en el

lote CH en pureza, lo que puede atribuirse a una dilución de la alta consanguinidad de los animales puros. Además, el mayor nivel del metabolismo oxidativo de las células musculares del genotipo de los animales estudiados (Poto, 2003) pueden explicar los elevados niveles medios de cobre y hierro.

En cuanto a los resultados hallados para el manganeso se puede decir que sólo se han encontrado trazas. De igual forma, en relación a este elemento, hay poca información. Sólo se ha encontrado por McCance y Widdowson's (1991) en una cantidad de 0,03 mg/100gr de materia fresca.

Una vez obtenidos los resultados de los minerales de los dos lotes de estudio, Chato Murciano y Chato Murciano cruzado con Large White, se ha observado que con un nivel de confianza del 95% no existe diferencia significativa entre los elementos excepto en el caso del hierro y el cobre.

Especialmente llamativa es la diferencia observada en el elemento hierro, en el que el promedio en el lote CH (3,20 mg/100gr) es mucho más bajo que en el CH x LW (5,68 mg/100gr). También es llamativa la diferencia en el cobre, del que en el lote CH aparecen unos niveles (0,27 mg/100gr) notablemente inferiores al CH x LW (0,44 mg/100gr).

También han sido realizados los diversos **coeficientes de correlación** de los parámetros estudiados del conjunto de la población analizada (cuadro 2). Existen correlaciones positivas estadísticamente significativas entre hierro y cobre (0,50), cobre y magnesio (0,41), sodio y magnesio (0,39), potasio y calcio (0,40), y zinc y fósforo (0,51). En el resto de combinaciones posibles entre minerales no se han encontrado correlaciones estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 90%.

En cuanto al resto de parámetros estudiados se observan una serie de correlaciones estadísticamente significativas, las cuales vienen representadas en el cuadro 3, de las que, entre otras,

destacan las halladas entre índice de amarillos a los 45 minutos (b^*45') y zinc (0,54), b^*45' y fósforo (0,55), índice de luminosidad a los 45 minutos (L^*45') y fósforo (0,51), fósforo y porcentaje de grasa intramuscular (0,50), y pH medido a las 24h y potasio (0,55).

4. CONCLUSIONES

La carne de cerdo Chato Murciano en pureza es más roja, menos luminosa y más grasa que su cruce con Large White. Siendo los valores de pH similares, y dentro de un rango normal.

El cerdo Chato Murciano en pureza y su cruce con Large White tiene unos valores elevados de grasa intramuscular en el músculo longísimo dorsal cuando es explotado en sistema de bienestar animal (outdoor).

La carne (músculo longísimo lumbar) del cerdo Chato Murciano en pureza y la de su cruce con Large White es especialmente rica en hierro y cobre, rica en fósforo, y ligeramente pobre en calcio y sodio. Además, al comparar la raza en pureza y el cruce con Large White, también se producen diferencias significativas en el contenido en hierro y cobre.

Existen correlaciones positivas estadísticamente significativas muy destacadas de los minerales entre sí en el total de la población de estudio, como los existentes entre el potasio y el fósforo (0.73), magnesio y fósforo (0.73), potasio y magnesio (0.57), hierro y manganeso (0.75), cobre y manganeso (0.59), y entre hierro y cobre (0.49).

5. AGRADECIMIENTOS

A **Cárnicas La Noria S.L.** por la financiación de estos estudios.

A **Dña. Isabel Martínez Pellicer**, del Servicio de Apoyo a las Ciencias Experimentales (SACE) de la Universidad de Murcia.

A **D. José Sáez Sironi**, del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Benito J., Vázquez C., Menaya C., Ferrera J.L., García Casco J.M., Silió L., Rodrigañez J. y Rodríguez M.C., 1998. IV Simposio Internacional del Cerdo Mediterráneo, Evora (Portugal).
- Estévez M., Morcuende D. and Cava López R., 2003. Physico-chemical characteristics of M. *Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kgs live-weight and commercial pigs. A comparative study. Meat Science, Volume 64, Issue 4, pp. 499-506.
- Franci O., Campodoni G., Bozzi R., Pugliese C., Acciaioli A. and Gandini G., 2003. Productivity of Cinta Senese and Large White x Cinta Senese pigs reared outdoors in woodlands and indoors. 2. Slaughter and carcass traits. Italian Journal of Animal Science 2, pp. 59-65.
- González-Martín I., González-Pérez C., Hernández Méndez J. and Alvarez-García N., 2002. Mineral analysis (Fe, Zn, Ca, Na, K) of fresh Iberian pork loin by near infrared reflectance spectrometry. Analytica Chimica Acta. Volume 468, Issue 2, pp. 293-301.
- Hoffmann, K., 1990. Definition and measurement of meat quality. Proc. 36th ICoMST. La Habana, Cuba, pp. 941-954.
- Ignr, I., 1989. Meat quality: defining the term by modern standards. Fleischwirtsch 69 (8), 1268-1270.
- ISO 1443, 1979. Meat and meat content. Determination of Fat.
- Labroue F., Goumy S., Gruand J., Mourot J., Neelz V. and Legault C., 2000. Comparison au Large White de quatre races locales porcines françaises pour le performances de croissance, de carcasse et de qualité de la viande (2000). Journées de la Recherche Porcine en France 32, pp. 403-411.
- Leonhard M. and Wenk C., 1997. Variability of Selected Vitamins and Trace Elements of

- Different Meat Cuts. *Journal of Food Composition and Analysis* 10, 218-224.
- Lombardi-Boccia G., Lauzi S. and Aguzzi A., 2005. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 18, Issue 1, pp. 39-46.
- McCance and Widdowson's, 1991. The composition of foods. Royal Society of Chemistry. 5th Ed. Cambridge. UK.
- Muñoz, M., Ledesma J.A., 2002. Tablas de valor nutritivo de alimentos. Ed. Mc Graw Hill.
- Peinado, B., A. Poto, F. Gil, G. López, *Livestock Production Science* 90, 2004, 285-292.
- Poto, A., López, G., Medina, P., González, J., Lobera, J.B., Martínez, M., Peinado, B., 2000. La mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Archivos de Zootecnia* 49 (185-186), 195-200.
- Poto, A., 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.
- Pugliese C., Calagna G., Chiofalo V., Moretti V.M., Margiotta S., Franci O. and Gandini G., 2004. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors: 2. Joints composition, meat and fat traits. *Meat Science*. 68, pp. 523-528.
- Serra X., Gil F., Pérez-Enciso M., Oliver M.A., Vázquez J.M., Gispert M., Díaz I., Moreno F., Latorre R. and Noguera J.L., 1998. A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science* 56, pp. 215-223.
- Tablas de composición de alimentos del Cesnid. 2004. Ed. Mc. Graw-Hill-Interamericana.

1 **ACEPTADO EN ANIMAL SCIENCE JOURNAL (17 ENERO 2007)**

2

3 **Comparative study of the characteristics of the carcass and the meat of the Chato**
4 **Murciano pig and its cross with Iberian pig, reared indoors**

5

6 Miguel GALIÁN¹, Begoña PEINADO¹, Carmen MARTÍNEZ², María J. PERIAGO²,
7 Gaspar ROS² and Angel POTO¹

8

9 ¹ *Murcian Institute of Agricultural and Alimentary Research and Development*
10 *(IMIDA), Estación Sericícola, C/. Mayor, s/n, 30150, La Alberca, Murcia, Spain.*

11 ² *Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Veterinary Science, Murcia*
12 *University, Espinardo, 30071, Murcia, Spain.*

13

14 *Correspondence author.* ¹ Begoña Peinado, Murcian Institute of Agricultural and
15 Alimentary Research and Development (IMIDA), Estación Sericícola, C/. Mayor, s/n,
16 30150, La Alberca, Murcia, Spain. *Tel.:* +34 968 366756; *fax:* +34 968 366792. *E-*
17 *mail:* begona.peinado@carm.es

18

19 Running title: Chato Murciano pig meat quality

1 **ABSTRACT**

2

3 The Chato Murciano pig is a breed catalogued as a Special Protection breed in
4 danger of extinction. At present it is commonly reared in an intensive system. We have
5 studied the mineral composition and other characteristics of its carcass and meat.
6 Samples from the longissimus lumbar muscle were taken from a total number of 43
7 animals, divided into two groups, Chato Murciano (CH) and Chato Murciano crossed
8 with Iberian (CH x IB), reared in a conventional indoor system. The meat of the Chato
9 Murciano pig and its cross with Iberian resulted especially rich in iron and copper, rich
10 in phosphorus, and marginally poor in calcium and sodium. The evolution of the pH of
11 the carcass was that of pigs which do not produce PSE (pale, soft and exudative) meat.
12 Some relevant positive correlation coefficients between minerals ($P \leq 0.05$) have been
13 found.

14

15 **KEYWORDS:** Chato Murciano pig, Iberian pig, meat quality, minerals, longissimus
16 lumbar.

1 INTRODUCTION

2

3 Pig farming in the Region of Murcia (Spain), which used to be based on our
4 autochthonous Chato Murciano breed, has traditionally been characterized by its high
5 quality production and important socioeconomic influence in our Region. The
6 traditional handling system of the Chato Murciano pig used to be closer to an extensive
7 or semi-free system than to an intensive system, but nowadays, it is commonly farmed
8 intensively.

9 At present, the Chato Murciano pig is catalogued by the Spanish Ministry for
10 Agriculture, Fisheries and Food as a Special Protection breed in danger of extinction. In
11 recent years it has been included in regional and national programmes of Conservation
12 and Recovery, and many studies have been performed to evaluate its industrial use.

13 This pig is a magnificent transformer of a great variety of food, such as farming sub-
14 products and the residue produced in normal crop rotation, as well as domestic leftovers
15 from family farms in the huerta (market garden) and irrigated areas (Peinado *et al.*
16 2001).

17 The Chato Murciano pig used to be the source of the raw material used in the
18 making of all kinds of meat products, but with the arrival of the commercial cross-
19 breeds, the autochthonous breed meat was substituted, not only because of their
20 productive capacity, but also because of the change in consumer habits and the lack of
21 any serious studies on the true quality which was beginning to be lost.

22 In the last 25 years one of the principal targets of the pork selection programs has
23 been the reduction of its fat content, as a response to consumer demand for that
24 “healthy” low fat meat. Therefore, breeds like the Chato Murciano pig, with a
25 genetically high level of intramuscular fat, had been declining in number and

1 importance in the total pig population. But nowadays it has been proved that
2 intramuscular fat is a very important parameter in meat quality, because it gives a highly
3 appreciated flavour, odour and tenderness to the meat (Touraille *et al.* 1989; Gandemer
4 *et al.* 1990; Fernandez *et al.* 1999) and therefore the industry and consumers
5 increasingly prefer this kind of meat. In fact, since the end of 2002 in Murcia (Spain)
6 there is a meat industry dedicated to the production of transformed meat products from
7 the Chato Murciano pig, which has been well accepted by the Murcian consumers.

8 Meat quality can be influenced by many different groups of characteristics:
9 hygienic, nutritional, sensorial, psychological and technological (capacity for water
10 retention, internal light, dispersion, pH, electrical conductivity, intramuscular fat
11 content, myofibrillar structure and colour stability) (Igrn 1989; Hoffmann 1990). Thus,
12 meat quality is the result of a multi-factor process which commences from the moment
13 of slaughter and, to a large extent, depends on the breed and species of the animal from
14 which the meat comes (Peinado *et al.* 2004).

15 Considering that resources for conservation are scarce, breed performance has been
16 suggested as a criterion to be used in the selection of breeds for conservation (Ruane
17 1999). Moreover, performance evaluation may reveal characteristics of the breed that
18 can be used to increase its economic value and, consequently, its self-sustainability
19 (Pugliese *et al.* 2003).

20 The aim of this study was to improve knowledge of the autochthonous pig breed of
21 the Region of Murcia, the Chato Murciano pig, of its carcass and meat composition,
22 using the longissimus lumbar (*Longissimus lumborum*) muscle as the reference,
23 considering the intensive rearing system. We used the pure Chato Murciano breed (CH),
24 and the Chato Murciano crossed with the Iberian pig breed (CH x IB), so as to also
25 study breed influence.

1 MATERIAL AND METHODS

2

3 **Animals and rearing system.**

4 A total of 43 pigs (castrated males with 11 months of average age) divided into two
5 groups, reared in the same conditions, in a conventional intensive system (density of 1
6 m² for each animal, cement floor without slat) and fed *ad libitum* with commercial
7 fodder (DE 3.218 Kcal/Kg, ether extract 4.94%, crude protein 15.00%, ash 5.6%, Ca
8 1.00%, P 0.63%, Na 0.16%, Cu 8.03 mg/kg) suited to the nutritive needs of the animals
9 were used for this study. One group consisted of sixteen pigs from the Chato Murciano
10 breed (CH), with a live weight average of 138,2 kg. The second group were twenty-
11 seven crossbred Chato Murciano x Iberian pigs (CH x IB), with a live weight average of
12 141,83 kg. The experimental animals were kept, maintained and treated in adherence to
13 accepted standards for the humane treatment of animals. Due to the small number of
14 animals of this breed (with only 250 sows approximately at the beginning of this study),
15 considered in danger of extinction, we could not use a greater number of them for this
16 study.

17

18 **Slaughter, carcass composition and meat quality traits.**

19 The animals were sacrificed in accordance with the specifications outlined in the
20 Spanish Royal Decree 147/1993 (B.O.E. 12/03/1993).

21 Once the animals had been slaughtered, we proceeded to take data to analyze the quality
22 of the carcass and the meat, at 45 min post-mortem and after 24 h at 4° C. The hot
23 weights of the carcass were taken using a slaughterhouse scale (average = 110.29 kg
24 and 114.32 kg for the CH group and CH x IB group respectively). The pH was

1 measured in the longissimus lumbar muscle (at the level of the last rib) using a puncture
2 electrode, with a portable Crison potentiometer (Mod. pH-506, Barcelona, Spain).

3 To measure colour in the longissimus lumbar muscles, a Minolta Chromameter
4 CR350 (Japan) was used. We measured the coordinates L* (luminosity index), a*
5 (green to red index) and b* (blue to yellow index) of the system CIELab (Poto *et al.*
6 2002, 2004; Poto 2003). The colour measure was realised at the 45 minutes and 24
7 hours postmortem; the samples were cut and hold 15 minutes for blooming at 4 ° C with
8 exposure to artificial light (Honikel 1998, modified by the Federal Center for Meat
9 Research, Kulmbach, Germany).

10 At 45 min post-mortem, using a flexible tape measure, the following lengths and
11 perimeters were measured on the hanging right half of the carcass (Mayoral 1994; Poto
12 *et al.* 2000, 2003; Poto 2003):

- 13 - Carcass length (CL): from the middle of the cranial edge of the first rib to the
14 ischiopubic symphysis.
- 15 - Hand length (HL): from the end of the olecranon to the distal point of the trotter.
- 16 - Leg length (LL): from the caudal edge of the ischiopubic symphysis to the distal
17 extreme of the trotter.
- 18 - Ham length (HmL): from the ischiopubic symphysis to the internal halfway
19 point of the calcaneus.
- 20 - Maximum perimeter of the ham (HP): in the area of maximum amplitude, near
21 the base of the tail.
- 22 - Wrist perimeter (WP): at the narrowest point, in the middle of the metatarsus
23 region.

1 The dorsal fat thickness (DFT) was measured with a gauge (Mod CD-15DC;
2 Mituloyo, England) in the following places (Mayoral 1994; Poto *et al.* 2000, 2004; Poto
3 2003):

- 4 - The first rib (DFT1).
- 5 - The last rib (DFT2).
- 6 - The cranial extreme of the *gluteus medius* (DFT3), area of the thickest dorsal
7 fat.
- 8 - *Gluteus medius* (DFT4) in the area of the least dorsal fat thickness.

9 The carcass was quartered using traditional Murcian methods, in the plant of a
10 collaborating meat industry firm. The cuts of meat which were weighed using calibrated
11 scales sensitive to 100 g were as follows (Poto *et al.* 2000, 2003; Poto 2003): tenderloin,
12 loin head, loin, chops and ham with bone.

13 The study of the intramuscular fat was done using the method described in the ISO
14 1443, 1979 norm, with the Soxhlet extractor. The samples (longissimus lumbar muscle
15 at the level of the last rib) were taken at 45 min postmortem, and the values obtained are
16 expressed as a percentage of the weight in grams (Poto 2003; Poto *et al.* 2004)

17 In the study of the mineral composition we performed two replicates for each
18 laboratory test. To minimize the risk of contamination, all glassware and crucibles were
19 washed overnight in a 6N HNO₃ solution. Distilled deionized water was used to rinse all
20 glassware. Approximately 1 g of meat (longissimus lumbar muscle) was used for the
21 ashes obtaining process in a Furnace oven, Herotec, Model HK-11. The ashes were
22 dissolved with 2 mL of 65% nitric acid and 5 mL of 37% hydrochloric acid fuming on a
23 hot plate and the volume was made up to 50 ml with distilled deionized water (obtained
24 from the device Milli-Q Gradient A10, Molsheim, France). The sample was then
25 analysed for the determination of minerals in a plasma absorption spectrometer (Perkin-

1 Elmer, Modell Optima 200DV). The analysis of the certified reference material BCR
2 184 (Bovine muscle) was used to assure the accuracy of our procedure.

3 The minerals analyzed were: calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), copper
4 (Cu), zinc (Zn), phosphorus (P), manganese (Mn), potassium (K) and sodium (Na).
5 The results obtained for each mineral were expressed in mg/100 g of raw meat, after
6 application of the corresponding dilution factors.

7

8 **Statistical analysis.**

9 For the statistical analysis of the data obtained in this study, the programs Excel
10 2000 and Statgraphics Plus for Windows, Version 2.1 have been used and the values
11 referred to as means, deviation of the mean and standard deviation have been calculated.
12 A Pearson correlation study was carried out between the parameters studied.

13

14 **RESULTS AND DISCUSSION.**

15

16 Figure 1 shows the results obtained in the pH evaluation of the longissimus lumbar
17 muscle at 45 minutes (pH45) and 24 hours (pH24) post-mortem in the two groups of
18 animals studied (Chato Murciano pig pure, and Chato Murciano crossed with Iberian
19 pig). These results were considered within a normal pH range, for pig which do not
20 produce PSE (pale, soft, exudative) meat (Warner *et al.* 1997), and with differences
21 between groups not statistically significant ($P \leq 0.05$). The results obtained (see figure
22 1) are similar to those obtained by Poto (2003) in pigs of the Chato Murciano breed
23 reared indoors, with a pH at 45 minutes of 6.39, and at 24 hours of 5.71.

24 In Table 1 we can see the results from the colour measurement in the longissimus
25 lumbar muscle from the two groups (CH, CH x IB). The values reported are colour

1 parameters such as luminosity (L^*), and red (a^*) and yellow (b^*) index, at 45 minutes
2 and at 24 hours *postmortem*. It was observed that at 24 hours, all the colour parameters
3 (L^* , a^* , b^*) increased. The a^* value at 45 minutes (a^*_{45}) was higher in the CH x IB
4 group than in the Chato Murciano group, which means that at 45 minutes *postmortem*
5 the meat of the CH x IB group had a redder colour, but this difference was not
6 statistically significant ($P \geq 0.05$). At 24 hours the a^* value of the two groups were very
7 similar, even though in the group Chato Murciano it was higher. The differences
8 obtained between the two groups, with regards the parameters L^* , a^* and b^* , were not
9 significant within a confidence level of 95%. At 45 minutes, both groups presented
10 values of L^* and b^* which were notably lower than those obtained by Estévez *et al.*
11 (2003) in three lines (Lampião, Retinto y Torbiscal) of Iberian pig reared outdoor, but
12 the a^* values were similar. In the same paper from Estévez *et al.* (2003) higher L^* and
13 b^* values at 45 minutes were found for commercial pigs. The CH and CH x IB groups
14 presented values for the colour parameters (L^* , a^* , b^*) quite similar to those obtained
15 from Pugliese *et al.* (2004) in the local breed Nero Siciliano reared indoors. Compared
16 with the results obtained by Franci *et al.* (2003) with Cinta Senese pigs and Large White
17 intensively reared pigs, the values for the colour parameters were quite similar, but L^*
18 and b^* were slightly higher and a^* lower than our results.

19 In the Figure 2 we show the intramuscular fat (IMF) content percentage in the
20 muscle longissimus lumbar of the two groups of animals studied, Chato Murciano pig
21 (10.21%) and Chato Murciano crossed with Iberian pig (10.43%). There was a slight
22 difference between the two groups analyzed, but it was not significant ($P \geq 0.05$). We
23 understand these high levels of IMF percentage in both the CH and CH x IB groups
24 were mainly due to a genetic influence, but they were also influenced by sex, age at
25 slaughter and feeding conditions.

1 In any case, the values of IMF obtained were much higher than those obtained by
2 Poto (2003) in Chato Murciano pigs reared indoors, where the intramuscular fat content
3 of the pigs studied was 6.39%. Such low values in the same breed were caused by the
4 different rearing and feeding conditions (pigs with very variable live weight (LW), and
5 restricted diet with a lower fat and higher protein content). The levels obtained in our
6 study were also much higher than those of other authors. Estévez *et al.* (2003) obtained
7 in different lines of free-range reared Iberian pig values of 2.51% in Torbiscal, 3.17% in
8 Retinto, 3.34% in Lampiño, but slaughtered with only 90 kg of LW, being fed on grass
9 and a concentrate feed based on cereals. Serra *et al.* (1998) obtained values of 3.9% in
10 Iberian pigs reared under commercial intensive management and fed *ad libitum*, and
11 with a final LW of 118 kg.

12 On the other hand, Benito *et al.* (1998) obtained closer values to our results (from
13 4.96% to 8.58%) from Iberian pigs sacrificed with higher weights. Other values
14 obtained by other authors are: from 3.32 (in pigs reared indoors slaughtered with 448
15 days of age and 102 kg of LW) to 4.27% (in pigs reared outdoors with 487 days of age
16 and 88 kg of LW) found in the Nero Siciliano pig by Pugliese *et al.* (2004); values of
17 3.3% found in the Cinta Senese (in pigs reared indoors with 312 days and 136 kg of
18 LW) pig by Franci *et al.* (2003), and values of 2.9-3.9% in local French breeds
19 (slaughtered with 99.5-109 kg of LW) obtained by Labroue *et al.* (2000).

20 Many authors have shown the relationship between IMF levels and factors like age
21 and weight at slaughter (Asenjo *et al.*, 2005), special feeding rearing conditions (Lebret
22 *et al.*, 2002; Rosenvold & Andersen, 2003; Nuernberg *et al.*, 2005). Fernandez *et al.*
23 (1999) indicated that levels superior to 3.5% are associated with a significant risk of
24 meat rejection by consumers, but referred to fresh meat. The Chato Murciano pig is
25 often destined to the production of meat products, where high IMF levels offer good

1 technological and sensorial properties. Other authors (Benito *et al.*, 1998; Solis *et al.*,
2 2002) show studies with the Iberian pig breed destined for high quality cured products
3 production, with higher levels (4.76-16-10%) of IMF.

4 In Table 2 we can see the different carcass trait values obtained from the Chato
5 Murciano pig and its crosses with Iberian pig, reared indoors. Slight differences
6 between the different groups were observed, but these were not statistically significant
7 ($P \geq 0.05$), except for the leg length. All the differences found between the different
8 parameters could be ascribed to the different weight of hot carcass of the different
9 groups of animals, where the group CH x IB had a higher weight, which means higher
10 morphometric parameters except for the wrist perimeter, and weight of loin head and
11 loin.

12 The results obtained for the mineral composition of the longissimus lumbar muscle
13 from the two groups of animals studied (CH and CH x IB) are shown in Table 3. The
14 results from the total of the population studied are also shown.

15 The mean mineral values obtained were considerably different from those of other
16 authors, with different food composition tables taken as reference (McCance &
17 Widdowson's 1991; Muñoz & Ledesma 2002; CESNID, 2004) and other researchers
18 (Leonhardt & Wenk 1997; Lombardi-Boccia *et al.* 2005), all of whom referred to the
19 longissimus lumbar muscle of pig. It has been observed as well that, when comparing
20 the different authors' results, there were differences found in many elements.

21 The mean values obtained in elements like magnesium (21.19 mg/100 g), zinc (2.17
22 mg/100 g) and potassium (320.97 mg/100 g) were similar to those obtained by other
23 authors, who found values for magnesium of 20 mg/100 g (CESNID 2004) or 17
24 mg/100 g (McCance & Widdowson's 1991), for zinc 1.55 mg/100 g (Lombardi-Boccia
25 *et al.* 2005), 2.4 mg/100 g (CESNID 2004) or 6.5 mg/100 g (Leonhardt & Wenk 1997),

1 and for potassium from 212 mg/100 g (CESNID 2004) to 43 mg/100 g (Muñoz &
2 Ledesma 2002).

3 Among the values we obtained, only those for sodium and calcium appeared in a
4 lower quantity (42.94 mg/100 g for sodium and 5.49 mg/100 mg for calcium) than in
5 results obtained by other authors, who found from 56 mg/100 g (McCance &
6 Widdowson's 1991) to 67 mg/100 g (Muñoz & Ledesma 2002) in the case of sodium,
7 and from 8 mg/100 g (McCance & Widdowson's 1991) to 15 mg/100 g (Muñoz &
8 Ledesma 2002) for calcium.

9 The values obtained by us for phosphorus (199.73 mg/100 g) were considerably
10 higher than those found by other authors, like Muñoz and Ledesma (2002) who found
11 145 mg/100 g and McCance & Widdowson's (1991) 160 mg/100 g.

12 The results obtained for iron (6.83 mg/100 g) and copper (0.50 mg/100 g) were
13 particularly noteworthy. These values were much higher than those obtained by other
14 authors in animals of this specie. For iron McCance & Widdowson's (1991) and Muñoz
15 and Ledesma (2002) found 0.8 mg/100 g, Leonhard & Wenk (1997) 1.9 mg/100 g, and
16 in the case of copper, Lombardi-Boccia *et al.* (2005) 0.05 mg/100 g, and McCance and
17 Widdowson's (1991) 0.13 mg/100 g. The levels of iron (8.15 mg/100 g) and copper
18 (0.55 mg/100 g) found in the CH x IB group were specially high. These high levels of
19 iron and copper in the crossed group could be ascribed to the dilution of the high
20 consanguinity of the pure animals. A higher oxidative metabolism in the muscular cells
21 of the genotype of all the animals studied (Poto 2003) could contribute the high levels
22 of iron and copper. The high density of animals used in this rearing system (1 m² for
23 each animal, when they reach around 140 kg) and the floor of the pens without slat, that
24 makes more difficult the hygiene and air conditions, could enhance the oxidative
25 metabolism in the animals, trying to get adapted to those bad air conditions with fewer

1 oxygen. Another reason that could increase the levels of iron and copper can be the age
2 of slaughter, because the pigs of this experience are slaughtered with 11 months of age,
3 when commercial pigs, from which other authors theoretically took the samples, are
4 usually slaughtered with 5-6 months. In the case of cattle, Lombardi-Boccia *et al.*
5 (2005) got levels of 1.2 mg / 100 g of iron and 0.03 mg / 100 g of copper in young
6 animals (veal), and levels of 2.37 mg / 100 g of iron and 0.09 of copper in beef meat,
7 and Leonhard and Wenk (1997) showed similar tendency in iron. Due to the few
8 information about other mineral results in pork meat from different breeds and ages of
9 slaughter, we cannot further discuss this item.

10 We only found traces of manganese. Curiously, there is little information about this
11 element in the bibliography. McCance and Widdowson's (1991) found 0.03 mg/100 g
12 of fresh meat, results that fit in with the mean value of this study.

13 Though there were notable differences in the mineral composition between the two
14 groups, these were not statistically significant ($P \leq 0.05$) in the case of calcium,
15 phosphorus, zinc and potassium.

16 Furthermore, the different correlation coefficients between all the minerals for the
17 total population studied have been calculated (Table 4). There were many statistically
18 significant positive correlations between minerals, which show the many relations
19 between them. Ca, Mg, P, K and Na participate in the equilibrium of membranes; Fe,
20 Cu and Mg are very important in the muscle contraction and in the respiratory chain, by
21 the oxygen contribution and store and the ATP production.

22 With regards the rest of the parameters studied for the total of the population, many
23 statistically significant correlations, ($P \leq 0.05$) have been founded (Table 5), some of
24 them were:

- 1 - Between the hot carcass weight and the maximum perimeter of the ham (HP) ($r =$
2 0.71).
- 3 - Hot carcass weight and weight of ham with bone ($r = 0.81$).
- 4 - Hot carcass weight and dorsal fat thickness parameters (DFT), $r = 0.34$ with DFT2,
5 $r = 0.35$ with DFT3, and $r = 0.28$ with DFT4. In the case of the CH x IB group, it
6 showed higher positive correlations, $r = 0.40$ with DFT2, $r = 0.46$ with DFT3, and r
7 $= 0.35$ with DFT4.
- 8 - Hot carcass weight and weight of the first quality meat cuts: $r = 0.37$ with
9 tenderloin, and $r = 0.81$ with ham with bone. In the case of the CH group this
10 correlation between hot carcass weight and weight of the first quality cuts of meat: r
11 $= 0.48$ with tenderloin, $r = 0.66$ with loin head, $r = 0.43$ with loin, $r = 0.58$ with
12 chops, and $r = 0.88$ with ham with bone.
- 13 - HP and weight of ham with bone ($r = 0.80$).
- 14 - b^*_{45} and sodium ($r = -0.75$).
- 15 - a^*_{45} and WH ($r = -0.65$) and b^*_{45} and WH ($r = -0.60$). The increase in the live
16 weight (and therefore, the weight of all parts of the carcass) is corresponded with the
17 increase of intramuscular and intermuscular fat content (Dazskiewicz *et al.* 2004;
18 Asenjo *et al.* 2005), what produces a reduction of this coordinates of colour (a^* and
19 b^*).
- 20 - Important positive correlations between the different DFT were found. These
21 positive correlations were greater when we compared only within the Chato
22 Murciano pure group.
- 23 - Considering that myoglobin is the most important component in the muscle that
24 produces the red colour of meat, and contains the most part of iron in meat, the high

- 1 levels of iron were expected to be statistically correlated with the a* values, but this
- 2 did not happen.

1 CONCLUSIONS

2

3 The meat (longissimus lumbar muscle) of the Chato Murciano pig pure and its cross
4 with Iberian pig have a very similar colour, without significant differences, but the a^*45
5 level is slightly higher in the crossed group. The pH values are very similar in both
6 groups of animals, and within a normal range.

7 The Chato Murciano pig pure and its cross with Iberian have a high level of
8 intramuscular fat in the longissimus lumbar muscle, and its improve the sensorial
9 quality of this meat.

10 The morphometric values analyzed in the present study do not show significant
11 differences between the two groups, except for the leg length.

12 The meat (longissimus lumbar muscle) of the Chato Murciano pig, pure and its
13 cross with Iberian pig, is specially rich in iron and copper, rich in phosphorus, and
14 marginally poor in calcium and sodium. Furthermore, when comparing the pure group
15 and the crossed one, some significant differences ($P \leq 0.05$) are found in the amount of
16 iron, copper, magnesium and sodium contained.

17 There are noteworthy statistically significant positive correlations in the population
18 studied between the content of the different minerals: phosphorus and magnesium,
19 potassium and phosphorus, potassium and magnesium, and iron and copper.

20 With the results obtained we can say the meat obtained from the Chato Murciano
21 pig pure and its cross shows that his meat can be consumed both fresh and as processed
22 products. Due to the good quality of this meat, it can be used by the meat industry as a
23 good source of raw material. This is going to help the conservation and spread of this
24 autochthonous porcine breed.

1 **ACKNOWLEDGEMENTS.**

2

3 The authors would like to thank the **Murcian Institute of Agricultural and**
4 **Alimentary Research and Development (IMIDA)** for the grant and the fellowship of
5 PhD. Student Miguel Galián. To the project BIOCHATO from the “Agricultural and
6 Water Commission” of the Regional Government of Murcia, and to the SENECA
7 Institution with the proyect n°AGR/13/FS/02.

8 To **Mrs. Isabel Martínez Pellicer**, from the SACE of the University of Murcia.

9 To **Mr. José Sáez Sironi**, from the Murcian Institute of Agricultural and
10 Alimentary Research and Development (IMIDA).

REFERENCES.

- 1
- 2
- 3 Asenjo B, Miguel JA, Ciria J, Calvo JL 2005. Factores que influyen en la calidad de la
4 canal. In Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto
5 (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. pp. 24-35. Instituto de
6 Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid.
- 7 B.O.E. de 12 de marzo. 1993. Real Decreto 147/1993, de 29 de enero, por el que se
8 establece las condiciones de producción y comercialización de carnes frescas.
- 9 Benito J, Vázquez C, Menaya C, Ferrera JL, García Casco JM, Silió L, Rodrigañez J,
10 Rodríguez MC. 1998. Evolución de los parámetros productivos en distintas líneas de
11 cerdo Ibérico. In: IV Simposio Internacional del Cerdo Mediterráneo, Evora
12 (Portugal).
- 13 CESNID. 2004. Tablas de composición de alimentos. 2004. Mc. Graw-Hill-
14 Interamericana.
- 15 Daszkiewicz T, Denaburski Jerzy, Sáiz Cidoncha F. 2004. Efecto de la grasa
16 intramuscular sobre la calidad sensorial de la carne. Av. Tecnol. Porc. 1 (7-8). pp.
17 4-12.
- 18 Estévez M, Morcuende D, Cava López R. 2003. Physico-chemical characteristics of M.
19 *Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at
20 90 kgs live-weight and commercial pigs. A comparative study. Meat Science 64,
21 499-506.
- 22 Fernandez X, Monin G, Talmant A, Mourot J, Lebret B. 1999. Influence of
23 intramuscular fat content on the quality of pig meat. 1. Composition of the lipid
24 fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. Meat Science 53,
25 59-65.

- 1 Franci O, Campodoni G, Bozzi R, Pugliese C, Acciaioli A, Gandini G. 2003.
2 Productivity of Cinta Senese and Large White x Cinta Senese pigs reared outdoors
3 in woodlands and indoors. 2. Slaughter and carcass traits. Italian Journal of Animal
4 Science 2, 59-65.
- 5 Gandemer G, Pichou D, Bougenne B, Caritez JC, Berge P, Briand E, Legault C. 1990.
6 Influence du système d'élevage et du génotype sur la composition chimique et les
7 qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *Journées Recherche*
8 *Porcine en France*, 22, 101-110.
- 9 Hoffmann K. 1990. Definition and measurement of meat quality. In: Proc. 36th
10 ICoMST. La Habana, Cuba, pp. 941-954.
- 11 Honikel KO. 1998. Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics
12 of Meat. Meat Science 49. 447-457.
- 13 Ignr, I. 1989. Meat quality: defining the term by modern standards. *Fleischwirtschaft*
14 69, 1268-1270.
- 15 ISO 1443. 1979. Meat and meat content. Determination of Fat.
- 16 Labroue F, Goumy S, Gruand J, Mourot J, Neelz V, Legault C. 2000. Comparaison au
17 Large White de quatre races locales porcines françaises pour le performances de
18 croissance, de carcasse et de qualité de la viande. *Journées de la Recherche Porcine*
19 *en France* 32, 403-411.
- 20 Lebret B, Massabie P, Granier R, Juin H, Mourot J, Chevillon P. 2002. Influence of
21 outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose
22 tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-
23 cured hams. Meat Science 62, 447-455.
- 24

- 1 Leonhard M, Wenk C. 1997. Variability of Selected Vitamins and Trace Elements of
2 Different Meat Cuts. *Journal of Food Composition and Analysis* 10, 218-224.
- 3 Lombardi-Boccia G, Lauzi S, Aguzzi A. 2005 Aspects of meat quality: trace elements
4 and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and*
5 *Analysis* 18, 39-46.
- 6 Mayoral AI. 1994. El crecimiento en la canal porcina Ibérica: Estudio anatomo-
7 descriptivo y consideraciones aplicativas. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria,
8 Universidad de Extremadura.
- 9 McCance and Widdowsons's 1991. The composition of foods. Royal Society of
10 Chemistry. 5th edn. Cambridge, UK.
- 11 Muñoz M, Ledesma JA. 2002. Tablas de valor nutritivo de alimentos. Mc Graw Hill.
- 12 Nuernberg K, Fischer K, Nuernberg G, Kuechenmeister U, Klosowska D, Eliminowska-
13 Wenda G, Fiedler I, Ender K. 2005. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid
14 composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs.
15 *Meat Science* 70, 63-74.
- 16 Peinado B, Poto A, Marín M, Lobera JB. 2001. Raza porcina Chato Murciano.
17 *Conservación Genética de Razas Autóctonas (II)*. Porci. *Tratado de Ganado porcino*
18 61, 39-55.
- 19 Peinado B, Poto A, Gil F, López G. 2004. Characteristics of the carcass and meat of the
20 Chato Murciano pig. *Livestock Production Science*. 90, 285-292.
- 21 Poto A, López G, Medina P, González J, Lobera JB, Martínez M, Peinado B. 2000. La
22 mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es mejorando la calidad
23 de la carne de otras razas. *Archivos de Zootecnia* 49 (185-186), 195-200.
- 24 Poto A, Peinado B, Marín M, Lobera JB. 2002. El cerdo Chato Murciano. *Ediporc* 52,
25 3-13.

- 1 Poto A. 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano.
2 Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.
- 3 Poto A, Peinado B, Gil F. 2003. El Chato Murciano. Materia prima de calidad (I).
4 Mundo Ganadero 159, 32-37.
- 5 Poto A, Peinado B, Gil F. 2004. El Chato Murciano, Materia Prima de Calidad (y II).
6 Mundo Ganadero 162, 50-56.
- 7 Pugliese C, Madonia G, Chiofalo V, Margiotta S, Acciaioli A, Gandini G. 2003.
8 Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors.
9 Growth and carcass composition. Meat Science 65, 825-831.
- 10 Pugliese C, Calagna G, Chiofalo V, Moretti VM, Margiotta S, Franci O, Gandini G.
11 2004. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and
12 outdoors: 2. Joints composition, meat and fat traits. Meat Science 68, 523-528.
- 13 Rosenvold K, Andersen HJ. 2003. Factors of significance for pork quality – a review.
14 Meat Science 64, 219-237.
- 15 Serra X, Gil F, Pérez-Enciso M, Oliver MA, Vázquez JM, Gispert M, Díaz I, Moreno F,
16 Latorre R, Noguera JL. 1998. A comparison of carcass, meat quality and
17 histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs.
18 Livestock Production Science 56, 215-223.
- 19 Solis M, de Pedro E, Garrido A, García J, Silió L, Rodríguez C, Rodrigánñez J. 2001.
20 Evaluación de la composición del lomo del cerdo Ibérico mediante la tecnología
21 NIRS; [cited 7 January 2007]. Available from URL:
22 [http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/p-animales/cerdo-iberico/
23 Bibliografia/A35Aida01p3.PDF](http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/p-animales/cerdo-iberico/Bibliografia/A35Aida01p3.PDF)
- 24 Touraille C, Monin G, Legault C. 1989. Eating quality of meat from european x chinese
25 crossbred pigs. Meat Science 25, 177-186.

- 1 Warner RD, Kauffman RG, Greaser ML. 1997. Muscle Protein Changes *Post Mortem*
- 2 in Relation to Pork Quality Traits. *Meat Science* 45, 339-352.

- 1 **Table 1** Measurement of the colour in the muscle longissimus lumbar obtained from the
 2 Chato Murciano pig and its crosses with Iberian pig, reared indoors. Parameters CIE-
 3 Lab (mean \pm standard deviation)

	CH	CH x IB
<i>Colour measured at 45 minutes postmortem</i>		
L*	38.62 \pm 1.26	39.02 \pm 3.10
a*	8.42 \pm 1.26	10.68 \pm 2.92
b*	1.35 \pm 2.35	1.57 \pm 1.77
<i>Colour measured at 24 hours post-mortem</i>		
L*	42.09 \pm 3.47	43.42 \pm 3.95
a*	13.28 \pm 2.19	13.01 \pm 2.54
b*	2.09 \pm 1.14	1.86 \pm 1.83

- 4
 5 L*= luminosity index. a*= red index. b*= yellow index.
 6 Significance level of the breed: NS ($P \geq 0.05$)

1 **Table 2** Carcass trait values obtained from the Chato Murciano pig and its crosses with
 2 Iberian pig, reared indoors (mean \pm standard deviation)

	CH	CH x IB
<i>Values of DFT[†]</i>		
DFT1	57.7 \pm 11.7	57.4 \pm 7.3
DFT2	29.9 \pm 6.7	32.6 \pm 6.1
DFT3	35.1 \pm 7.7	38.1 \pm 7.9
DFT4	24.8 \pm 6.6	26.5 \pm 7.6
<i>Values of morphometric parameters[‡]</i>		
CL	85.5 \pm 2.9	86.5 \pm 3.3
HL	36.6 \pm 1.6	37.2 \pm 1.9
LL	63.6 \pm 2.9a	66.6 \pm 5.3b
HmL	39.7 \pm 2.3	40.8 \pm 1.5
HP	75.9 \pm 2.8	76.6 \pm 2.8
WP	17.1 \pm 1.4	16.5 \pm 0.8
<i>Weight of the hot carcass and the most valuable meat cuts[§]</i>		
Hot carcass	110.3 \pm 9.5	114.3 \pm 9.6
Tenderloin	0.4 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1
Loin head	1.8 \pm 0.4	1.6 \pm 0.2
Loin	2.8 \pm 0.5	2.8 \pm 0.3
Chops	2.8 \pm 0.5	2.9 \pm 0.2
Ham with bone	11.9 \pm 1.4	12.2 \pm 1.2

3 [†] DFT=Dorsal fat thickness measured at: DFT1=the first rib; DFT2=the last rib; DFT3=the cranial
 4 extreme of the *gluteus medius*; DFT4=in the area of the least dorsal fat thickness. Values expressed in
 5 millimetres. [‡] Values expressed in centimetres. CL=carcass length; HL=hand length; LL=leg length;
 6 HmL=ham length; HP=maximum perimeter of the ham; WP=wrst perimeter. [§]Values expressed in
 7 kilograms. (a,b) within criterion, means differ at $P \leq 0.05$

1 **Table 3** Results obtained for the mineral composition of the muscle longissimus lumbar
 2 of the Chato Murciano pig and its cross with Iberian pig, reared indoors (mean \pm
 3 standard deviation)

Mineral	CH	CH x IB	MEAN
Ca	5.21 \pm 0.99	5.66 \pm 1.97	5.49 \pm 1.67
Mg	19.22 \pm 3.32a	22.36 \pm 3.13b	21.19 \pm 3.52
Fe	4.61 \pm 1.70a	8.15 \pm 2.45b	6.83 \pm 2.78
Cu	0.42 \pm 0.10a	0.55 \pm 0.06b	0.50 \pm 0.10
Zn	2.18 \pm 0.49	2.16 \pm 0.63	2.17 \pm 0.57
P	198.84 \pm 17.81	200.26 \pm 17.30	199.73 \pm 17.29
K	310.44 \pm 31.51	327.21 \pm 39.67	320.97 \pm 37.37
Na	40.59 \pm 7.36a	44.33 \pm 5.35b	42.94 \pm 6.36

4 Values expressed in mg/100 g of raw material

5 (a,b) within criterion, means differ at $P \leq 0.05$.

1 **Table 4** Correlation coefficients between all minerals for the total animal population
 2 studied

	Magnesium	Iron	Copper	Zinc	Phosphorus	Potassium	Sodium
Calcium	0.39*	0.12	0.13	-0.03	0.53*	0.40*	0.34*
Magnesium		0.53*	0.43*	-0.01	0.81*	0.56*	0.49*
Iron			0.58*	-0.07	0.20	0.29*	0.25
Copper				-0.15	0.11	0.12	0.39*
Zinc					0.22	0.25	-0.14
Phosphorus						0.67*	0.33*
Potassium							0.38*

3 * Correlation coefficients statistically significant ($P \leq 0.05$)

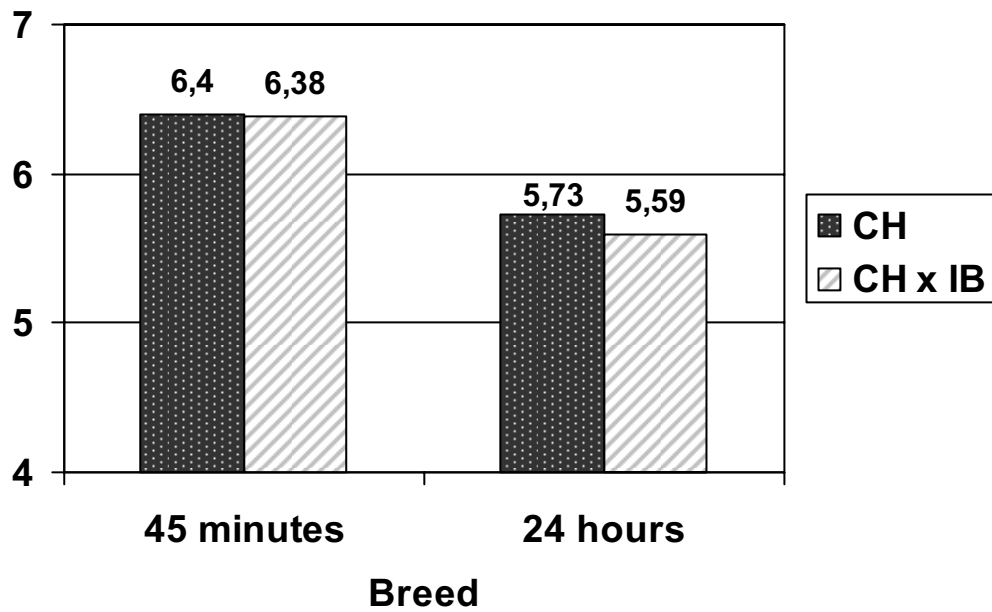
1 **Table 5** Correlation coefficients between different parameters of the total animal population studied

	CL	HP	HL	HmL	WP	DFT1	DFT2	DFT3	DFT4	WT	WH	L*45	a*45	b*45	a*24	Na
HCW	0.53*	0.71*	0.12	0.50*	0.24	0.10	0.34*	0.35*	0.28*	0.37*	0.81*	0.59*	-0.1	-0.34	-0.28	-0.10
CL		0.41*	-0.11	0.22	0.16	-0.07	-0.06	-0.16	-0.03	0.32*	0.53*	0.14	0.23	0.19	-0.19	-0.29*
HP			0.19	0.52	0.41*	-0.05	0.22	0.22	0.25	0.59*	0.80*	0.02	-0.40*	-0.32	0.16	0.05
HL				0.42	0.23	-0.31*	-0.17	0.01	0.06	0.11	0.12	-0.27	-0.08	-0.10	-0.06	0.02
HmL					0.13	-0.08	0.29*	0.25	0.36*	0.39*	0.50*	0.11	-0.53*	-0.31	0.20	0.19
WP						-0.33*	-0.15	-0.10	-0.09	0.13	0.42*	-0.01	-0.40	-0.47*	0.14	-0.16
DFT1							0.63*	0.46*	0.37*	-0.26*	-0.06	0.34	0.43*	0.47*	0.23	-0.06
DFT2								0.80*	0.77*	-0.22	0.09	0.43*	0.16	0.07	0.38*	0.11
DFT3									0.78*	-0.24	0.09	0.39	0.05	-0.08	0.01	0.22
DFT4										-0.27*	0.04	0.18	0.22	-0.03	0.05	0.12
WT											0.47*	0.03	-0.08	0.08	0.26	0.10
WH												0.13	-0.65*	-0.60*	-0.18	-0.02
L*45														-0.03	-0.05	0.36
a*45														0.54*	0.34	-0.43*
b*45															0.51*	-0.75*
a*24																-0.06

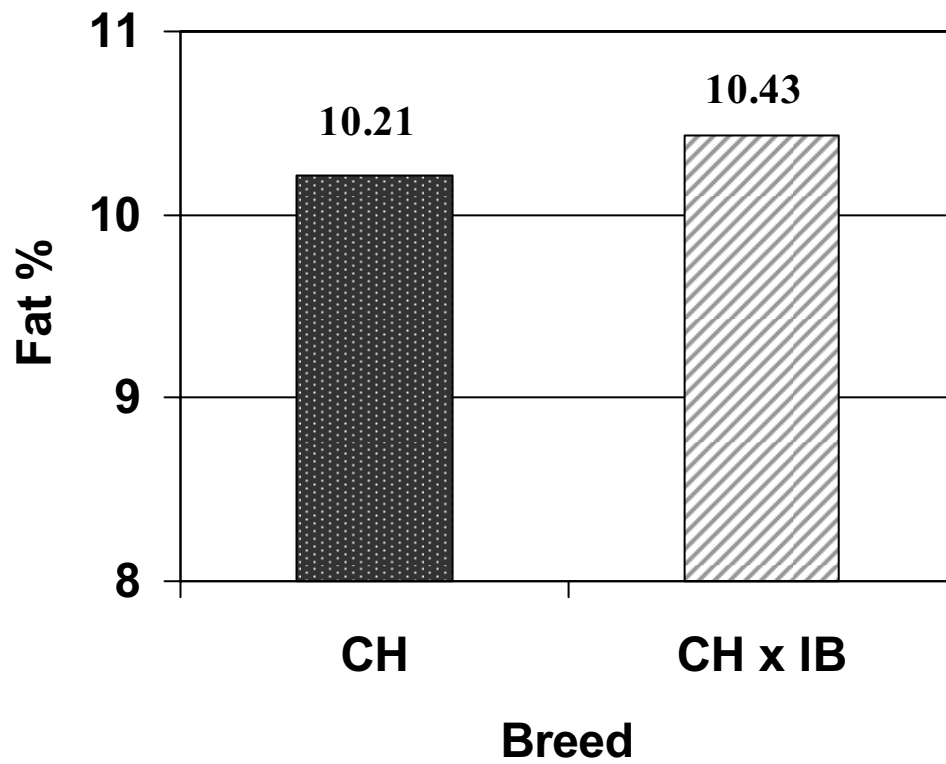
2 * Correlation coefficients statistically significant ($P \leq 0.05$)

3 HCW = hot carcass weight, CL = carcass length, HP = maximum perimeter of the ham, HL = hand length, HmL = ham length, WP = wrist
 4 perimeter, DFT1 = dorsal fat thickness measured at the first rib, DFT2 = dorsal fat thickness measured at the last rib, DFT3 = dorsal fat thickness
 5 measured at the caudal extreme of the *gluteus medius*, DFT4 = dorsal fat thickness measured at the point of the least dorsal fat thickness, WT =
 6 weight of tenderloin, WH = weight of ham with bone, L*45 = luminosity index measured 45 minutes *postmortem*, a*45 = red index measured 45
 7 minutes *postmortem*, b*45 = yellow index measured 45 minutes *post-mortem*, a*24 = red index measured 24 hours *post-mortem*.

- 1 **Figure 1 pH measurements at 45 minutes and 24 hours *postmortem* in the muscle**
- 2 **longissimus lumbar in the two groups of animals studied (CH = Chato Murciano,**
- 3 **CH x IB = Chato Murciano crossed with Iberian pig).**



- 1 **Figure 2 Intramuscular fat content percentage in the longissimus lumbar muscle**
- 2 **of the two groups of animals studied (CH = Chato Murciano, CH x IB = Chato**
- 3 **Murciano crossed with Iberian pig).**





ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

Livestock Science xx (2007) xxx–xxx

**LIVESTOCK
SCIENCE**www.elsevier.com/locate/livsci

Chato Murciano pig and its crosses with Iberian and Large White pigs, reared outdoors. Comparative study of the carcass and meat characteristics

A. Poto, M. Galián, B. Peinado *

Murcian Institute of Agricultural and Alimentary Research and Development (IMIDA), Estación Sericícola, C/. Mayor, s/n, 30150, La Alberca, Murcia, Spain

Received 2 October 2006; received in revised form 12 December 2006; accepted 13 December 2006

Abstract

The Chato Murciano pig is an autochthonous breed genetically adapted to the south-east of Spain local conditions and extensive production system. In this work we aimed to compare the quality of the carcass and meat of this local breed and its crosses in outdoor rearing conditions. Samples were taken from the longissimus lumbar muscle of 38 pigs, belonging to three different groups, Chato Murciano (CH), Chato Murciano crossed with Iberian (CH×IB) and Chato Murciano crossed with Large White (CH×LW). The pH values measured at 24 h postmortem were within the normal range. The levels of intramuscular fat were 10.47% for CH, 8.97% for CH×IB, and 11.17% for CH×LW. The CH×LW group showed the highest weights for the most valuable meat cuts. The meat of the Chato Murciano pig and its crosses revealed high levels of iron, copper and phosphorus, and low levels of calcium and sodium.

© 2007 Elsevier B.V. All rights reserved.

Keywords: Chato Murciano; Iberian; Large White; Pig; Outdoor; Meat quality; Longissimus lumbar

1. Introduction

The Chato Murciano is catalogued as a Special Protection pig breed in danger of extinction. This pig has been reared in the east of Spain from the beginning of the 20th century. It has traditionally constituted a source of high sensory and nutritional quality meat, either fresh or cured, with an important socioeconomic influence in the Region of Murcia. The traditional rearing system of the Chato Murciano pig used to be closer to an extensive or semi-free system than to an intensive system (Peinado et al., 2004), but nowadays, it is more usually handled intensively.

In the past, the therapeutic tools used nowadays to avoid industrial pork production diseases did not exist or were not applied to outdoor production systems. Diseases with economical impact rarely appeared in the outdoor systems because of the wide open spaces where animals were reared.

With the arrival of the commercial cross-breeds to the Region of Murcia, in the middle of the 20th century, Chato Murciano pig production was displaced, many of the traditional meat products produced from this traditional breed were not produced any longer, and the breed was close to disappearing.

In recent years, national and international institutions (European Union, FAO, UN, etc.) have increased their interest in maintaining world biodiversity, and, to that end, they are supporting programs of Conservation and

* Corresponding author. Tel.: +34 968 366756; fax: +34 968 366792.
E-mail address: begona.peinado@carm.es (B. Peinado).

Recovery. In the specific case of the Chato Murciano pig, the number of animals is growing due to the help of Regional (Murcian) and National (Spanish) programs, and to the new tendency, where many consumers, restaurants and industries have once again begun to demand and produce these traditional meat products.

This traditional breed is genetically adapted to the local conditions and extensive production system, it has few welfare problems, and has excellent maternal behaviour attributes.

Many factors are modified by outdoor rearing compared to indoor, such as climatic variations and the possibility of physical activity offered to the animals, which may influence carcass and muscle traits and, consequently, meat quality (Lebret et al., 1999). An advantage of outdoor rearing production is the positive image for consumers and citizens, as they associate these rearing systems with improved animal welfare, reduced environmental impact, and improved meat quality (Dransfield, 2004). The old way of producing the Chato Murciano pig is quite similar to the present outdoor production; the performance evaluation of this outdoor rearing system may reveal the characteristics of the breed that could increase its economic value and, therefore, survive in the highly competitive meat market. The best way to increase the number of animals of any breed and to be able to begin animal selection is when the pig producing sector itself is interested in the production of that particular meat (Peinado et al., 2000).

Some previous studies on carcass and meat quality traits have been realised on this breed under indoor conditions, which are the usual pig rearing conditions in the Region of Murcia (Peinado et al., 2000; Poto, 2003; Peinado et al., 2004; Galián et al., in revision), but no information exists about the possibilities of outdoor rearing.

The present study aims to describe the quality of the carcass and meat of the Chato Murciano pig breed, both pure and crossed with other breeds, reared outdoors. This study is part of a project that tries to guarantee the existence and future of this autochthonous pig breed of the Region of Murcia.

2. Material and methods

2.1. Animals and rearing system

A total of 38 pigs (females and castrated males) were selected and divided into three groups according to their breed. The animals were bred in an outdoor system and fed with commercial fodder suited to the nutritive needs of the animals, with part of the food supply obtained directly from the plants and trees where the animals live

(grapes, almonds, walnuts, apricots, etc.). The groups consisted of:

- Group 1: 22 pigs from the Chato Murciano breed (CH), with an average slaughter age of 231.57 ± 34.09 days.
- Group 2: 7 pigs from the Chato Murciano breed crossed with Iberian (CH×IB), with an average slaughter age of 194.86 ± 14.45 days.
- Group 3: 9 pigs from the Chato Murciano breed crossed with Large White (CH×LW), with an average slaughter age of 200.00 ± 5.96 days.

We could not use a greater number of pigs due to the small existing number of animals of this breed (with only 250 sows approximately at the start of this study), considered in danger of extinction. The animals were slaughtered from 110 kg of live weight, following the demanded criterions of the regional meat market.

All the pigs were fed the same diet, with 3.218 Kcal/kg DE, 4.94% of ether extract, and 15% of crude protein.

2.2. Slaughter, carcass composition and meat quality traits

The animals were transported to the slaughter plant the day before slaughtering, without mixing animals from different groups at any moment, and trying to minimize the stress of the animals. The slaughter was realised in accordance with the specifications outlined in the Spanish Royal Decree 147/1993 (B.O.E., 12/03/1993), in a commercial slaughterhouse, where carbon dioxide for stunning is used just before bleeding.

Once the animals had been slaughtered, we proceeded to take data to analyse the quality of the carcass and the meat, at 45 min postmortem and after 24 h at 4 °C. The hot and cold (after 24 h) weights of the carcass were measured using a slaughterhouse scale. The pH was measured using a puncture electrode, with a portable Crison potentiometer (Mod. pH-506, Barcelona, Spain). The colour coordinates L^* (luminosity index), a^* (red index) and b^* (yellow index) of the system CIE-Lab were measured in the longissimus lumbar muscle using a Minolta Chromameter CR350 (Japan).

Using a flexible tape measure, the following lengths and perimeters were measured at 45 min postmortem, on the hanging right half of the carcass (Mayoral, 1994; Peinado et al., 2004):

- Carcass length (CL): from the middle of the cranial edge of the first rib to the ischiopubic symphysis.

- Hand length (HL): from the end of the olecranon to the distal point of the trotter.
- Leg length (LL): from the caudal edge of the ischiopubic symphysis to the distal extreme of the trotter.
- Ham length (HmL): from the ischiopubic symphysis to the internal halfway point of the calcaneus.
- Maximum perimeter of the ham (HP): in the area of maximum amplitude, near the base of the tail.
- Wrist perimeter (WP): at the narrowest point, in the middle of the metatarsus region.

The *dorsal fat thickness* (DFT) was measured with a gauge (Mod CD-15DC, Mituloyo Ltd., England) in the following places (Mayoral, 1994; Peinado et al., 2004):

- The first rib (DFT1).
- The last rib (DFT2).
- The caudal extreme of the *gluteus medius* (DFT3), area of the thickest dorsal fat.
- *Gluteus medius* (DFT4) in the area of the least dorsal fat thickness.

The carcass was quartered using traditional Murcian methods, in the plant of a collaborating meat industry firm. The *cuts of meat*, which were weighed using calibrated scales sensitive to 100 g, were as follows: tenderloin, loin head, loin, shoulder blade and ham with bone (Poto et al., 2000; Poto et al., 2003).

The study of the *intramuscular fat content* of the longissimus lumbar muscle was performed using the method described in the ISO 1443 (1979) norm, with the Soxhlet extractor. The samples were taken at 45 min postmortem, and the values obtained expressed as a percentage of the weight in grams (Poto, 2003; Peinado et al., 2004).

For the determination of the *mineral composition*, approximately 1 g of meat was dry-ashed in a Furnace oven (Herotec, Model HK-11). The ashes were dissolved with 2 ml of nitric acid 65% and 5 ml of hydrochloric acid fuming 37% on a hot plate and the volume was made up to 50 ml with distilled deionized water (obtained from the Milli-Q Gradient A10 water system, Molsheim, France). After that, the samples were analysed for their mineral content in a plasma absorption spectrometer (Perkin-Elmer, Model Optima 200DV).

The minerals analysed were: calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), phosphorus (P), manganese (Mn), potassium (K) and sodium (Na). The results obtained for each mineral were expressed in mg/100 g of raw meat, after application of the

corresponding dilution factors. Each sample was analysed in duplicate.

2.3. Statistical analysis

For the statistical analysis of the data obtained, the programs Excel 2000 and Stat graphics Plus for Windows, Version 2.1 have been used. Data were expressed as mean±standard deviation. A Tukey test was carried out to ascertain significant differences ($P \leq 0.05$) between samples. Pearson correlation coefficients were evaluated to describe the relationship between different parameters studied.

3. Results and discussion

3.1. pH evaluation

Fig. 1 shows the pH results obtained at 45 min (pH45m) and 24 h (pH24h) postmortem in the longissimus lumbar muscle for the three groups of animals studied (CH, CH×IB and CH×LW). At 45 min, the CH×IB group showed a similar value (pH45m=6.46) to that obtained by Poto (2003) and Galián et al. (in revision) with animals of the same breed but reared indoors. However, pH45m values for the CH group (6.20) and for the CH×LW group (6.28) were lower than expected, which suggests that these pigs experienced greater pre-slaughter stress (Gandemer et al., 1990). At 24 h, the obtained values of 5.61 for the CH group, 5.60 for the CH×IB group and 5.60 for the

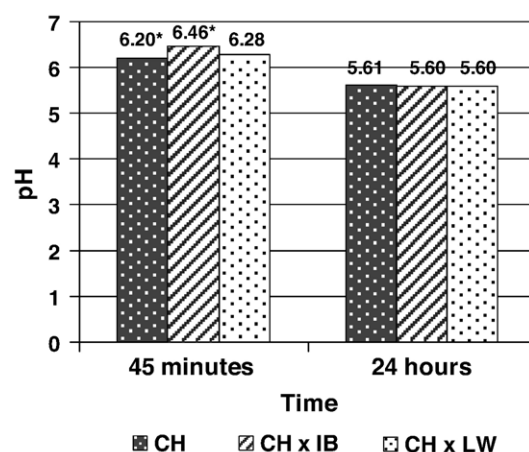


Fig. 1. pH measured at 45 min and 24 h postmortem in the longissimus lumbar muscle of the Chato Murciano pig (CH) and its crosses with Iberian pig (CH×IB) and Large White pig (CH×LW), reared outdoors within criterion, means differ at $P \leq 0.05$. * within criterion differ at $P \leq 0.05$.

Table 1
Measurement of the colour in the longissimus lumbar muscle obtained from the Chato Murciano (CH) pig and its crosses with Iberian (CH×IB) and Large White pig (CH×LW), reared outdoors

	CH	CH×IB	CH×LW
<i>Colour measured at 45 min postmortem</i>			
L^*	37.92±2.55ab	38.31±1.11b	36.36±1.35a
a^*	5.62±1.11	6.16±0.50	5.54±0.86
b^*	0.07±0.81b	1.17±0.46c	-1.01±0.29a
<i>Colour measured at 24 h postmortem</i>			
L^*	46.05±5.17	46.36±1.47	45.42±3.76
a^*	8.76±2.00ab	9.79±1.87b	7.25±1.53a
b^*	4.40±3.44b	7.41±1.80c	1.12±0.52a

Parameters CIE-Lab.

(a,b,c) within criterion, means differ at $P \leq 0.05$.

L^* , a^* , b^* . Colour parameters for luminosity, red and yellow index respectively.

CH×LW group, are considered within the normal range, for pigs which do not produce PSE (pale, soft and exudative) meat (Warner et al., 1997). They were also similar to the results obtained for the same breed but reared indoors by Poto (2003) and Galián et al. (in revision). Regarding the differences between groups, these are not statistically significant ($P \leq 0.05$), except for the pH45m between the groups CH and CH×IB.

When comparing our results with those obtained in other breeds, we found that Pugliese et al. (2004a) obtained a pH45m value of 6.18 in the Nero Siciliano pig reared outdoors, which is very similar to the value for our CH group, but lower than those for the crossed groups. Similarly, for the Cinta Senese pig reared outdoors Pugliese et al. (2004b) found pH values of 6.18 and 5.78 at 45 min and 24 h, respectively, values which are also slightly different to ours.

3.2. Colour measurement

Table 1 shows the results of the colour measurement in the longissimus lumbar muscle from the three groups studied. The colour parameters studied are luminosity (L^*), and red (a^*) and yellow (b^*) indexes, at 45 min and 24 h postmortem. It can be seen that at 24 h, all the colour parameters (L^* , a^* , b^*) had increased, which is normal due to the maturing of the meat. Several statistically significant differences ($P \leq 0.05$) have been found, such as those for the b^* index between the three groups. Groups CH×IB and CH×LW showed the largest colour differences, with statistically significant ($P \leq 0.05$) differences for the L^*_{45} , b^*_{45} , a^*_{24} and b^*_{24} values.

At 45 min the values for the colour parameters in all our groups were notably lower than those obtained

by Estévez et al. (2003) in three lines (Lampião, Retinto y Torbiscal) of Iberian pig reared outdoors. Similarly, at 24 h, Pugliese et al. (2004a), found higher values for L^* and a^* in the local breed Nero Siciliano. Comparing our results with those obtained by Pugliese et al. (2004b) in Cinta Senese pigs reared outdoors, we found it noteworthy that their results for the red index (a^*) at 24 h are notably higher than ours in the CH pure and crossed groups; the other results are similar.

After studying the correlations ($P \leq 0.05$) between iron and the colour parameters (L^* , a^* , b^* , Hue and Chroma) we obtained different and ambiguous results. The group CH×LW showed a statistical positive correlation between Fe and a^*_{45} and b^*_{45} , the group CH×IB a statistical negative correlation between Fe and a^*_{24} and b^*_{24} , and the group CH a statistical negative correlation between Fe and a^*_{45} . Therefore, from these results we find a relation between genotype and relation colour/iron content, but we cannot establish any clear relationship.

3.3. Intramuscular fat (IMF) content

Fig. 2 shows the intramuscular fat (IMF) content of the longissimus lumbar muscle expressed as a percentage. There were slight, though not statistically significant ($P \leq 0.05$), differences between the three groups analysed. The results obtained for the CH group was of 10.47%±5.25 (mean±SD), 8.97%±4.34 for the CH×IB group, and 11.17%±3.08 for the CH×LW group. We understand these high levels of IMF content to be mainly due to genetic influence.

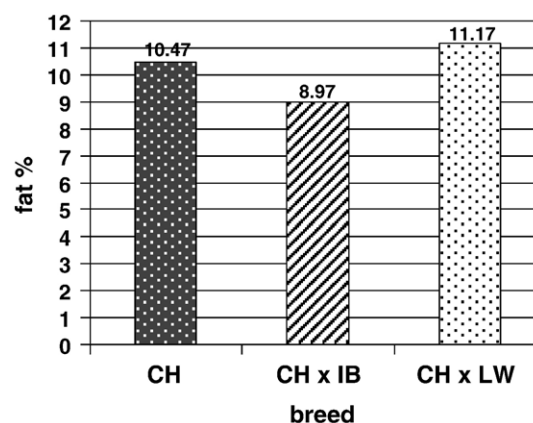


Fig. 2. Intramuscular fat content expressed percentage in the longissimus lumbar muscle of the Chato Murciano pig (CH) and its crosses with Iberian (CH×IB) and Large White pigs (CH×LW), reared outdoors.

Other authors (Asenjo et al., 2005) found correlation between age and IMF, but in this work we did not find this correlation. Other factors that affect IMF levels are sex, the special feeding and rearing conditions (Batallé, 2006; Lebret et al., 2002; Rosenvold and Andersen, 2003; Nuernberg et al., 2005). In fact, the IMF values obtained in this study were much higher than those obtained by Poto (2003) in Chato Murciano pigs reared indoors, where the mean intramuscular fat content of the pigs was 6.39%. In the study of Galián et al. (in revision) in Chato Murciano pig pure and crossed with Iberian reared indoors, the pure group showed an IMF content of 10.21%, and the crossed group of 10.43%. These levels are considered very high, and are probably due to the special feeding conditions.

The IMF levels found in our study are also much higher than those obtained by other authors in other breeds, such as those from Estévez et al. (2003) in different lines of free-range reared Iberian pig (2.51% in Torbiscal, 3.17% in Retinto, and 3.34% in Lampiño), however, in their study the animals had a final live weight and carcass weight notably lower than that of the animals used in our study. On the other hand, Benito et al. (1998) obtained levels closer to our results (from 4.96% to 8.58%) from Iberian pigs sacrificed with higher weights. Other values obtained by other authors are: 4.27% in Nero Siciliano pigs reared outdoors (Pugliese et al., 2004a), 4.04% in Cinta Senese pigs reared outdoors (Pugliese et al., 2004b), and 2.9–3.9% in local French breeds reared semi-intensively (Labroue et al., 2000).

It is generally accepted that high IMF levels enhance the eating quality of pork, but a study by Fernandez et al. (1999) reveals that levels superior to 3.5% of IMF are associated with a significant risk of meat rejection by consumers. Due to the high IMF levels found in our study, future studies on sensory attributes and consumer acceptability of pork in the Murcian population are recommended. Nonetheless, the meat of the Chato Murciano pig is often destined to the production of cured meat products, where these high IMF levels offer good technological and sensorial properties.

3.4. Carcass traits

In Table 2 we can see the values obtained for the different carcass traits in the three groups of animals studied. These values indicate a high degree of fattening if compared with the values obtained by Pedaúy (1993) in white pigs slaughtered in Murcia. This higher level of fattening is caused, to a large extent by the

Table 2

Carcass traits from the Chato Murciano pig and its crosses with Iberian and Large White pigs, reared outdoors

	CH	CH×IB	CH×LW
<i>DFT*</i>			
DFT1	50.78±8.55	49.36±8.33	48.07±6.33
DFT2	28.62±5.84	32.21±7.08b	25.32±5.13a
DFT3	35.70±8.12	36.57±6.46	35.93±5.86
DFT4	26.82±7.28	24.21±6.66	28.08±6.00
<i>Morphometric parameters**</i>			
CL	83.82±3.69b	81.64±2.59a	87.00±2.55c
HL	36.14±5.94	36.71±1.68	35.72±1.80
LL	57.59±7.78	58.21±9.49	61.44±2.27
HmL	38.59±4.75	37.43±1.72	37.61±1.11
HP	73.35±4.20	70.29±6.26	75.33±4.28
WP	18.18±1.12	17.39±0.97	17.89±1.02
<i>Weight of the hot carcass and the most valuable meat cuts***</i>			
Hot carcass	100.38±11.34	90.94±14.97	105.39±15.06
Tenderloin	0.42±0.14c	0.27±0.05a	0.40±0.06b
Loin head	1.76±0.29b	1.49±0.26a	1.85±0.29c
Loin	2.59±0.44b	1.96±0.29a	2.71±0.36c
Shoulder blade	7.16±0.70	6.33±1.29	7.69±0.92
Ham with bone	11.17±1.57b	9.93±1.46a	12.59±1.64b

*DFT = dorsal fat thickness measured at: DFT1 = the first rib; DFT2 = the last rib; DFT3 = the caudal extreme of the *gluteus medius*; DFT4 = in the area of the least dorsal fat thickness. Values expressed in millimetres.

**Values expressed in centimetres. CL = carcass length; HL = hand length; LL = leg length; HmL = ham length; HP = maximum perimeter of the ham; WP = wrist perimeter.

***Values expressed in kilograms.

(a,b,c) within criterion, means differ at $P \leq 0.05$.

rusticity of the breed, although it is also influenced by the fact that the pigs were slaughtered later than the commercially stipulated age of 6 months. When comparing the dorsal fat thickness (DFT) levels between the CH, CH×IB and CH×LW groups, we only found statistically significant ($P \leq 0.05$) differences between the two crossed groups for DFT2. With regards the morphometric parameters, there are no statistically significant ($P \leq 0.05$) differences except for the carcass length, for which the CH×LW group proved to be the group with the longest carcass, and the CH×IB group with the shortest. These differences in the carcass length affect the weights of the most valuable meat cuts. Some of the most interesting statistical correlations were 0.86 between the weight of loin head and weight of loin, 0.85 between weight of shoulder and weight of ham with bone, 0.78 between hot carcass weight and HP. The statistical study, which correlates for each group the hot carcass weight (HCW) with the morphometric parameters, shows that there are differences between the genotypes. The CH×LW group

Table 3
Mineral composition of the longissimus lumbar muscle of the Chato Murciano pig and its crosses with Iberian and Large White pigs, reared outdoors

	CH	CH×IB	CH×LW
Ca	5.48±1.31	5.55±1.45	4.61±0.86
Mg	21.99±2.26	23.56±4.90	22.10±1.88
Fe	4.30±2.75	5.87±2.79	5.68±1.57
Cu	0.37±0.17a	0.59±0.24b	0.44±0.16
Zn	1.43±0.19a	1.70±0.34b	1.49±0.16
P	205.40±14.68	214.73±26.74	208.39±6.86
K	349.33±27.68	364.41±54.36	351.56±22.25
Na	39.98±6.22a	46.41±7.05b	38.11±5.99a

Values expressed in mg/100 g of raw material.
(a,b) within criterion, means differ at $P \leq 0.05$.

presents significant statistical correlations between the HCW and all morphometric parameters; but, the CH×IB group only with the HP, HmL and WP; and the group CH pure only with CL and HP. Therefore, the differences found between the morphometric parameters could be ascribed to the different weights of hot carcass for the different groups of animals, and to genetic influences. If we compare these results with those obtained by Galián et al. (in revision) in animals reared indoors, we find that pigs reared outdoor, present, in general, lower values for the morphometric parameters analysed, and a lower DFT1, but we have to consider the higher hot carcass weight of the pigs reared indoors.

We want to emphasize the correlations ($P \leq 0.05$) between HCW and weight of the first quality meat cuts: $r=0.30$ with tenderloin, $r=0.37$ with loin, $r=0.45$ with loin head, $r=0.57$ with ham with bone and $r=0.58$ with shoulder blade. In the case of the CH×LW group these correlations between HCW and weight of the first quality cuts of meat are more noticeable. In the case of the group CH×LW, the correlation between HCW and weight of ham with bone is $r=0.96$, and in the CH×IB group it is $r=0.99$.

Table 4
Correlation coefficients between the minerals for the total population of animals studied, Chato Murciano pig and its crosses with Iberian and Large White pigs, reared outdoors

	Magnesium	Iron	Copper	Zinc	Phosphorus	Potassium	Sodium
Calcium	0.39 ^a	0.34 ^a	0.25	0.29 ^a	0.57 ^a	0.32 ^a	0.21
Magnesium		0.11	0.12	0.16	0.71 ^a	0.76 ^a	0.11
Iron			0.65 ^a	0.33 ^a	0.40 ^a	0.17	0.08
Copper				0.32 ^a	0.21	0.16	0.39 ^a
Zinc					0.44 ^a	0.18	0.38 ^a
Phosphorus						0.79 ^a	0.18
Potassium							0.16

^a Correlation coefficients statistically significant ($P \leq 0.05$).

3.5. Mineral composition

Table 3 shows the results obtained for the mineral composition of the longissimus lumbar muscle from the three groups of animals studied (CH, CH×IB and CH×LW).

For the discussion of the mineral's mean values obtained, we took as reference several food composition tables (CESNID, 2004; Muñoz and Ledesma, 2002; McCance and Widdowson's, 1991) and different researchers' studies (Lombardi-Boccia et al., 2005; Leonhard and Wenk, 1997; González-Martín et al., 2002; Galián et al., in revision), all of which referred to the longissimus lumbar muscle of pig. We found several differences between our results and these authors' results, but we did observe as well that, when comparing between the different authors' results, there were also notable differences for many minerals.

The mineral composition of the different groups was slightly different, we only found statistically significant ($P \leq 0.05$) differences in the case of copper and zinc between the CH and CH×IB groups, and in the case of sodium between the CH×IB group and the other two groups. In the results obtained by Galián et al. (in revision) with pigs reared indoors, there is also a statistically significant ($P \leq 0.05$) difference between the CH and the CH×IB groups for copper and sodium, but not for zinc.

The mean values obtained for magnesium, zinc and potassium in the three groups (see Table 3) were similar to those found in the bibliography. Only two minerals (sodium and calcium) were present in lower quantities than in studies from other authors (CESNID, 2004; Muñoz and Ledesma, 2002; McCance and Widdowson's, 1991), with the exception of González-Martín et al. (2002), who found lower values than us in Iberian pigs for the two minerals.

In the case of phosphorus, we found considerably higher values than other authors (CESNID,

2004; Muñoz and Ledesma, 2002; McCance and Widdowson's, 1991).

The results for iron and copper were particularly interesting and noteworthy. The values found were much higher than those reported in the references. The higher levels of iron and copper in the crossed groups could be ascribed to the dilution of the high consanguinity of the pure animals; and also because of the higher oxidative metabolism of the muscular cells of the genotypes studied (Poto, 2003).

These results are similar to those obtained by Galián et al. (in revision), in the same breed and crossed with Iberian pig, reared indoors, except that the group CH×IB, had noticeably higher iron levels (8.15 mg/100 g); this difference can be ascribed to the different rearing systems of this study.

The levels of manganese observed were insignificant, and, therefore, it is not represented in the tables.

The correlation coefficients (r) between the minerals for the total population and for the different groups studied have been calculated (see Table 4). With regards the total population mineral levels there were several positive correlations which were statistically significant ($P \leq 0.05$), such as those between potassium and phosphorus ($r=0.79$), potassium and magnesium ($r=0.76$), phosphorus and magnesium ($r=0.71$), iron and copper ($r=0.65$), and between phosphorus and calcium ($r=0.57$).

4. Conclusions

The meat (longissimus lumbar muscle) of the Chato Murciano pig pure and its cross with Large White pig, reared outdoors, shows a relatively low pH45 value, probably due to a greater reactivity to slaughter conditions (Terlouw, 2005). But later, these animals show normal pH24 values, which in addition to the normal characteristics of the meat, the possibility of producing PSE meat, in principle, is excluded. The pH values of the CH×IB group were in both cases (pH45 and pH24) completely normal.

The Chato Murciano pig pure and its crosses with Iberian pig and Large White pig, reared outdoors, have a high level of intramuscular fat in the longissimus lumbar muscle, mainly due to genetic influences, and the special feeding and rearing conditions. This could be corroborated in future studies.

From the study of the carcass traits, we showed that the Chato Murciano pig pure and its cross with Large White pig are the breeds with higher weight in the most valuable meat cuts. The CH×LW group also has the longest carcass, and the CH×IB group the shortest one. As for the

other carcass trait values, no significant differences ($P \leq 0.05$) were found between the three groups.

The meat (longissimus lumbar muscle) of the Chato Murciano pig, pure and its crosses with Iberian pig and Large White pig is rich in iron, copper, and phosphorus, and marginally poor in calcium and sodium. The CH×IB group showed statistically significant higher values of copper, zinc and sodium.

In summary, the Chato Murciano pig pure and its crosses with Iberian pig and Large White pig can be reared outdoors, offering good carcass and meat characteristics.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Murcian Institute of Agricultural and Alimentary Research and Development (IMIDA) for the grant and fellowship of the PhD. Student Miguel Galián.

To the "Agricultural and Water Institution" of the Regional Government of Murcia, and to the SENECA Foundation for their support through the projects "BIOCHATO" and n°AGR/13/FS/02, respectively.

To Mrs. Isabel Martínez Pellicer, from the SACE of the University of Murcia.

To Mr. José Sáez Sironi, from the Murcian Institute of Agricultural and Alimentary Research and Development (IMIDA).

References

- Asenjo, B., Miguel, J.A., Ciria, J and Calvo, J.L., 2005. Factores que influyen en la calidad de la canal. In Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ed. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. pp. 24–35.
- Batallé, 2006. Calidad de Carne y Mejora Genética. <http://www.batalle.com/web/pdfs/cal-gen.pdf>.
- Benito, J., Vázquez, C., Menaya, C., Ferrera, J.L., García Casco, J.M., Silió, L., Rodríguez, J., Rodríguez, M.C., 1998. IV Simposio Internacional del Cerdo Mediterráneo. Evora, Portugal.
- B.O.E. de 12 de marzo de 1993. Real Decreto 147/1993, de 29 de enero, por el que se establece las condiciones de producción y comercialización de carnes frescas.
- Dransfield, E., 2004. Consumer attitudes and demands for new pork qualities. Proceedings of European Workshop "Sustainable Pork production: Welfare, Quality, Nutrition and Consumer Attitudes", pp. 6–16. Copenhagen, Denmark.
- Estévez, M., Morcuende, D., Cava López, R., 2003. Physico-chemical characteristics of *M. Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kgs live-weight and commercial pigs. A comparative study. *Meat Sci.* 64 (4), 499–506.
- Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., Lebre, B., 1999. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat — 2. Consumer acceptability of *M. Longissimus lumborum*. *Meat Sci.* 53, 67–72.

- Gandemer, G., Bonnot, D., Vedrenne, P., Caritez, J.C., Berge, P., Briant, E., Legault, C., 1990. Influence du system d'élevage et du genotype sur la composition chimique et les qualities organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *J. Rech. Porc. Fr.* 22, 101–110.
- González-Martín, I., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., Álvarez-García, N., 2002. Mineral analysis (Fe, Zn, Ca, Na, K) of fresh Iberian pork loin by near infrared reflectance spectrometry. Determination of Fe, Na, and K with a remote fibre-optic reflectance probe. *Anal. Chim. Acta* 468, 293–301.
- ISO 1443, 1979. Meat and Meat Content. Determination of Fat.
- Labroue, F., Goumy, S., Gruand, J., Mourot, J., Neelz, V., Legault, C., 2000. Comparaison au Large White de quatre races locales porcines françaises pour le performances de croissance, de carcasse et de qualité de la viande. *J. Rech. Porc. Fr.* 32, 403–411.
- Lebret, B., Lefaucheur, L., Mourot, J., 1999. La qualité de la viande de porc: Influence des facteurs d'élevage non génétiques sur les caractéristiques du tissu musculaire. *Prod. Anim.* 12, 11–28.
- Lebret, B., Massabie, P., Granier, R., Juin, H., Mourot, J., y Chevillon, P., 2002. Influence of Outdoor Rearing and Indoor Temperature on Growth Performance, Carcass, Adipose Tissue and Muscle Traits in Pigs, and on the Technological and Eating Quality of Dry-cured Hams.
- Leonhard, M., Wenk, C., 1997. Variability of selected vitamins and trace elements of different meat cuts. *J. Food Compos. Anal.* 10, 218–224.
- Lombardi-Boccia, G., Lauzi, S., Aguzzi, A., 2005. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *J. Food Compos. Anal.* 18 (1), 39–46.
- Mayoral, A.I., 1994. El crecimiento en la canal porcina Ibérica: Estudio anatómico-descriptivo y consideraciones aplicativas. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura.
- McCance, Widdowson's, 1991. The Composition of Foods. Royal Society of Chemistry 5th Ed. Cambridge, UK.
- Muñoz, M., Ledesma, J.A., 2002. Tablas de valor nutritivo de alimentos. Ed. Mc Graw Hill.
- Nuernberg, K., Fischer, K., Nuernberg, G., Kuechenmeister, U., Klosowska, D., Eliminowska-Wenda, G., Fiedler, I., y Ender, K., 2005. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Sci.* 70, 63–74.
- Pedauy, J., 1993. Evaluación objetiva de la calidad de la carne porcina en diferentes condiciones de sacrificio. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- Peinado, B., Marín, M., Barba, C., Sereno, R., Poto, A., 2000. Estudio comparativo de parámetros de la canal entre cerdos de raza Chato Murciano con diferentes pesos vivos. I. Simposium Iberoamericano sobre conservación de recursos genéticos animales. Corumbá, Brasil.
- Peinado, B., Poto, A., Gil, F., López, G., 2004. *Livest. Prod. Sci.* 90, 285–292.
- Poto, A., 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.
- Poto, A., López, G., Medina, P., González, J., Lobera, J.B., Martínez, M., Peinado, B., 2000. La mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Arch. Zootec.* 49 (185–186), 195–200.
- Poto, A., Peinado, B., Gil, F., 2003. El Chato Murciano. Materia prima de calidad (I). *Mundo Ganad.* 159, 32–37.
- Pugliese, C., Calagna, G., Chiofalo, V., Moretti, V.M., Margiotta, S., Franci, O., Gandini, G., 2004a. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors: 2. Joints composition, meat and fat traits. *Meat Sci.* 68, 523–528.
- Pugliese, C., Bozzi, R., Campodoni, G., Acciaioli, Anna, Franci, O., Gandini, G., 2004b. Performance of Cinta Senese pigs reared outdoors and indoors. 1. Meat and subcutaneous fat characteristics. *Meat Sci.* 69, 459–464.
- Rosenvold, K., Andersen, H.J., 2003. Factors of significance for pork quality — a review. *Meat Sci.* 64, 219–237.
- Tablas de composición de alimentos del CESNID. 2004. Ed. Mc Graw-Hill-Interamericana.
- Terlouw, C., 2005. Stress reactions at slaughter and meta quality in pigs: genetic background and prior experience. A brief review of recent findings. *Livest. Prod. Sci.* 94, 125–135.
- Warner, R.D., Kauffman, R.G., Greaser, M.L., 1997. Muscle protein changes *post mortem* in relation to pork quality traits. *Meat Sci.* 45 (3), 339–352.

1 **EN REVISIÓN (MAYO 2007)**

2

3 **Effects of two different diets on carcass and meat quality traits of Chato Murciano**
4 **pigs reared outdoors.**

5

6 B. Peinado^a *, M. Galián^a, F. Alcaraz^a, M. Santaella^b and A. Poto^a

7

8 ^a *Murcian Institute of Agricultural and Alimentary Research and Development (IMIDA),*
9 *Estación Sericícola, C/. Mayor, s/n, 30150, La Alberca, Murcia, Spain.*

10 ^b *Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Veterinary Science, Murcia*
11 *University, Espinardo, 30071, Murcia, Spain.*

12

13 * Corresponding author. Tel.: +34 968 366756; fax: +34 968 366792. E-mail:

14 bpeinado@carm.es

1 **Abstract.**

2

3 A total of 40 castrated male pigs of the Spanish autochthonous Chato Murciano
4 breed, reared outdoors, were used for this study to evaluate the influence of two diets.
5 One group of 20 pigs was fed with a high protein/low fat (HP/LF) diet and slaughtered
6 with life weight (LW) of 125.03 kg. The other group of 20 pigs was fed with a low
7 protein/high fat (LP/HF) diet and slaughtered with 121.91 kg LW. The effects of diet on
8 carcass and meat quality traits were studied. Meat samples were taken from the
9 Longissimus lumbar muscle. The HP/LF diet produced a faster growing rate and higher
10 daily weight gain, and measurements in the Longissimus lumbar (Ll) muscle showed
11 higher values of pHu, colour parameters (L*, a* and b*), and higher content in Ca, Mg,
12 Zn, K and Na. The LP/HF diet led to higher values of Fe and Cu. The difference in the
13 Ll muscle intramuscular fat levels (IMF) was noteworthy, with values of 3.21% in the
14 HP/LF group and 11.00% in the LP/HF group; however, the dorsal fat thickness
15 measurements showed no differences. The fatty acid composition of the IMF was 42.43
16 and 42.29% of saturated fatty acids (SFA), 50.34 and 51.35% of MUFA and 7.20 and
17 6.24% of PUFA for the HP/LF group and LP/HF group respectively, with only
18 statistically significant differences in the MUFA levels ($P \leq 0.05$).

19

20 **Keywords:** Carcass; Chato Murciano; Diet; Fatty Acids; Meat Quality; Minerals;
21 Outdoor; Pig.

1 **1. Introduction.**

2

3 In the last years, in Europe, autochthonous breeds and animal welfare has
4 received growing attention. Many “old” regional breeds, like the Chato Murciano pig in
5 the Region of Murcia (S-E Spain), had traditionally constituted high-quality production
6 with an important socio-economic influence, and were traditionally reared in an
7 extensive or semi-free system.

8 With the arrival of the commercial cross-breeds, many of these “old” breeds
9 were substituted, because of their productive capacity and the changes in consumer
10 habits, as they looked for a leaner meat.

11 The Chato Murciano pig is catalogued as a Special Protection pig breed in
12 danger of extinction (B.O.E. 21/11/1997, R.D. 1682/1997), which has been moved from
13 being on the verge of extinction during the 1990s to a number of around 300 sows in the
14 year 2006. The number of these animals is growing due to the help of Regional
15 (Murcian) and National (Spanish) programs, and to the new tendencies, with traditional
16 meat products, including those made from this breed, again being in demand and,
17 therefore, being produced.

18 During recent years consumers have become more concerned about such factors
19 as ethical animal production, animal welfare, organic farming and sensory
20 characteristics of the meat. Hence, new forms of production, such as the outdoor or the
21 free-range rearing systems, environmentally enriched production, and the use of natural
22 feeds have become of great interest for the pig industries (Rosenvold & Andersen,
23 2003).

24 Taking all of this into account, it would be advisable to conscientiously evaluate
25 the role and values of the traditional farming systems in the development of local breeds
26 and their typical products. The Chato Murciano pig is a magnificent transformer of a

1 great variety of food, such as farming sub-products and the residues produced in normal
2 crop rotation, as well as domestic leftovers from family farms in the huerta (market
3 garden) and irrigated areas (Peinado et al., 2001). This breed stands out because of its
4 rusticity; it is genetically adapted to the local conditions and extensive production
5 systems, and undergoes few welfare problems. Nowadays, the Chato Murciano pig is
6 commonly reared indoors (conventional intensive system), but also in outdoor systems,
7 and in all cases, they receive commercial fodder.

8 Pigs are mono-gastric animals, and many dietary components are consequently
9 readily transferred from the feed to the muscle and fat tissues, which subsequently affect
10 pork quality. This is true for the fatty acid composition of the diet, vitamin and mineral
11 composition, and components such as fish meal which give rise to off-flavours
12 (Rosenvold & Andersen, 2003).

13 Meat is an important source of trace elements, especially Cu and Zn, and meat is
14 the food richest in heme iron, the iron form with the highest bioavailability. Continuous
15 innovations in the rearing practices, and feed composition, as well as changes in
16 slaughtering methods and aging, largely contribute to changes in the concentration of
17 some of these micronutrients (Lombardi-Boccia et al., 2005) .

18 In pigs, dietary fatty acids are absorbed unchanged through the intestine and
19 incorporated into tissue lipids (especially those that cannot be synthesised *in situ*). For
20 many years there has been a strong interest in modifying animal fat composition
21 through feeding to meet the dietary recommendations for humans. However, meat with
22 a high content of polyunsaturated fatty acids may lead to meat and meat products which
23 can be characterised as “soft”, and therefore of inferior quality, and with the added
24 problem of higher susceptibility to oxidation, that reduces the self life of the product.

25 The nutritional status of an animal can greatly influence skeletal muscle growth
26 (Ruusunen et al., 2006). Many studies have shown that a high-protein diet results in

1 higher weight gain, higher carcass lean meat content and lower fat content than do low-
2 protein diets (Chiba et al., 2002; Wood et al, 2003; Teye et al., 2006).

3 Some previous studies on carcass and meat quality traits have been realized on
4 the Chato Murciano pig under indoor and outdoors conditions (Peinado et al., 2000,
5 2004; Poto, 2003; Galián et al., 2005a; Poto et al., 2007; Galián et al., 2007), but no
6 information exists about the response to different protein / fat levels in diet. All the
7 above are a part of a project that tries to guarantee the existence and future of this
8 autochthonous breed of the Region of Murcia.

9 The **aim** of this work was to investigate the effect of two different diets (high
10 protein-low fat versus low protein-high fat) on carcass and morphometric parameters,
11 meat quality and mineral and fatty acid composition in pigs of the breed Chato
12 Murciano pure.

1 2. Material and methods.

2

3 The animals used in this study were 40 Chato Murciano pigs, all castrated males,
4 divided into two groups both fed *ad libitum*, but with two different diets. One group, of
5 20 pigs, was fed with a high protein / low fat diet (HP/LF Group), and the other group
6 of 20 pigs, was fed with a low protein / high fat diet (LP/HF Group). The animals began
7 to receive the diets at the age of 100 days until departure to slaughterhouse. Ingredients
8 and chemical composition, and nutritional analysis of the diets are shown in Table 1.

9 The animals were bred in an outdoor system, at the Experimental Station of the
10 IMIDA (Murcian Institute of Agricultural and Alimentary Research and Development)
11 in the Levante region of Spain. All pigs were weighed periodically, from the age of 100
12 days until the day of departure to slaughter. The animals were slaughtered at different
13 ages, considering proximity to 120 kg of live weight as the criterion to slaughter them.
14 The experimental animals were kept, maintained and treated in adherence to accepted
15 standards for the humane treatment of animals.

16 The pigs were sent to a commercial slaughterhouse the day before slaughtering,
17 without mixing animals from the two groups at any moment, and trying to minimize
18 stress. The slaughter was realised following the Spanish Regulations (B.O.E.
19 12/03/1993, R.D. 147/1993). Carbon dioxide for stunning of animals was used just
20 before bleeding. The variables which are used to evaluate carcass and meat quality were
21 measured 45 minutes post-mortem and after 24 hours at 4° C. The hot and cold (after 24
22 h) weights of the carcass were measured using a slaughterhouse scale. The pH was
23 measured using a puncture electrode, with a portable Crison potentiometer (Mod. pH-
24 506, Barcelona, Spain). The colour coordinates L* (luminosity index), a* (red index)
25 and b* (yellow index) of the CIELab system were measured in the Longissimus lumbar
26 (Ll) muscle using a Minolta Chromameter CR350 (Japan), after allowing the fresh cut

1 meat dept at 4° C a blooming time of 15 minutes with exposure to artificial light
2 (Modified from Honikel 1998). Using a flexible tape, several morphometric parameters
3 (carcass length, hand length, leg length, ham length, maximum perimeter of the ham
4 and wrist perimeter) were measured on the hanging right half of the carcass at 45
5 minutes post-mortem following the method described by Peinado et al. (2004). The
6 dorsal fat thickness (DFT) was measured with a gauge (Mod CD-15DC, Mituloyo Ltd.,
7 England) at the level of the first rib (DFT1), the last rib (DFT2), the cranial extreme of
8 the *Gluteus medius* in the area of the thickest dorsal fat (DFT3), and in the area of the
9 least dorsal fat thickness (DFT4) of the *Gluteus medius* (Mayoral, 1994; Peinado et al,
10 2004).

11 The carcass was quartered using traditional Murcian methods, in the plant of a
12 collaborating meat industry firm. The cuts of meat studied (tenderloin, loin head, loin,
13 shoulder blade and ham with bone) were weighed using calibrated scales sensitive to
14 100 g (Poto et al., 2000, 2003).

15 The study of the intramuscular fat content of the Ll muscle was performed using
16 the method described in the ISO 1443 (1979) norm, with the Soxhlet extractor. The
17 samples were taken at 45 min post-mortem, and the values obtained expressed as a
18 percentage of the weight in grams (Poto, 2003; Poto et al., 2004). The fatty acids
19 composition of the intramuscular fat of the Ll muscle was determined after preparation
20 of methyl esters with trimethylsulfonium hydroxide (Schulte and Weber, 1989) by
21 capillary gas chromatography. The chromatographer used (Fison GC 8000 Series, Italy)
22 was equipped with a DB 23 capillary column (60 m x 0.25 mm internal diameter,
23 Agilent Technologies, USA). Helium was used as the carrier gas, and fatty acids were
24 identified by comparison with standards purchased from Sigma Spain.

25 For the determination of the mineral composition (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, P, Mn,
26 K, Na) approximately 1g of meat was dry ashed in a Furnace oven (Nabetherm, model

1 L9/12/S27, Germany). The ashes were dissolved with 2 ml of nitric acid 65% and 5 ml
2 of hydrochloric acid fuming 37% on a hot plate and the volume was made up to 50 ml
3 with distilled deionised water (obtained from the Milli-Q Gradient A10 water system,
4 Molsheim, France). After that, the samples were analysed for their mineral content in a
5 plasma absorption spectrometer (Perkin-Elmer, Model Optima 200DV). The results
6 obtained for each mineral were expressed in mg / 100 g of raw meat. Each sample was
7 analysed in duplicate. The analysis of the certified reference material BCR 184 (bovine
8 muscle) was used to assure the accuracy of our procedure.

9 For the statistical analysis of the data obtained the program Stat graphics Plus for
10 Windows Version 2.1 was used. Data were expressed as mean \pm standard deviation. A
11 Tukey test was carried out to ascertain significant differences ($P \leq 0.05$) between
12 samples. Pearson correlation coefficients were evaluated to describe the relationship
13 between the different parameters studied.

14

15 **3. Results and discussion.**

16

17 The pigs were slaughtered with similar live weights and ages. The HP/LF group,
18 of 20 castrated males, was slaughtered with an average LW of 125.03 kg and an average
19 age of 225 days, and the LP/HF group, also of 20 castrated males, with an average LW
20 of 121.91 kg and an average age of 229 days We chose these slaughter weights because
21 the animals of this breed are usually slaughtered later than those from the other
22 commercial breeds (usually 105-110 kg of live weight in Spain). The Chato Murciano
23 pigs need longer to reach the same weights as “commercial” breeds. Fischer et al.
24 (2006) recorded weights in hybrid pigs (Piétrain-NN*German Landrace) of 135 and 160
25 kg in 206 and 233 days, respectively; likewise, Tibau et al. (1997) described faster
26 development in commercial pig breeds (Large White, Landrace, Duroc and Piétrain)

1 than in the Chato Murciano breed. Nevertheless, other autochthonous pig breeds show
2 even slower developments, like Iberian pigs (Barba, 1999), Nero Siciliano pigs
3 (Pugliese et al., 2003), Mora Romagnola and Casertana (Fortina et al., 2005), and Cinta
4 Senese (Franci et al., 2005).

5 The live weight as a function of age from day 100 to day 212 in the two groups
6 of pigs is represented in Figure 1. As expected, the group with the high protein / low fat
7 diet (HP/LF group) showed a clearly faster growing rate ($P>0.05$), with a daily weight
8 gain (DWG) of 750 g/d, than the group with the low protein / high fat diet (LP/HF
9 group), which had a DWG of 698 g/d. Several authors have obtained similar results;
10 pigs fed with low protein diets showed lower growth rates compared to those fed with
11 high protein diets (Wood et al., 2004; Teye et al., 2006; Ruusunen et al., 2006).

12 The weights of the hot carcass and the most valuable meat cuts are represented
13 in Table 2. It should be noted that the hot carcass yield was significantly higher
14 ($P>0.05$) in the LP/HF group, by contrast with the results obtained by Wood et al.
15 (2004). In their studies the hot carcass yield was similar with both diets, showing a
16 tendency to a lower carcass yield with the low protein diet. The HP/LF group produced
17 heavier hams with bone ($P>0.05$), which is the most valuable piece in this breed, due to
18 the subsequent production of the typical Spanish “Jamón curado” (cured ham). As
19 expected, high correlations ($P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$) were found in both groups between the
20 live weight and weight of hot carcass and many of the most valuable meat cuts.

21 In the Table 2 the levels of dorsal fat thickness (DFT) are shown; these values
22 are considered to be high, and caused to a large extent by the rusticity of the breed.
23 Even though there are no significant differences, the HP/LF group had higher dorsal fat
24 thickness (DFT) values. These values were unexpected, and contrary to those obtained
25 in other studies with commercial breeds (Wood et al., 2004; Teye et al., 2006), where
26 the rich protein diets produced lower DFT. The statistical correlations between the

1 different DFT values were very strong in both groups ($P \leq 0.01$). The morphometric
2 parameters were very similar in both groups (see Table 2), and no significant
3 differences were found.

4 The intramuscular fat content (IMF) in the L1 muscle (see Table 3) was notably
5 higher in the LP/HF group, which reveals the capacity of the Chato Murciano pig to
6 store excess fat from its diet within the muscles. Ruusunen et al. (2006) and Teye et al.
7 (2006) got similar results with two different levels of proteins in their diet (but not such
8 a difference). Other studies in this breed also revealed as well high levels of IMF in the
9 L1 muscle, Poto (2003) obtained 6.39% in pigs reared indoors and Galián et al. (2007)
10 obtained 10.21% in Chato Murciano pure and 10.43% in pigs crossed with Iberian pig
11 reared indoors using a low protein / high fat diet. Many authors have shown the
12 relationship between IMF levels and factors like age and weight at slaughter (Wagner et
13 al., 1999; Asenjo et al., 2005) and special feeding and rearing conditions (Lebret et al.,
14 2002; Rosenvold & Andersen, 2003; Nuernberg et al., 2005). In this study, the only
15 different factor between the two groups was the diet, and therefore this has to be
16 considered as what produced the big differences in IMF content. The different lysine
17 content of diet (0.86 vs. 0.74%) could have had an influence; results from other authors
18 (Glodek et al., 1991; Witte et al., 2000) pointed out the relationship between the
19 reduced lysine content of diet and a higher IMF content.

20 Fernandez et al. (1999) indicated that levels over 3.5% are associated with a
21 significant risk of meat rejection by consumers (referred to fresh meat). Nonetheless, the
22 meat of the Chato Murciano pig is often destined to the production of cured meat
23 products, where high IMF levels offer good technological and sensorial properties.
24 Reixach (2004) indicated levels of 3.5–4 % as the optimal IMF content for fresh meat
25 destined for cured products. Other studies in the Iberian pig breed destined to produce
26 high quality cured products showed levels of IMF in the L1 muscle between 4,76 and

1 16,10% (Benito et al., 1998; Solis et al, 2002). Considering the important differences in
2 IMF values found in this study and the frequent use of this meat in the production of
3 cured products, the evaluation of the quality characteristics of these cured products
4 could be interesting for future studies.

5 The pH values (see Table 3) measured at 45 minutes (pH45) and 24 hours
6 postmortem (pHu) in the LI muscle are considered to be normal. There were only
7 significant differences in pHu, with lower values for the LP/HF group. The differences
8 between the LP/HF and HP/LF groups at pH45 were not significant though the value for
9 the LP/HF was lower. These values could suggest that these pigs experience a greater
10 pre-slaughter stress (Gandemer et al., 1990). It has also been reported (Edwards, 2005),
11 that pigs reared outdoors show a reduced muscle pH and/or increased drip loss,
12 suggesting greater susceptibility of outdoor pigs to pre-slaughter stress. However, the
13 normal pH values and the aspect of the meat from the pigs of this study are typical for
14 pigs which do not produce PSE (Warner et al., 1997).

15 Table 3 shows the results of colour measurement (L^* , a^* , b^* indexes) in the
16 Longissimus lumbar muscle. In all indexes, measured at 45 minutes and 24 hours
17 postmortem, the group HP/LF showed higher values than the LP/HF group. However,
18 these results are contrary to those obtained by Teye et al. (2006), who found higher
19 values of L^* , a^* and b^* in the same muscle in the group with the low protein diet, and
20 Ruusunen et al. (2006) who found higher a^* values. Even if there were differences in
21 the mineral content that could produce any changes in the colour, the great difference
22 found for the IMF levels might produce those changes in the colour of meat (though no
23 statistical correlations were found). In those animals of the group LP/HF, where the
24 IMF were very high, we observed a great marbling of the meat (not scored, subjective
25 impression).

1 The LI muscle mineral composition of the two groups studied is represented in
2 Table 4. The diet has a remarkable influence on the meat mineral levels. The group that
3 received the HP/LF diet showed significantly higher levels of Ca, Mg, Zn, K and Na,
4 and significantly lower levels of Fe and Cu. These differences had to be ascribed to the
5 diet. When we studied the composition of the diet offered to the animals (see Table 1),
6 we found that the HP/LF diet had lower levels of Ca and Na, but, surprisingly, the
7 animals which received this diet had higher levels of these minerals in meat. Similarly,
8 the LP/HF diet had lower levels of Cu and P, but their content in muscle was higher
9 than in the other group. These contradictory results mean that not only is the chemical
10 composition of food is important; many other factors like ingredients of that diet, and
11 the chemical form in which these elements are presented may increase or decrease their
12 presence in the body and muscle. In addition, the homeostatic mechanisms of the body
13 usually are also able to keep the different mineral levels within a proper range (Miller,
14 2000). Information about the contents of other minerals in the diet (such as Fe, Mg, Zn,
15 K) was not available. Previous papers about the mineral composition of the LI muscle in
16 the Chato Murciano breed pure and crossed with other breeds show similar results
17 (Galián et al., 2005a; Poto et al., 2007; Galián et al., 2007), especially to those of the
18 LP/HF group. Taking into account the mineral levels described in food composition
19 tables (McCance & Widdowson's, 2001; Muñoz & Ledesma, 2002; Mataix, 2003;
20 CESNID, 2004) and different researchers' studies (Leonhardt & Wenk, 1997; González-
21 Martín et al., 2002; Lombardi-Boccia et al., 2005) we can consider that the levels of Fe,
22 Cu and P in our study were high, and the levels of the other minerals can be considered
23 normal.

24 Particularly interesting and noteworthy are the high levels obtained for iron and
25 copper because of the role of meat in the supply of these elements in our diet. The breed
26 used (whose muscular cells have a high oxidative metabolism; Poto, 2003); the diet

1 (especially for the LP/HF group) and the age of slaughter (in this study the pigs were
2 slaughtered at 11 months of age, when usually it is 5-6 months for commercial pigs) can
3 explain these high levels. From the correlation coefficients found between the minerals
4 and with other parameters, no conclusions could be pointed out.

5 The myristic (C14:0), palmitic (C16:0), palmitoleic (C16:1), stearic (C18:0),
6 oleic (C18:1), linoleic (C18:2), linolenic (18:3) and arachidonic (C10:4) fatty acids, and
7 the total content of saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA)
8 and polyunsaturated fatty acids (PUFA) on the L1 muscle are represented in Table 5.
9 The levels found for all of them were quite similar and only those for C20:4 and the
10 MUFA were statistically different ($P \leq 0.05$). The influence of diet in the fatty acid
11 composition of fat is already known (Raimondi et al., 1975; Asghar et al. 1990; Wood
12 et al., 2003; Edwards, 2005; Nuernberg et al., 2005; Teye et al., 2006), and diet must
13 have produced the differences found in this study. In the UK, the Department of Health
14 (1994) recommended that the ratio of PUFA to SFA should be increased to above 0.4;
15 in this study, as in most other meats (Enser et al., 1996) the ratios found are lower, but
16 are necessary to keep the stability of the product. Considering that the meat produced
17 from this pig breed is both consumed as fresh meat and destined to the production of
18 cured products (Peinado et al., 2004; Poto et al., 2007), low levels of PUFA are
19 advisable to minimize undesirable effects of oxidation and rancidity (Bryhni et al.,
20 2002; Wood et al. 2003) and the technological problems usually associated with a high
21 level of them (Rosenvold & Andersen, 2003). The PUFA level should not be higher
22 than 12-14% in meat destined to transformed products (Fischer et al., 2006b).

23 In the LP/HF group as a tendency and in the HP/LF group as statistically
24 significant, the IMF content showed a positive correlation with the level of SFA and
25 negative with the level of PUFA. The increase of the DFT2 showed a positive
26 correlation with the SFA content and a negative one with the PUFA in both groups, but

1 only as a tendency (not significant). This relationship between the amount of fat (in the
2 IMF, but in the DFT too) and fatty acid levels agrees with the results of other authors
3 (Wood et al., 2004; Galián et al., 2005b; Fischer et al., 2006b).

4

5 **4. Conclusions.**

6

7 The diet used, HP/LF or LP/HF, in the feeding of the Chato Murciano pigs,
8 influences the growing rate and final live weight in relation to age, but morphometric
9 parameters were similar.

10 The characteristics of the carcass and the meat are also influenced by the diet.
11 Colour index values and pHu were higher in the LP/HF group. The levels of minerals
12 were influenced by diet, where the HP/LF group had higher levels of Fe and Cu, but
13 lower levels of Ca, Mg, Zn, K and Na. The diet had a great influence in the levels of
14 IMF in the Ll muscle, but not in the DFT; the levels of IMF have to be specially
15 considered in the production of cured products. The FA composition was affected by
16 the diet too; the high fat diet produced higher values of MUFA, but no significant
17 differences were found on SFA and PUFA contents. The distribution of fatty acids in
18 both groups found can be expected to produce good quality processed products.

1 **Acknowledgements.**

2

3 The authors would like to thank the **Murcian Institute of Agricultural and**
4 **Alimentary Research and Development (IMIDA)** for the grant and the fellowship of
5 PhD. Student Miguel Galián. To the projects BIOCHATO and 2I05SU0025 from the
6 Regional Government of Murcia, to the project n°AGR/13/FS/02 from the SENECA
7 Institution, and the project RTA2005-00163-00-00 from the INIA.

1 **5. References.**

2

3 Asenjo B., Miguel J.A., Ciria J and Calvo J.L. 2005. Factores que influyen en la calidad
4 de la canal. In Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del
5 producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ed. Instituto de
6 Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. pp. 24-35.

7 Asghar A., Lin C.F., Gray J.I., Buckley D.J., Booren A. y Flegal C.J. 1990. Effect of
8 dietary oils and (-tocopherol supplementation on membranal lipid oxidation in
9 broiler meat. J. Food Sci. 55. pp. 46-50.

10 B.O.E. 12/03/1993. Real Decreto 147/1993, de 29 de enero, por el que se establece las
11 condiciones de producción y comercialización de carnes frescas.

12 B.O.E. 21/11/1997. Real Decreto 1682/1997, de 7 de noviembre, por el que se actualiza
13 el catálogo oficial de razas de ganado de España.

14 Barba C. 1999. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico como
15 base para su conservación. Doctoral thesis. Universidad de Córdoba. Facultad de
16 Veterinaria. pp. 62-70.

17 Benito J., Vázquez C., Menaya C., Ferrera J.L., García Casco J.M., Silió L., Rodrigañez
18 J. y Rodríguez M.C. 1998. Evolución de los parámetros productivos en distintas
19 líneas de cerdo Ibérico. IV Simposio Internacional del cerdo Mediterráneo. Évora.
20 Portugal.

21 Bryhni E.A., Kjos N.P., Obstad R. & Hunt M. 2002. Polyunsaturated and fish oil in
22 diets for growing-finishing pigs: effects on fatty acid composition and meta, fat
23 and sausage quality. Meat Science 62, 1-8.

24 CESNID. Tablas de composición de alimentos. 2004. Ed. Mc. Graw-Hill-
25 Interamericana.

- 1 Chiba L.I., Kuhlers D.L., Frobish L.T., Jungst S.B., Huff-Loneragan, E.J., Lonergan
2 S.M. and Cummings K.A. 2002. Effect of dietary restrictions on growth
3 performance and carcass quality of pigs selected for lean growth efficiency.
4 Livest. Prod. Sci. 74, 93-102.
- 5 Department of Health. 1994. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on
6 Health and Social Subject No. 46. London: Her Majesty's Stationery Office.
- 7 Edwards S.A. 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production.
8 Livestock Production Science 94, 5-14.
- 9 Enser M., Hallett K., Hewett B., Fursey, G.A.J. & Wood J.D. 1996. Fatty acid content
10 and composition of English beef, lamb and pork at retail. Meat Science, 44, 443-
11 458.
- 12 Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J. and Lebret, B. 1999. Influence of
13 intramuscular fat content on the quality of pig meat. 1. Composition of the lipid
14 fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. Meat Sci., 53,
15 59-65.
- 16 Fischer K., Lindler J.P., Judas M. and Höreth R. 2006a.
17 Schlachtkörperzusammensetzung und Gewebebeschaffenheit von schweren
18 Schweinen. I. Mitteilung: Material und Methoden, Mastleistung,
19 Schlachtkörperzusammensetzung und Teilstückanteile. Arch. Tierz., Dummerstorf
20 49, 3, 269-278.
- 21 Fischer K., Lindler J.P., Judas M. and Höreth R. 2006b.
22 Schlachtkörperzusammensetzung und Gewebebeschaffenheit von schweren
23 Schweinen. II. Mitteilung: Merkmale der Fleisch- und Fettqualität. Arch. Tierz.
24 Dummerstorf 49, 3, pp. 279-292.

- 1 Fortina R., Barbera S., Lussiana C., Mimosi A., Tassone S., Rossi A. and Zanardi E.
2 2005. Performances and meat quality of two Italian pig breeds fed diets for
3 comercial hybrids. *Meat Science* 71, pp. 713-718.
- 4 Franci O., Campodoni G., Bozzi R., Pugliese C., Acciaioli A. and Gandini G. 2003.
5 Productivity of Cinta Senese and Large White x Cinta Senese pigs reared outdoors
6 in woodlands and indoors. 2. Slaughter and carcass traits. *Italian J. Anim. Sci.* 2,
7 59-65.
- 8 Galián M., Peinado B., Martínez C., Periago M.J., Ros G. and Poto A. 2005a.
9 Descripción de la composición mineral y otros parámetros de calidad del músculo
10 Longissimus dorsi del cerdo Chato Murciano en pureza y cruzado con cerdo Large
11 White, en condiciones de explotación outdoor. *Anales de Veterinaria de Murcia.*
12 Vol. 21, 131-142.
- 13 Galián M., Freudenreich P. y Fischer K. 2005b. NIRS und NIT als Schnellmethoden für
14 die Fettsäuren-Bestimmung bei Schweinerückenspeck. *Mitteilungsblatt der*
15 *Fleischforschung Kulmbach* 44, Nr. 170, pp. 305-310.
- 16 Galián M., Peinado B., Martínez C., Periago M.J., Ros G. and Poto A. 2007.
17 Comparative study of the characteristics of the carcass and the meat of the Chato
18 Murciano pig and its cross with Iberian pig, reared indoors. *Animal Science*
19 *Journal*, Vol. 78, No. 6.
- 20 Gandemer, G., Pichou, D., Bougenec, B., Caritez, J.C., Berge, P., Briand, E. and
21 Legault, C. 1990. Influence du système d'élevage et du génotype sur la
22 composition chimique et les qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez
23 le porc. *Journées Recherche Porcine en France*, 22, 101-110.
- 24 Gloděk P., Böhme H., Chaineter W. and Möllers B. 2001. Influence of feed quality on
25 fattening and carcass performance of multiple crosses between intensive breeds
26 and endangered local breeds. *Züchtungskunde* 73(4):266-276.

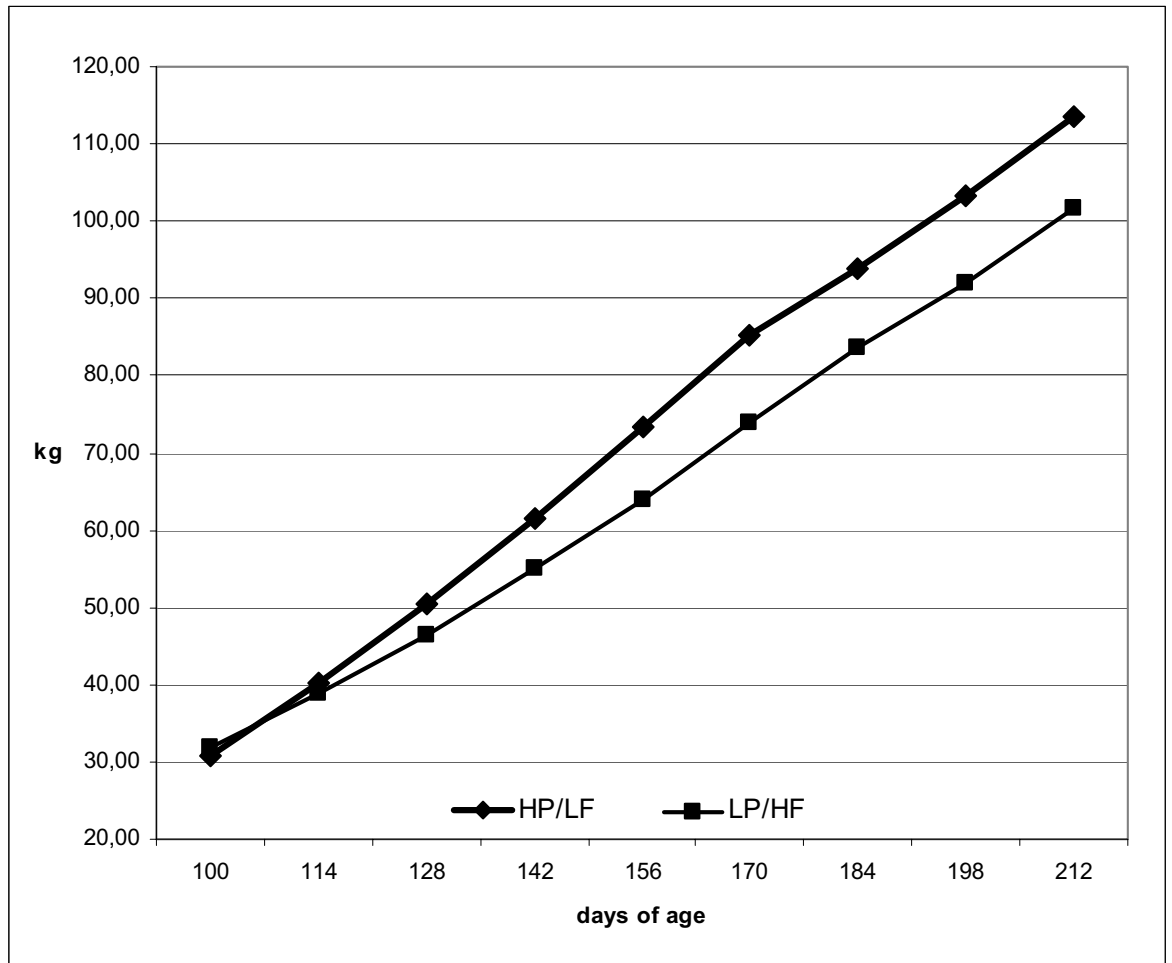
- 1 Honikel K.O. 1998. Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics
2 of Meat. Meat Science. Vol. 49. Nº. 4, 447-457.
- 3 ISO 1443. 1979. Meat and meat content. Determination of Fat.
- 4 Lebret B., Massabie P., Granier R., Juin H, Mourot J. y Chevillon P. 2002. Influence of
5 outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose
6 tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-
7 cured hams.
- 8 Leonhardt M. and Wenk C. 1997. Variability of Selected Vitamins and Trace Elements
9 of Different Meat Cuts. J. Food Comp. and Anal., 10, 218-224.
- 10 Lombardi-Boccia G., Lauzi S. and Aguzzi A. 2005 Aspects of meat quality: trace
11 elements and B vitamins in raw and cooked meats. J. Food Comp. and Anal.. Vol.
12 18 (1), 39-46.
- 13 Mataix J. 2003. Tabla de composición de alimentos. 4ª Edición. Universidad de
14 Granada.
- 15 Mayoral, A.I. 1994. El crecimiento en la canal porcina Ibérica: Estudio anatomo-
16 descriptivo y consideraciones aplicativas. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria,
17 Universidad de Extremadura.
- 18 McCance and Widdowsons's 1991. The composition of foods. Royal Society of
19 Chemistry. 5th Ed. Cambridge. UK.
- 20 Miller D. 2000. Minerales. En: Química de los Alimentos, 2ª Edición, editado por Owen
21 R. Fennema. pp. 735-770. Ed. Acribia S.A.
- 22 Muñoz, M. and Ledesma J.A. 2002. Tablas de valor nutritivo de alimentos. Ed. Mc
23 Graw Hill.
- 24 Nuernberg K., Fischer K., Nuernberg G., Kuechenmeister U., Klosowska D.,
25 Eliminowska-Wenda G., Fiedler I. y Ender K. 2005. Effects of dietary olive and

- 1 linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle
2 structure in pigs. *Meat Science*, 70. pp. 63-74.
- 3 Peinado, B., Marín, M., Barba, C., Sereno, J. R., Poto, A. 2000. Estudio comparativo de
4 parámetros de la canal entre cerdos de raza Chato Murciano con diferentes pesos
5 vivos. I Simposium Ibero-americano sobre Conservación de Recursos Genéticos
6 Animales. Corumbá, Brasil.
- 7 Peinado, B., Poto, A., Marín, M. and Lobera, J.B. 2001. Raza porcina Chato Murciano.
8 Conservación Genética de Razas Autóctonas (II). *Porci. Tratado de Ganado*
9 porcino 61, 39-55.
- 10 Peinado, B., Poto, A., Gil, F. and López, G. 2004. Characteristics of the carcass and
11 meat of the Chato Murciano pig. *Livest. Prod. Sci.* 90, 285-292.
- 12 Poto, A., López, G., Medina, P., González, J., Lobera, J.B., Martínez, M. and Peinado,
13 B. 2000. La mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es
14 mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Archivos de Zootecnia* 49 (185-
15 186), 195-200.
- 16 Poto, A. 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano.
17 Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.
- 18 Poto, A., Peinado, B. and Gil, F. 2003. El Chato Murciano. *Materia prima de calidad* (I).
19 *Mundo Ganadero* 159, 32-37.
- 20 Poto, A., Peinado, B. and Gil, F. 2004. El Chato Murciano, *Materia Prima de Calidad* (y
21 II). *Mundo Ganadero* 162, 50-56.
- 22 Poto A., Galián M. and Peinado B. 2007. Chato Murciano pig and its crosses with
23 Iberian and Large White pigs, reared outdoors. Comparative study of the carcass
24 and meat characteristics. *Livestock Science*. doi: 10.1016/j.livsci.2006.12.005.

- 1 Pugliese C., Madonia G., Chiofalo V., Margiotta S., Acciaioli A. and Gandini G. 2003.
2 Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and
3 outdoors. Growth and carcass composition. Meat Sci. 65, 825-831.
- 4 Raimondi R., De María C., Auxilia M.A. y Masoero G. 1975. Effetto della grassatura
5 dei mangini sulla produzione della carne di coniglio III. Contenuto in acidi gras
6 delle carni e del grasso perirenale. Ann. Ist. Sper. Zootec. 8. pp. 167-181.
- 7 Reixach J. 2004. TB-Duroc: La Calidad de Carne. www.batalle.com
- 8 Rosenvold K. and Andersen H. J. 2003. Factors of significance for pork quality – a
9 review. Meat Science 64, pp. 219-237.
- 10 Ruusunen M., Partanen K., Pösö R. and Puolanne E. 2006. The effect of dietary protein
11 supply on carcass composition, size of organs, muscle properties and meat quality
12 of pigs. Livestock Science, doi:10.1016/j.livsci.2006.09.021.
- 13 Schulte E. and Weber K. 1989. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from fats
14 with trimethylsulfonium hydroxide or sodium methylate. Fet. Wiss. Technol., 91
15 (5), 181-3.
- 16 Solis M., de Pedro E., Garrido A., García J., Silió L., Rodríguez C. y Rodrigánñez J.
17 2001. Evaluación de la composición del lomo del cerdo Ibérico mediante la
18 tecnología NIRS. En [http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/p-](http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/p-animales/cerdo-iberico/Bibliografia/A35Aida01p3.PDF)
19 [animales/cerdo-iberico/ Bibliografia/A35Aida01p3.PDF](http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/p-animales/cerdo-iberico/Bibliografia/A35Aida01p3.PDF) (consultado el 7 de enero
20 de 2007).
- 21 Teye G.A., Sheard P.R., Whittington F.M., Nute G.R., Stewart A. and Wood J.D. 2006.
22 Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle
23 fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. Meat Science, 73, 157-
24 165.
- 25 Tibau J., Puigvert X., Soler J., Trilla N., Diestre A., Gispert M., Fernández J. and
26 Manteca X. 1997. Incidencia de factores genéticos y de comportamiento en la

- 1 eficiencia del crecimiento, la composición y la calidad de la canal y de la canre en
2 distintas razas porcinas. Anaporc, 171, pp. 74-91.
- 3 Wagner J.R., Schinkel A.P., Chen W., Forrest J.C. and Coe B.L. 1999. Analysis of body
4 composition changes of swine during growth and development. Journal of Animal
5 Science 77 (6): 1442-1466.
- 6 Warner R.D., Kauffman R.G. and Greaser M.L. 1997. Muscle Protein Changes *Post*
7 *Mortem* in Relation to Pork Quality Traits. Meat Sci. Vol. 45, No. 3, 339-352.
- 8 Witte D.P., Ellis M., McKeith F.K. and Wilson E.R. 2000. Effect of dietary lysine level
9 and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat
10 content of pork. Journal of Animal Science 78(5): 1272-1276.
- 11 Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R. Nute, Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E.,
12 Sheard P.R. y Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review.
13 Meat Science 66. pp. 21-32.
- 14 Wood J.D., Nute G.R., Richardson R.I., Whittington F.M., Southwood O., Plastow G.,
15 Mansbridge R., da Costa N. and Chang K.C. 2004. Effects of breed, diet and
16 muscle on fat deposition and eating quality in pigs. Meat Science 67, 651-667.

1 Fig. 1. Live weight as a function of age from the day 100 to day 212 of the two groups
2 of pigs fed with the different diets.



3
4 HP/LF: high protein / low fat; LP/HF: low protein / high fat.

1 Table 1: Ingredients and chemical composition (%) and nutritional analysis of the basal
 2 concentrate diet.

	HP/LF Diet	LP/HF Diet
<i>Ingredients and chemical composition (%)</i>		
Corn	40	15
Barley two rows	34.8	34.9
Soybean meal 44%	22	11
Peas springs		12
Wheat shorts		10
Wheat		7.3
Alfalfa dehydrated		3
Lard		2.5
Calcium carbonate	0.7	1.63
Sugarcane molasses		1
Mono-dicalcium phosphate	1.9	0.52
ClNa	0.3	0.35
Vitamins and minerals	0.3	0.3
Soya oil		0.25
Setnazyme phitase		0.1
<i>Nutritional analysis (%)</i>		
Dry matter	88.93	89.06
Crude protein	17.01	15.00
Ether extract	2.36	4.94
Crude fibre	4.03	5.09
Ash	5.60	4.89
Ca	0.94	1.00
Na	0.13	0.15
P (total)	0.70	0.63
Cu	28*	8*
C18:2	1.27	1.30
Lysine	0.86	0.74
Methionine	0.26	0.23
DE (Kcal/Kg)	3247	3218
ME (Kcal/Kg)	3100	3077

3 HP/LF: high protein / low fat; LP/HF: low protein / high fat. * Results expressed in mg/kg

1 Table 2: Carcass and morphometric parameters of the Chato Murciano pigs fed with the
 2 two diets, HP/LF and LP/HF.

	HP/LF Group	LP/HF Group
<i>Life weight and weight of the hot carcass and the most valuable meat cuts *</i>		
Life weight	125.03 ± 9.75	121.91 ± 10.32
Hot carcass	100.38 ± 11.34	99.70 ± 9.13
Hot carcass yield	80.39 ± 1.65b	81.78 ± 2.90a
Tenderloin	0.37 ± 0.05	0.39 ± 0.09
Loin head	1.92 ± 0.18	1.75 ± 0.31
Loin	2.80 ± 0.30	2.59 ± 0.44
Shoulder blade	7.39 ± 0.50	7.26 ± 0.59
Ham with bone	12.27 ± 0.86a	11.28 ± 1.53b
<i>Dorsal fat thickness**</i>		
DFT1	55.08 ± 7.38	50.76 ± 8.78
DFT2	31.08 ± 6.24	28.88 ± 5.76
DFT3	38.39 ± 8.41	35.82 ± 7.95
DFT4	30.42 ± 6.55	27.05 ± 7.32
<i>Morphometric parameters ***</i>		
CL	85.49 ± 3.50	83.95 ± 3.68
HL	34.68 ± 1.73	34.85 ± 2.08
LL	59.50 ± 2.46	59.65 ± 2.52
HmL	36.58 ± 1.76	37.55 ± 1.95
HP	74.50 ± 2.12	73.04 ± 3.52
WP	17.62 ± 0.85	18.23 ± 1.09

3 * Values expressed in kilograms. The weight of the most valuable meat cuts refers to one half of the
 4 carcass.

5 ** DFT=Dorsal fat thickness measured at: DFT1=the first rib; DFT2=the last rib; DFT3=the caudal
 6 extreme of the *gluteus medius*; DFT4=in the area of the least dorsal fat thickness. Values expressed in
 7 millimetres.

8 *** Values expressed in centimetres. CL=carcass length; HL=hand length; LL=leg length; HmL=ham
 9 length; HP=maximum perimeter of the ham; WP=wrists perimeter.

10 (a,b) within criteria, means differ at $P \leq 0.05$.

1 Table 3: Meat quality parameters of the Chato Murciano pigs fed with the two diets,
 2 HP/LF and LP/HF.

	HP/LF Group	LP/HF Group
pH ₄₅	6.34 ± 0.26	6.20 ± 0.22
pHu	5.66 ± 0.08a	5.61 ± 0.09b
L* ₄₅	45.08 ± 1.86a	37.65 ± 2.16b
a* ₄₅	14.90 ± 1.26a	5.77 ± 0.98b
b* ₄₅	3.10 ± 0.54a	0.07 ± 0.84b
L* ₂₄	50.56 ± 2.36a	45.92 ± 5.42b
a* ₂₄	17.89 ± 1.91a	8.66 ± 1.76b
b* ₂₄	6.76 ± 1.52a	4.05 ± 3.33b
IMF (%)	3.21 ± 0.89b	11.00 ± 5.20a

3 (a,b) within criteria, means differ at $P \leq 0.05$.

- 1 Table 4: Mineral composition of the *Longissimus lumbar* muscle of the Chato Murciano
 2 pigs fed the two diets, HP/LF and LP/HF.
 3 Results expressed in mg / 100 g of raw meat.

Mineral	HP/LF Group	LP/HF Group
Ca	7.21 ± 1.95a	5.13 ± 1.00b
Mg	27.16 ± 0.73a	21.85 ± 2.00b
Fe	2.15 ± 0.18b	3.85 ± 2.57a
Cu	0.15 ± 0.02b	0.29 ± 0.12a
Zn	1.61 ± 0.20a	1.41 ± 0.19b
P	212.11 ± 3.93	203.12 ± 8.12
K	371.19 ± 14.05a	345.39 ± 17.37b
Na	59.43 ± 6.31a	38.77 ± 6.24b

- 4 HP/LF: high protein / low fat; LP/HF: low protein / high fat.
 5 (a,b) within criteria, means differ at $P \leq 0.05$.

1 Table 5: Fatty acid composition (% of total FA) of the *Longissimus lumbar* muscle of
 2 the Chato Murciano pigs fed the two diets, HP/LF and LP/HF (% of total FA).

Fatty acid	HP/LF Group	LP/HF Group
C14:0	1.80 ± 0.27	1.93 ± 0.26
C16:0	28.40 ± 1.77	28.33 ± 1.46
C16:1	4.66 ± 0.52	4.91 ± 0.57
C18:0	11.05 ± 0.85	10.62 ± 0.66
C18:1n-9	44.70 ± 0.99	45.36 ± 1.06
C18:2n-6	5.65 ± 1.16	4.88 ± 1.11
C18:3n-3	0.21 ± 0.06	0.23 ± 0.03
C20:4n-6	0.96 ± 0.28a	0.75 ± 0.28b
SFA	42.43 ± 2.15	42.29 ± 1.74
MUFA	50.34 ± 1.12b	51.35 ± 1.29a
PUFA	7.20 ± 1.49	6.24 ± 1.45

3 HP/LF: high protein / low fat; LP/HF: low protein / high fat; SFA: Saturated fatty acids; MUFA:
 4 Monounsaturated fatty acids; PUFA: Polyunsaturated fatty acids.
 5 (a,b) within criteria, means differ at $P \leq 0.05$.

1 **ENVIADO PARA SU PUBLICACIÓN (MAYO 2007)**

2

3 **Effects of the rearing system on the quality traits of the carcass, meat and fat of the**
4 **Chato Murciano pig.**

5

6 Miguel Galián¹, Ángel Poto¹, Marina Santaella² and Begoña Peinado¹

7

8 ¹ *Murcian Institute of Agricultural and Alimentary Research and Development*
9 *(IMIDA), Estación Sericícola, C/. Mayor, s/n, 30150, La Alberca, Murcia, Spain.*

10 ² *Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Veterinary Science, Murcia*
11 *University, Espinardo, 30071, Murcia, Spain.*

12

13 *Correspondence author.* ¹ Miguel Galián, Murcian Institute of Agricultural and
14 Alimentary Research and Development (IMIDA), Estación Sericícola, C/. Mayor, s/n,
15 30150, La Alberca, Murcia, Spain. *Tel.:* +34 968 366756; *fax:* +34 968 366792. *E-*
16 *mail:* mgalianj@hotmail.com

17

18 Running title: Meat quality of Chato Murciano pig.

1 **ABSTRACT**

2

3 To evaluate the performance of the Spanish autochthonous pig breed Chato
4 Murciano under different rearing conditions, a total of 30 castrated male pigs were used.
5 Eighteen pigs were reared in an outdoor system, and sent to slaughter with an average
6 age of 210 days and live weight (LW) of 124.41 kg; and 12 pigs were reared in an
7 indoor system, and slaughtered with 119.58 kg of LW and 236 days old. The pigs reared
8 outdoors showed a better growing rate and final live weight in relation to age, as well as
9 higher hot and cold carcass yields, and superior weights for the most valuable meat cuts,
10 but their morphometric parameters were similar to those of the pigs reared indoors. The
11 rearing system did not affect many of the meat quality traits (intramuscular fat (IMF)
12 content, pH, colour, tenderness and cooking loss), but drip losses were higher in the
13 outdoor group. The levels of IMF found in this study in both rearing systems (2.65-
14 3.19%) were notably lower than those from previous studies, probably due to
15 differences in the diet used. The rearing system affected the mineral and fatty acid (FA)
16 composition. The distribution of fatty acids in both groups, with a low Polyunsaturated
17 Fatty Acid (PUFA) content, can be expected to produce good quality processed
18 products.

19

20 **Keywords:** Carcass, Chato Murciano, Fatty Acids, Meat Quality, Minerals, Pig,
21 Rearing System.

1 INTRODUCTION

2

3 The Chato Murciano pig has traditionally constituted high-quality production
4 with an important socioeconomic influence in the Region of Murcia (Spain). It was
5 traditionally reared in an extensive or semi-free system and reached its highest number
6 of animals in the middle of the 20th century. As with many other autochthonous pig
7 breeds, the Chato Murciano was substituted with the arrival of the commercial cross-
8 breeds, because of their higher productive capacity and the changes in consumer habits.

9 The Chato Murciano pig is catalogued as a Special Protection pig breed in
10 danger of extinction (B.O.E. 21/11/1997, R.D. 1682/1997), which has evolved from
11 being on the verge of extinction during the 1990s to having a number of around 300
12 sows in the year 2006. With the help of Regional (Murcian) and National (Spanish)
13 programs, and in addition to the new tendency, in which the traditional meat products
14 made from this breed are again in demand and, are therefore being produced, the
15 number of individuals of this breed is growing.

16 During the past decade consumers have become more concerned about such
17 factors as animal production, animal welfare, organic farming and sensory
18 characteristics of the meat. Hence, extensive production, such as free-range or other
19 forms of environmentally enriched production, as well as pigs fed natural feeds have
20 become one of the new targets for European and North American pig meat industries
21 (Rosenvold & Andersen, 2003).

22 Many factors vary depending on the rearing system, such as climatic variations
23 and the physical activity offered to the animals, which may influence carcass and
24 muscle traits and, consequently, meat quality (Lebret *et al.*, 1999). Many modern breeds
25 are adapted to the indoor rearing systems, but this is not the case of a lot of

1 autochthonous pig breeds, like the Chato Murciano pig, which is better adapted to the
2 local conditions and extensive production systems (Poto *et al.*, 2007).

3 The use of different production systems has been shown to influence a number
4 of different changes in the meat characteristics. Conventional pork production systems
5 when compared to the traditional production systems provide meat which is tenderer
6 (Danielsen *et al.*, 2000), with a lower intramuscular fat content (Sundrum *et al.*, 2000), a
7 lower composition in unsaturated fatty acids and vitamin E content (Hansen *et al.*, 2000;
8 Nilzén *et al.*, 2000), and a decreased lean yield (Sather *et al.*, 1997).

9 The evaluation of the role and values of the traditional rearing systems of this
10 breed compared to the indoor rearing system most commonly used today may highlight
11 positive characteristics and aspects of the breed, which could help in its development
12 and conservation.

13 The **aim** of this work was to investigate the effects of the rearing system
14 (outdoor vs. indoor) on the quality traits of the carcass, meat and fat of the breed Chato
15 Murciano pure breed.

1 MATERIAL AND METHODS

2

3 A total of 30 Chato Murciano pigs, all castrated males, were raised under two
4 different farming systems. Eighteen pigs were reared in an outdoor system (18 pigs in
5 3.000 m²) at the Experimental Station of the IMIDA (Murcian Institute of Agricultural
6 and Alimentary Research and Development) in the Levante Region of Spain, and, 12
7 pigs were reared in pens, in a conventional indoor rearing system. Both groups were fed
8 *ad libitum* a standard commercial fodder suited to the nutritive needs of the animals,
9 from the age of 70 days until departure to slaughterhouse. Ingredients and chemical
10 composition, and a nutritional analysis of the diet used are shown in Table 1.

11 All the pigs were weighed periodically, from the age of 100 days until the day of
12 departure to slaughter. The experimental animals were kept, maintained and treated in
13 adherence to accepted standards for the humane treatment of animals.

14 The animals were slaughtered at different ages, considering the proximity to 120
15 kg of live weight as the reference to slaughter them. Finally, the outdoor group was
16 slaughtered with a live weight (LW) of 124.14 kg at 210 days, whereas the indoor group
17 needed 236 days to reach 119.58 kg of LW. The pigs were sent to a commercial
18 slaughterhouse the day before slaughtering, without mixing animals from different
19 groups at any moment, and trying to minimize stress. The slaughter was realised
20 following the Spanish Regulations (B.O.E. 12/03/1993, R.D. 147/1993). Carbon dioxide
21 for stunning of animals was used just before bleeding. Forty-five minutes post-mortem
22 and after 24 hours at 4° C, several different parameters were measured from carcass and
23 meat to evaluate meat and carcass quality traits. The hot and cold (after 24 h) weights of
24 the carcass were measured using a slaughterhouse scale, and the storage weight losses
25 from the carcass from the day 0 to day 1 were recorded.

1 Several morphometric parameters (carcass length, hand length, leg length, ham
2 length, maximum perimeter of the ham and wrist perimeter) were measured using a
3 flexible tape on the hanging right half of the carcass at 45 minutes post-mortem
4 following the method described by Peinado *et al.* (2004). The dorsal fat thickness (DFT)
5 was measured with a gauge (Mod CD-15DC; Mituloyo, England) at the level of the first
6 rib (DFT1), the last rib (DFT2), and in the *Gluteus medius*: in the area of the thickest
7 dorsal fat (craneal extreme, DFT3), and in the area of the least dorsal fat thickness
8 (DFT4) (Mayoral, 1994; Peinado et al, 2004).

9 The day after slaughter, the carcass was quartered using traditional Murcian
10 methods, in the plant of a collaborating meat industry firm. The cuts of meat studied
11 (tenderloin, loin head, loin, shoulder blade and ham with bone) were weighed using
12 calibrated scales sensitive to 100 g (Poto *et al.*, 2000, 2003). After slaughter, a portion
13 of the loin (sample cut) including the 1st to the 5th lumbar vertebra was taken for later
14 determinations.

15 The following measurements were taken on L1 muscle: (I) pH recorded at 45
16 min (pH₄₅) and 24 h (pH₂₄) post-mortem; (II) colour parameters L*, a* and b*, using a
17 Minolta Chromameter CR350 (Japan) after a blooming time of 15 minutes, measured 45
18 minutes and 24 hours post-mortem (modified from Honikel, 1998); (III) water-holding
19 capacity determined by drip loss, from the day 0 to day 1; and (IV) by cooking loss in a
20 water-bath until the temperature reached in the centre of the sample was 70 °C (Honikel,
21 1998); (V) shear force measured by Warner-Bratzler using a Stable Micro Systems
22 Texture Analyser (Model TA-XT plus, UK), by testing three rectangular samples from
23 each cooked sample, with a 100 mm² cross section (Honikel, 1998).

24 The intramuscular fat (IMF) content of the L1 muscle was evaluated using the
25 method described in the ISO 1443 (1979) norm, with the Soxhlet extractor. The samples

1 were taken at 45 minutes post-mortem from the LI at the last rib, and the values
2 obtained expressed as a percentage of the weight in grams (Poto, 2003; Poto *et al.*,
3 2004).

4 On the day of slaughter, a sample of back fat was taken at the last rib level,
5 frozen and kept at -36 °C until the lipid content was calculated. For the preparation of
6 these samples 5 to 10 grams of the homogenised back fat were put in a glass with 0.5 ml
7 of stabilizer (0.1377 g – 2,6 Di-tert.-butyl-4-methylphenol in 2.5 ml methanol) and then
8 melted in a 90 °C water bath. Two hundred and fifty microliters of this melted fat were
9 added to 750 µl of trimethylsulfonium hydroxide (TMSH), this mixture then being
10 ready to be analysed by gas chromatography (Schulte and Weber, 1989). The fatty acid
11 composition of the intramuscular fat of the LI muscle was calculated after obtaining of
12 methyl esters with TMSH following the Schulte and Weber's protocol (1989) for fatty
13 acid extraction from meat, using sea sand, sodium sulphate, and a homogenizer (Bühler
14 HO 4/A, Hechingen, Germany) and then measured by capillary gas chromatography.
15 The gas chromatograph used was a Fison GC 8000 Series (Italy), equipped with a DB
16 23 capillary column (60 m x 0.25 mm internal diameter, Agilent Technologies, USA).
17 Helium was used as the carrier gas, and fatty acids were identified by comparison with
18 standards purchased from Sigma Spain.

19 For the analysis of the mineral composition (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, P, Mn, K, Na)
20 approximately 1 g of meat was dry ashed in a Furnace oven (Nabetherm, model
21 L9/12/S27, Germany). The ashes were prepared (Galián *et al.*, 2007) and analysed for
22 their mineral content in a plasma absorption spectrometer (Perkin-Elmer, Model Optima
23 200DV). The results obtained for each mineral were expressed in mg / 100 g of raw
24 meat. Each sample was analysed in duplicate. The analysis of the certified reference
25 material BCR 184 (bovine muscle) was used to assure the accuracy of our procedure.

1 The samples used to calculate IMF content and mineral or fatty acids composition were
2 always previously homogenised.

3 The programs Excel and Stat graphics Plus were used for the processing and
4 statistical analysis of the data obtained. Data were expressed as mean \pm standard
5 deviation. A Tukey test was carried out to ascertain significant differences between
6 samples. Pearson correlation coefficients were used to describe the relationship between
7 the different parameters studied.

1 RESULTS AND DISCUSSION

2

3 The **live weight (LW) as a function of age** from day 70 to proximity to
4 slaughter departure is represented in Figure 1 for both the indoor and outdoor groups of
5 pigs. We chose slaughter weights close to 120 kg because the animals of this breed are
6 usually slaughtered later than those from the other commercial breeds, which in Spain
7 in the year 2003 reached average hot carcass weight of 87.1 kg (MAPA, 2004).

8 We can observe a slightly lower initial LW of the outdoor animals because of
9 the stress suffered during transport and the initial period of adaptation to the new
10 outdoor conditions. The animals were slaughtered at different ages, considering the
11 proximity to 120 kg of live weight as the reference to slaughter them. Finally, the
12 outdoor group was slaughtered with an average age of 210 days and a LW of 124.14 kg,
13 whereas the indoor group needed 236 days to reach an average LW of 119.58 kg. The
14 Chato Murciano (CH) pig is an autochthonous breed, with a robust constitution, adapted
15 to the local conditions and extensive systems (Peinado *et al.*, 2004), and the better
16 growing rate of the outdoor reared pigs shows the adaptation of the local pig breed
17 Chato Murciano (CH) to this production system.

18 Other authors found different results in similar studies in other breeds. In the
19 Italian pig breeds Nero Siciliano and Cinta Senese Pugliese *et al.* (2003, 2004) found a
20 faster development of the pigs reared indoors. Similarly, Daza *et al.* (2006) found that
21 the Iberian pigs fed in confinement grew significantly more than those reared and fed
22 under extensive conditions. These differences from our results are probably due to the
23 feeding conditions, because they used an outdoor system where pigs were fed under
24 extensive conditions with no feeding supplementations or only in periods of low pasture
25 availability; whereas in our study the outdoor animals were fed *ad libitum* with

1 commercial fodder. Lebrecht *et al.* (2002) in a study using commercial pig breeds (Large
2 White x Landrace) found that the rearing conditions (indoor vs. outdoor, and
3 temperature) influenced growth performance and carcass traits of pigs; in their study,
4 the indoor pigs also showed a higher growth rate though the difference was less.

5 The Chato Murciano pigs, reared indoors or outdoors, need longer to reach the
6 same weights than the “commercial” breeds (Tibau *et al.*, 1997; Fischer *et al.*, 2006a;
7 Peinado *et al.*, in press). Other autochthonous pig breeds show even slower
8 development, like Iberian pigs (Barba, 1999; Daza *et al.*, 2006), Nero Siciliano pigs
9 (Pugliese *et al.*, 2003), Mora Romagnola and Casertana (Fortina *et al.*, 2005), Cinta
10 Senese (Franci *et al.*, 2005) and Creole (Renaudeau & Mourot, 2007).

11 The **live weight and carcass traits**, including the weight of the most valuable
12 meat cuts are represented in Table 2. The pigs reared outdoors also showed a higher hot
13 and cold carcass yield ($p < 0.05$), as well as loin and loin head weights. The weight of the
14 valuable pieces i.e. hams with bone and the shoulder blade, is higher, though not
15 statistically so ($p < 0.05$) in the outdoor group. Free range and organically reared pigs
16 have been reported to have increased lean yield (Sather *et al.*, 1997; Danielsen *et al.*,
17 2000; Sundrum *et al.*, 2000) and higher wholesale carcass value due to heavier butts,
18 loins and hams compared with indoor produced pigs (Sather *et al.*, 1997; Pugliese *et al.*,
19 2003; Edwards, 2005). Nonetheless, in the Iberian pig reared in confinement and in an
20 extensive system, Daza *et al.* (2006) found that in most meat cuts the feeding system did
21 not have a significant effect, although in the cases of the hams weight, and the relation
22 of ham weight to live weight were higher ($p < 0.05$) in the pigs fed in confinement.

23 As expected, in our study, high positive correlations were found in both groups
24 between the live weight and weight of carcass and many of the most valuable meat cuts,
25 especially in the outdoor group, where most of them were statistically significant

1 (p<0.05). As with the weight of the meat cuts, the morphometric parameters were
2 expected to reach a greater development in the pigs reared outdoors because of exercise,
3 but the results were similar in both groups (see Table 2), and even the leg length was
4 longer (p<0.05) in the indoor group.

5 The **dorsal fat thickness** (DFT) levels (see Table 2) found are considered to be
6 high, and correspond with the rusticity of traditional breeds (Edwards, 2005). There
7 weren't significant differences (p<0.05) between the two groups, but in all cases the
8 outdoor group showed higher thickness. These results are similar to previous works on
9 the Chato Murciano (CH) breed (Poto *et al.*, 2007; Galián *et al.*, 2007). Pugliese *et al.*
10 (2003) in the Nero Siciliano pig, and Daza *et al.* (2006) in the Iberian pig also found
11 higher backfat levels in the indoor pigs. These difference between these results and ours
12 could be explained by the slower growth rate, at the same carcass weight, as reported by
13 others (Enfält *et al.*, 1997; Warriss *et al.*, 1983). This suggests that a slower growth rate
14 in pigs favours muscle deposition with respect to fat, resulting in leaner carcasses.

15 Statistically, the **intramuscular fat** content (IMF) of the L1 muscle (see Table 3)
16 did not differ between the two groups (p<0.05), but the outdoor group had a higher IMF
17 content. It is accepted that traditional breeds and, in particular, those animals reared in
18 outdoor systems, have a higher IMF content (Rosenvold & Andersen, 2003; Edwards,
19 2005). Similarly, Pugliese *et al.* (2004a and b) found higher IMF levels in the outdoor
20 reared pigs from the Cinta Senese and Nero Siciliano breeds. Other authors, however,
21 show contradictory results in this aspect. Sather *et al.* (1997), for example, reported no
22 significant influence in commercial pigs of outdoor compared with indoor rearing on
23 the IMF content of the semimembranosus muscle. This is in agreement with Gandemer
24 *et al.* (1990) on the L1 muscle, whereas Enfält *et al.* (1997) noted a tendency towards a
25 lower IMF content of the L1 muscle of outdoor reared pigs.

1 The levels of IMF content found in our study ($3.19 \pm 0.94\%$ in the outdoor
2 group, $2.65 \pm 1.12\%$ in the indoor group) are very low if we compare them with the
3 results from previous studies with this breed (Peinado *et al.*, 2004; Poto *et al.*, 2007;
4 Galián *et al.*, 2007) where levels between 6.39% and 10.47% were found in the Ll.
5 However, the diets were very different to those used in this study, which could explain
6 these differences as many other authors have shown the relationship between IMF
7 levels and special feeding and rearing conditions (Lebret *et al.*, 2002; Ronsenvold &
8 Andersen, 2003; Nuernberg *et al.*, 2005; Peinado *et al.*, in press).

9 The IMF levels found in this work can be considered appropriate for fresh meat
10 sale, as Daszkiewicz *et al.* (2004) pointed out 2-3% as optimal, and Fernandez *et al.*
11 (1999) indicated that levels over 3.5% are associated with a significant risk of meat
12 rejection by consumers (referring to fresh meat). Nonetheless, the meat of the Chato
13 Murciano pig is often destined to the production of cured meat products, and higher
14 IMF levels are expected and demanded, because of the good technological and sensorial
15 properties they offer. Reixach (2004) indicated levels of 3.5–4 % as the optimal IMF
16 content for fresh meat destined for cured products.

17 Table 3 shows the **pH values** measured at 45 minutes (pH₄₅) and 24 hours
18 postmortem (pH_u) in the Ll muscle. These values are considered to be normal. No
19 significant ($p < 0.05$) differences between the two groups were found, but the outdoor
20 group showed a lower pH₄₅ and pH_u. These values could suggest that these pigs
21 experience a greater pre-slaughter stress (Gandemer *et al.*, 1990; Edwards, 2005; Poto *et*
22 *al.*, 2007). The pH showed important negative coefficient correlations, statistically
23 significant ($p < 0.05$) in the case of the outdoor group, where the value for the coefficient
24 correlation between the pH and the L* index (at 45 minutes and 24 hours post-mortem),

1 can be explained by the relationship between the pH and its influence on water-holding
2 capacity and the later colour characteristics (Rosenvold & Andersen, 2003).

3 The **colour measurement** (L^* , a^* and b^* indexes) in the L1 muscle did not show
4 any differences ($p < 0.05$) between the two groups studied. These values found
5 corresponded with the typical darker and redder meat of the autochthonous pig breeds
6 (Edwards, 2005). In the Nero Siciliano pig, Pugliese *et al.* (2004a) found higher levels
7 for L^* and b^* and lower for a^* at 24 hours in the outdoor group, but in the Cinta Senese,
8 Pugliese *et al.* (2004b) found the opposite results at the 24 hours for L^* and a^* .

9 The rearing system affected the **drip losses** (see Table 3), with the outdoor
10 group showing a higher drip loss percentage ($p < 0.01$). Lower values of the pH in the
11 outdoor group, when measured at either 45 minutes or 24 hours after slaughter, may
12 probably have influenced these losses (Gandemer *et al.*, 1990). The study of the
13 correlation coefficients shows a statistically significant negative correlation ($p < 0.05$)
14 between the pH₄₅ and the drip losses in the outdoor group, but not in the case of the
15 indoor group. These drip loss results are in accordance with those from Pugliese *et al.*
16 (2004a) who in the Nero Siciliano found a higher value in the outdoor pigs (using the
17 filter paper press method), but are contrary to the results found in the Cinta Senese
18 (Pugliese *et al.*, 2004b) where the indoor pigs had higher drip losses. Fischer *et al.*
19 (2006b) obtained similar values in White (Piétrain-Landrace) pigs. Some authors
20 (Edwards, 2005; Franci *et al.*, 2005) had reported that traditional breeds produce less
21 exudate during storage than modern breeds. When we compare results between studies,
22 we have to evaluate them carefully because drip losses, as well as cooking losses and
23 tenderness, depend on many factors (Offer and Knight, 1988; Honikel, 1998).

24 **Cooking loss** ($20.41 \pm 3.67\%$ in the outdoor group, $21.79 \pm 2.00\%$ in the indoor
25 group) was not affected by the rearing system ($p < 0.05$), which is in line with the results

1 published by Pugliese *et al.* (2004a) and Enfält *et al.* (1997), but contrary to those from
2 Pugliese *et al.* (2004b) and Sather *et al.* (1997) who recorded higher cooking loss from
3 outdoor animals on Cinta Senese and on commercial pigs, respectively. Rosenvold &
4 Andersen (2003) indicated that outdoor systems decrease the water loss during cooking.
5 These results obtained in our study for the water holding capacity can be considered as
6 normal, and distant those that characterize PSE (pale, soft, exudative) or DFD (dark,
7 firm, dry) meats (Warner *et al.*, 1996).

8 Muscle **tenderness**, evaluated in cooked meat, was not affected by the rearing
9 system, which is in concordance with the results from Pugliese *et al.* (2004a) in the
10 Nero Siciliano pig, though in the Cinta Senese (Pugliese *et al.*, 2004b) higher shear-force
11 values were recorded in the outdoor pigs. The values of the peak force obtained our
12 study are higher than the results obtained in white pigs by Fischer *et al.* (2006b) tested
13 in a similar way. It is considered that modern breeds have a tenderer meat than the
14 traditional breeds (Wood *et al.*, 2004; Edwards, 2005), but in environmental enriched
15 systems (like outdoor systems) have sometimes resulted in reduced pig meat tenderness,
16 whilst on other occasions it has increased it (Edwards, 2005).

17 The influence of diet (Raimondi *et al.*, 1975; Asghar *et al.* 1990; Wood *et al.*,
18 2003; Edwards, 2005; Nuernberg *et al.*, 2005; Teye *et al.*, 2006) and genotype (Wood *et*
19 *al.*, 2003; Rosenvold y Andersen, 2003; Franci *et al.*, 2005; Edwards, 2005) in the **fatty**
20 **acid composition** of fat and meat is already known, but in this study these two factors
21 were the same in both groups, although only the outdoor group had access to a limited
22 amount of grass and bushes. Therefore, we ascribed the differences obtained for the
23 fatty acid profile (see Table 4) to the rearing system. Many other authors (Lebret *et al.*,
24 2002; Rosenvold y Andersen, 2003; Edwards, 2005) have also found differences

1 because of the rearing system, and the variations that it implies (including physical
2 exercise, exposure to climatic conditions and animal welfare).

3 In the backfat fatty acid profile, the indoor group showed higher levels of
4 Monounsaturated Fatty Acids (MUFA, $p < 0.001$) and Polyunsaturated Fatty Acids
5 (PUFA, but non statistically significant). Many other authors (Rosenvold & Andersen,
6 2003; Pugliese *et al.*, 2004b; Edwards, 2005; Hansen *et al.*, 2006) have reported the
7 contrary, although Pugliese *et al.* (2004a) in the Nero Siciliano pig found lower PUFA
8 levels in the outdoor group as in our study. Traditional breeds usually show higher
9 levels of DFT, with a harder fat, with higher levels of Saturated Fatty Acids (SFA) and
10 MUFA, but lower in PUFA (Labroue *et al.*, 2000; Edwards, 2005); with the special case
11 of the Iberian pig which has very high MUFA levels (Serra *et al.*, 1998; Estévez *et al.*,
12 2006). The PUFA levels found, below the 15% level established by Warmants *et al.*
13 (1996), are advisable to minimize undesirable effects of oxidation and rancidity (Bryhni
14 *et al.*, 2002; Wood *et al.* 2003) and the technological problems usually associated with a
15 high level of them (Rosenvold & Andersen, 2003).

16 The results obtained for the IM fatty acid profile showed many differences
17 between the two groups, but the total amounts of SFA ($p < 0.001$), MUFA ($p < 0.001$) and
18 PUFA ($p < 0.05$) were also different. Many papers (Nilzén *et al.*, 2001; Rosenvold &
19 Andersen, 2003; Edwards, 2005) show that the PUFA levels are higher in the outdoor
20 groups, but this was not the case in our study. The levels found correspond to those
21 from traditional breeds, with low PUFA and high MUFA levels. Fischer *et al.* (2006b)
22 pointed out that the PUFA levels should not be higher than 12-14% in meat destined to
23 transformed products.

24 Many authors (Wood *et al.*, 2004; Galián *et al.*, 2005; Ramírez y Cava, 2006;
25 Fischer *et al.* 2006b; Teye *et al.*, 2006; Monziols *et al.*, 2007) showed the relationship

1 between the amount of fat (in the IMF, and also in the DFT) and fatty acid profile,
2 where fat carcasses have a higher SFA and lower PUFA levels. In our study, the
3 analysis of the correlation coefficients also revealed this tendency.

4 The content in **ash** was higher ($p < 0.001$) in the outdoor group (see Table 3),
5 which should imply a higher mineral content in the fresh meat; but there was no clear
6 tendency in the content of the minerals studied. These ash levels were similar to those
7 obtained by Pugliese *et al.* (2004b) in the Nero Siciliano pig, who also found higher
8 levels in the outdoor pigs (1.16 % vs. 1.08 %). The levels obtained in this work were
9 also higher than the values obtained by Estévez *et al.* (2006) in the Iberian (0.81%) and
10 White pig (0.74%).

11 The **mineral composition** of the LI muscle in the two groups studied is
12 represented in Table 5. The rearing system had a notable influence on the meat mineral
13 levels. Calcium was the only mineral for which there were no significant differences
14 ($p < 0.05$) between groups. The levels of manganese observed were insignificant, and,
15 therefore, it is not represented in the tables. The outdoor group showed higher levels of
16 Mg, P and K; and the indoor group showed higher levels of Fe, Cu and Zn. In previous
17 studies realized on the CH and the CH crossed with Iberian pig (Poto *et al.*, 2007;
18 Galián *et al.*, 2007), the pigs reared indoors showed higher levels of Fe, Cu and Zn, and
19 lower levels of Mg, P and K than the pigs reared outdoors. In this work we found
20 similar results; with higher levels also of Fe and Cu in the indoor group, though there
21 was not such a marked difference, but with the same tendency, which is probably due to
22 the differences in diet. We consider that the high oxidative metabolism of the muscular
23 cells of the CH genotype (Poto, 2003) and the age of slaughter (in this study the pigs
24 were slaughtered at 7-8 months of age, as oppose to 5-6 months for commercial pigs)
25 could explain these higher levels of Fe and Cu in this breed. Other authors (Estévez *et*

1 *al.*, 2006; Fischer *et al.*, 2006b) suggested that factors such as the slaughter age and
2 weight, genotype (traditional vs. modern breeds) and the physical exercise (especially in
3 outdoor systems) could increase the levels of iron in muscle, but in our study, indoor
4 pigs showed higher iron levels. The results for the mineral content obtained in this study
5 compared to reference values taken from food composition tables (McCance &
6 Widdowson's, 1991; Muñoz & Ledesma, 2002; Mataix, 2003; CESNID, 2004) and
7 other researchers' papers (Leonhard &Wenk, 1997; Lombardi-Boccia *et al.*, 2005),
8 which all referred to the pig L1 muscle, show that the levels of Mg, Fe, Cu, P and K
9 obtained in the CH pig are high whereas the levels of Ca, Zn and Na are within the
10 normal values.

1 **CONCLUSIONS**

2

3 The Chato Murciano pig performs better under outdoor rearing conditions,
4 showing a better growing rate and final live weight in relation to age than in the indoor
5 conditions, but the morphometric parameters are similar. The outdoor rearing system is
6 a good way to obtain superior weights of the most valuable meat cuts. However, the
7 rearing system does not affect many of the meat quality traits (IMF, pH, colour,
8 tenderness and cooking loss), though it does affect drip loss.

9 The lower levels of IMF obtained in this work could be considered to be better
10 for fresh meat purchase than those obtained in other studies with other diets, but higher
11 levels obtained in previous studies offer high quality characteristics for cured products.
12 The rearing system affects the mineral composition, where the indoor pigs had a higher
13 content of iron, copper, zinc and sodium, and lower content of magnesium, phosphorus
14 and potassium. Considering that the Chato Murciano pig is destined for the production
15 of fresh meat and cured products (Peinado *et al.*, 2004; Poto *et al.*, 2007), the fatty acid
16 profile, with a low PUFA level, is advisable to reduce any stability and technological
17 problems.

1 **Acknowledgements.**

2

3 The authors would like to thank the **Murcian Institute of Agricultural and**
4 **Alimentary Research and Development (IMIDA)** for the PhD grant and fellowship of
5 Student Miguel Galián. We would also like to show our gratitude to the Regional
6 Government of Murcia for the BIOCHATO and 2I05SU0025 projects, to the SENECA
7 Institution for the n°AGR/13/FS/02 project, and to INIA for the RTA2005-00163-00-00
8 project.

1 5. References.

2

3 Asghar A, Lin CF, Gray JI, Buckley DJ, Booren A, Flegal CJ. 1990. Effect of
4 dietary oils and (-tocopherol supplementation on membranal lipid oxidation in
5 broiler meat. *J. Food Sci.* 55. pp. 46-50.

6 B.O.E. 12/03/1993. Real Decreto 147/1993, de 29 de enero, por el que se establece
7 las condiciones de producción y comercialización de carnes frescas.

8 B.O.E. 21/11/1997. Real Decreto 1682/1997, de 7 de noviembre, por el que se
9 actualiza el catálogo oficial de razas de ganado de España.

10 Barba C. 1999. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico como
11 base para su conservación. Doctoral thesis. Universidad de Córdoba. Facultad de
12 Veterinaria. pp. 62-70.

13 Bryhni EA, Kjos NP, Obstad R. Hunt M. 2002. Polyunsaturated and fish oil in diets
14 for growing-finishing pigs: effects on fatty acid composition and meat, fat and
15 sausage quality. *Meat Sci.* 62, 1-8.

16 CESNID. 2004. Tablas de composición de alimentos. Mc. Graw-Hill-
17 Interamericana.

18 Danielsen V, Hansen LL, Moller F, Bejrholm C, Nielsen S. 2000. Production results
19 and sensory meat quality of pigs fed different amounts of concentrate and ad lib.
20 clover grass or clover grass silage. In Hermansen J.E., Lund V., Thuen E. (Eds.),
21 Ecological Animal Husbandry in the Nordic Countries. Proceedings from NJF-
22 seminar No. 303 (pp.79-86), Horsens, Denmark 16-17 September 1999.

23 Daszkiewicz T, Denaburski J, Sáiz Cidoncha F. 2004. Efecto de la grasa
24 intramuscular sobre la calidad sensorial de la carne. *Av. Tecnol. Porc.* 1 (7-8). pp. 4-
25 12.

- 1 Daza A, Mateos A, López-Carrasco C, Rey A, Ovejero I, López-Bote CJ. 2006.
2 Effect of feeding system on the growth and carcass characteristics of Iberian pigs,
3 and the use of ultrasound to estimate yields of joints. *Meat Sci.* 72, 1-8.
- 4 Edwards S.A. 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig
5 production. *Livestock Production Sci.* 94, 5-14.
- 6 Enfält AC, Lundström K, Hansson I, Karlsson A, Essèn-Gustavsson B, Hakansson
7 J. 1993. Moderate indoor exercise: effect on production and carcass traits, muscle
8 enzyme activities and meat quality in pigs. *Animal Production* 57, 127-135.
- 9 Enfält AA, Lundström K, Hansson I, Lundeheim N, Nyström PE. 1997. Effects of
10 outdoor rearing and Sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and
11 sensory and technological meat quality. *Meat Sci.* 45, 1-15.
- 12 Estévez M, Morcuende D, Cava R. 2006. Extensively reared Iberian pigs versus
13 intensively reared white pigs for the manufacture of frankfurters. *Meat Sci.* 72, pp.
14 356-364.
- 15 Fernandez X, Monin G, Talmant A, Mourot J, Lebret B. 1999. Influence of
16 intramuscular fat content on the quality of pig meat. 1. Composition of the lipid
17 fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. *Meat Sci.*, 53, 59-
18 65.
- 19 Fischer K, Lindler JP, Judas M, Höreth R. 2006a. Schlachtkörperzusammensetzung
20 und Gewebebeschaffenheit von schweren Schweinen. I. Mitteilung: Material und
21 Methoden, Mastleistung, Schlachtkörperzusammensetzung und Teilstückanteile.
22 *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49, 3, 269-278.
- 23 Fischer K, Lindler JP, Judas M, Höreth R. 2006b. Schlachtkörperzusammensetzung
24 und Gewebebeschaffenheit von schweren Schweinen. II. Mitteilung: Merkmale der
25 Fleisch- und Fettqualität. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 49, 3, pp. 279-292.

- 1 Fortina R, Barbera S, Lussiana C, Mimosi A, Tassone S, Rossi A, Zanardi E. 2005.
2 Performances and meat quality of two Italian pig breeds fed diets for commercial
3 hybrids. *Meat Sci.* 71, pp. 713-718.
- 4 Franci O, Campodoni G, Bozzi R, Pugliese C, Acciaioli A, Gandini G. 2003.
5 Productivity of Cinta Senese and Large White x Cinta Senese pigs reared outdoors
6 in woodlands and indoors. 2. Slaughter and carcass traits. *Italian J. Anim. Sci.* 2, 59-
7 65.
- 8 Franci O, Bozzi R, Pugliese C, Acciaioli A, Campodoni G, Gandini G. 2005.
9 Performance of Cinta Senese pigs and their crosses with Large White. 1. Muscle and
10 subcutaneous fat characteristics. *Meat Sci.* 69, pp. 545-550.
- 11 Galián M, Freudenreich P, Fischer K. 2005. NIRS und NIT als Schnellmethoden für
12 die Fettsäuren-Bestimmung bei Schweinerückenspeck. *Mitteilungsblatt der*
13 *Fleischforschung Kulmbach* 44, 170, pp. 305-310.
- 14 Galián M, Peinado B, Martínez C, Periago MJ, Ros G, Poto A. 2007. Comparative
15 study of the characteristics of the carcass and the meat of the Chato Murciano pig
16 and its cross with Iberian pig, reared indoors. *Animal Sci. J.*, Vol. 78, No. 6.
- 17 Gandemer G, Pichou D, Bougenec B, Caritez JC, Berge P, Briand E, Legault C.
18 1990. Influence du système d'élevage et du génotype sur la composition chimique et
19 les qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *Journées Recherche*
20 *Porcine en France*, 22, 101-110.
- 21 Hansen LL, Bejerholm C, Claudi MC, Andersen HJ. 2000. Effects of organic
22 feeding including roughage on pig performance, technological meat quality and the
23 eating of the pork. In (Vol. Basel, Switzerland, 28 to 31 August, 2000, 2000, 288; 1
24 ref.), p.228.

- 1 Hansen LL, Claudi-Magnussen C, Jensen SK, Andersen HJ. 2006. Effect of organic
2 pig production system on performance and meat quality. *Meat Sci.* 74. pp. 605-615.
- 3 Honikel KO. 1998. Reference Methods for the Assessment of Physical
4 Characteristics of Meat. *Meat Sci.* 49. Nº. 4, 447-457.
- 5 ISO 1443. 1979. Meat and meat content. Determination of Fat.
- 6 Labroue F, Goumy S, Grouand J, Mourot J, Neelz V, Legault C. 2000. Etude
7 comparative de 4 races locales pour les performances de croissance, carcasse et
8 qualité de la viande. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 32, pp. 403-411.
- 9 Lebret B, Lefaucheur L, Mourot J. 1999. La qualité de la viande de porc. Influence
10 des facteurs d'élevage non génétiques sur les caractéristiques du tissu musculaire.
11 *Productions Animales*, 12, 11-28.
- 12 Lebret B, Massabie P, Granier R, Juin H, Mourot J, Chevillon P. 2002. Influence of
13 outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose
14 tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-
15 cured hams. *Meat Sci.* 62, 447-455.
- 16 Leonhardt M, Wenk C. 1997. Variability of Selected Vitamins and Trace Elements
17 of Different Meat Cuts. *J. Food Comp. and Anal.*, 10, 218-224.
- 18 Lombardi-Boccia G, Lauzi S, Aguzzi A. 2005 Aspects of meat quality: trace
19 elements and B vitamins in raw and cooked meats. *J. Food Comp. and Anal.*. Vol.
20 18 (1), 39-46.
- 21 MAPA. 2004. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Parte tercera. Efectivos y
22 producciones ganaderas.
- 23 Mataix J. 2003. Tabla de composición de alimentos. 4ª Edición. Universidad de
24 Granada.

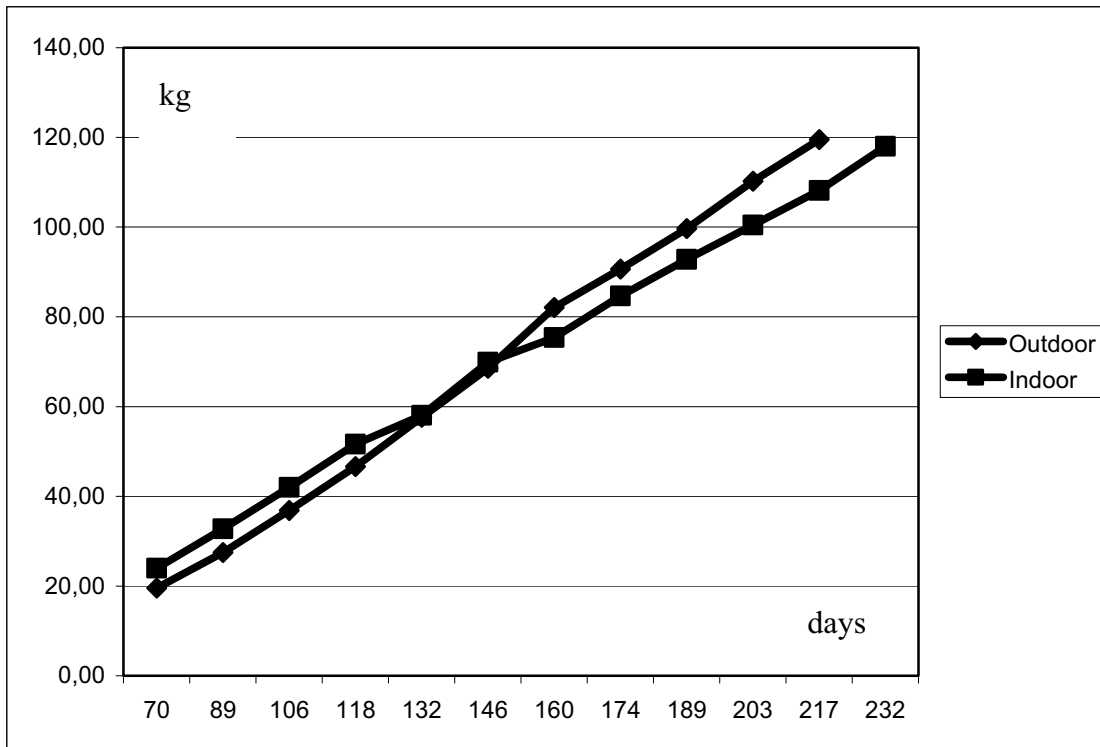
- 1 Mayoral AI. 1994. El crecimiento en la canal porcina Ibérica: Estudio anatomo-
2 descriptivo y consideraciones aplicativas. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria,
3 Universidad de Extremadura.
- 4 McCance and Widdowsons's. 1991. The composition of foods. Royal Society of
5 Chemistry. 5th Ed. Cambridge. UK.
- 6 Monziols M, Bonneau M, Davenel A, Kouba M. 2007. Comparison of the lipid
7 content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose
8 tissues in pig carcasses. *Meat Sci.* 76. 54-60.
- 9 Muñoz M, Ledesma JA. 2002. Tablas de valor nutritivo de alimentos. Mc Graw
10 Hill.
- 11 Nilzén V, Babol J, Dutta PC, Lundeheim N, Enfalt AC, Lundstrom K. 2001. Free
12 range rearing of pigs with access to pasture grazing – effect on fatty acid
13 composition and lipid oxidation products. *Meat Sci.* 58(3), 267-275.
- 14 Nuernberg K, Fischer K, Nuernberg G, Kuechenmeister U, Klosowska D,
15 Eliminowska-Wenda G, Fiedler I, Ender K. 2005. Effects of dietary olive and
16 linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle
17 structure in pigs. *Meat Sci.* 70. pp. 63-74.
- 18 Offer G, Knight P. 1988. The structural basis of water-holding in meat; Part 2: Drip
19 Losses. In *Developments in Meat Science 4*, ed. R. Lawrie, p. 173-241. Elsevier,
20 Oxford.
- 21 Peinado B, Poto A, Gil F, López G. 2004. Characteristics of the carcass and meat of
22 the Chato Murciano pig. *Livestock Production Sci.* 90, 285-292.
- 23 Peinado B, Galián M, Alcaraz F, Santaella M, Poto A. In press. Effects of two
24 different diets on carcass and meat quality traits of Chato Murciano pigs reared
25 outdoors.

- 1 Poto A, López G, Medina P, González J, Lobera JB, Martínez M, Peinado B. 2000.
2 La mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es mejorando la
3 calidad de la carne de otras razas. Archivos de Zootecnia 49 (185-186), 195-200.
- 4 Poto A. 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato
5 Murciano. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.
- 6 Poto A, Peinado B, Gil F. 2003. El Chato Murciano. Materia prima de calidad (I).
7 Mundo Ganadero 159, 32-37.
- 8 Poto A, Peinado B, Gil F. 2004. El Chato Murciano, Materia Prima de Calidad (y
9 II). Mundo Ganadero 162, 50-56.
- 10 Poto A, Galián M, Peinado B. 2007. Chato Murciano pig and its crosses with
11 Iberian and Large White pigs, reared outdoors. Comparative study of the carcass and
12 meat characteristics. Livestock Sci.. doi: 10.1016/j.livsci.2006.12.005.
- 13 Pugliese C, Madonia G, Chiofalo V, Margiotta S, Acciaioli A, Gandini G. 2003.
14 Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors.
15 Growth and carcass composition. Meat Sci. 65, 825-831.
- 16 Pugliese C, Calagna G, Chiofalo V, Moretti VM, Margiotta S, Franci O, Gandini G.
17 2004a. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and
18 outdoors: 2. Joints composition, meat and fat traits. Meat Sci. 68, 523-528.
- 19 Pugliese C, Bozzi R, Campodoni G, Acciaioli A, Franci O, Gandini G. 2004b.
20 Performance of Cinta Senese pigs reared outdoors and indoors. 1. Meat and
21 subcutaneous fat characteristics. Meat Sci. 69, 459-464.
- 22 Raimondi R, De María C, Auxilia MA, Masoero G. 1975. Effetto della grassatura
23 dei mangini sulla produzione della carne di comiglio III. Contenuto in acidi gras
24 delle carni e del grasso perirenale. Ann. Ist. Sper. Zootec. 8. pp. 167-181.

- 1 Ramírez R, Cava R. 2006. Carcass composition and meat quality of three different
2 Iberian x Duroc genotype pigs. *Meat Sci.* Doi:10.1016/j.meatsci.2006.08.003.
- 3 Reixach J. 2004. TB-Duroc: La Calidad de Carne. www.batalle.com
- 4 Renaudeau D., Mourot J. 2007. A comparison of carcass and meat quality
5 characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 90 kg BW. *Meat Sci.*
6 76. 165-171.
- 7 Rosenvold K, Andersen HJ. 2003. Factors of significance for pork quality – a
8 review. *Meat Sci.* 64, pp. 219-237.
- 9 Sather AP, Jones SDM, Schaefer AL, Colyn J, Robertson WM. 1997. Feedlot
10 performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs.
11 *Canadian Journal of Animal Sci.* 77(2), 225-232.
- 12 Schulte E, Weber K. 1989. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from fats
13 with trimethylsulfonium hydroxide or sodium methylate. *Fet. Wiss. Technol.*, 91
14 (5), 181-3.
- 15 Serra X, Gil F, Pérez-Enciso J, Oliver MA, Vázquez JM, Gispert M, Díaz I, Moreno
16 F, Latorre R, Noguera JL. 1998. A comparison of carcass, meat quality and
17 histological characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs.
18 *Livestock Production Sci.* 56, pp. 215-223.
- 19 Sundrum A, Butfering L, Henning M, Hoppenbrock KH. 2000. Effects of on-farm
20 diets for organic pig production on performance and carcass quality. *Journal of*
21 *Animal Science* 78(5), 1199-1205.
- 22 Teye GA, Sheard PR, Whittington FM, Nute GR, Stewart A, Wood JD. 2006.
23 Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty
24 acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Sci.* 73, 157-165.

- 1 Tibau J, Puigvert X, Soler J, Trilla N, Diestre A, Gispert M, Fernández J, Manteca
2 X. 1997. Incidencia de factores genéticos y de comportamiento en la eficiencia del
3 crecimiento, la composición y la calidad de la canal y de la carne en distintas razas
4 porcinas. *Anaporc*, 171, pp. 74-91.
- 5 Warmans N, Van Oeckel MJ, Boucqué ChV. 1996. Incorporation of dietary
6 polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for quality of end
7 products. *Meat Sci.* 44, 125-144.
- 8 Warner RD, Kauffman RG, Greaser ML. 1996. Muscle Protein Changes *Post*
9 *Mortem* in Relation to Pork Quality Traits. *Meat Sci.* Vol. 45, No. 3, 339-352.
- 10 Warris PD, Kerstin SC, and Robinson JM. 1983. A note on the influence of rearing
11 environment on meat quality in pigs. *Meat Science* 9, 271-279.
- 12 Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard
13 PR, Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 66.
14 pp. 21-32.
- 15 Wood JD, Nute GR, Richardson RI, Whittington FM, Southwood O, Plastow G,
16 Mansbridge R, da Costa N, Chang KC. 2004. Effects of breed, diet and muscle on
17 fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Sci.* 67, 651-667.

- 1 **Figure 1 Live weight as a function of age from the day 70 to proximity to slaughter**
- 2 **departure of the two groups of pigs fed with the different diets**



3

1 **Table 1 Ingredients and chemical composition (%) and nutritional analysis of the**
 2 **basal concentrate diet**

<i>Ingredients and chemical composition (%)</i>	
Corn	40
Barley two rows	34.8
Soybean meal 44%	22
Calcium carbonate	0.7
Mono-dicalcium phosphate	1.9
ClNa	0.3
Vitamins and minerals	0.3
<i>Nutritional analysis (%)</i>	
Dry matter	88.93
Crude protein	17.01
Ether extract	2.36
Crude fibre	4.03
Ash	5.60
Ca	0.94
Na	0.13
P (total)	0.70
Cu	28*
C18:1	0.48
C18:2	1.27
Lysine	0.86
Methionine	0.26
DE (Kcal/Kg)	3247
ME (Kcal/Kg)	3100

29 * Result expressed in mg/kg

1 **Table 2 Live weight and carcass traits of the Chato Murciano pigs reared outdoors**
 2 **and indoors**

	Outdoor	Indoor	Significance
<i>Life weight and weight of the hot and cold carcass and the most valuable meat cuts^a</i>			
Life weight	124.14 ± 7.13	119.58 ± 10.64	-
Hot carcass	99.83 ± 6.41	93.07 ± 7.25	*
Hot carcass yield	80.41 ± 1.74	77.89 ± 1.09	**
Cold carcass	96.25 ± 8.33	88.57 ± 7.12	-
Cold carcass yield	77.34 ± 3.29	74.04 ± 0.84	*
Tenderloin	0.37 ± 0.05	0.33 ± 0.04	-
Loin head	1.90 ± 0.17	1.63 ± 0.18	**
Loin	2.79 ± 0.31	2.34 ± 0.18	**
Shoulder blade	7.36 ± 0.51	7.03 ± 0.44	-
Ham with bone	12.24 ± 0.76	11.59 ± 0.96	-
<i>Dorsal fat thickness^b</i>			
DFT1	54.61 ± 7.08	48.25 ± 7.45	-
DFT2	30.71 ± 6.19	28.12 ± 5.83	-
DFT3	37.43 ± 7.90	36.13 ± 2.17	-
DFT4	29.55 ± 6.02	25.99 ± 2.51	-
<i>Morphometric parameters^c</i>			
CL	85.33 ± 3.40	85.72 ± 3.33	-
HL	34.56 ± 1.73	35.28 ± 1.46	-
LL	59.33 ± 2.33	62.17 ± 1.50	*
HmL	36.61 ± 1.75	38.08 ± 1.87	-
HP	74.56 ± 1.76	72.33 ± 3.43	-
WP	17.63 ± 0.88	17.35 ± 0.66	-

3 ^a Values expressed in kilograms. The weight of the most valuable meat cuts are referred to one half of the
 4 carcass. ^b DFT=Dorsal fat thickness measured at: DFT1=the first rib; DFT2=the last rib; DFT3=the
 5 caudal extreme of the *gluteus medius*; DFT4=in the area of the least dorsal fat thickness. Values
 6 expressed in millimetres. ^c Values expressed in centimetres. CL=carcass length; HL=hand length; LL=leg
 7 length; HmL=ham length; HP=maximum perimeter of the ham; WP=wrists perimeter.
 8 Means differ at: -: no difference; *: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001.

1 **Table 3 Meat quality parameters of the Chato Murciano pigs reared outdoors and**
 2 **indoors**

	Outdoors	Indoors	Significance
IMF (%)	3.19 ± 0.94	2.65 ± 1.12	-
Ash (%)	1.20 ± 0.05	1.10 ± 0.04	***
pH ₄₅	6.36 ± 0.25	6.44 ± 0.23	-
pH _u	5.65 ± 0.07	5.70 ± 0.14	-
Colour			
<i>L</i> * ₄₅	44.88 ± 1.77	45.90 ± 2.16	-
<i>a</i> * ₄₅	14.90 ± 1.33	14.79 ± 0.76	-
<i>b</i> * ₄₅	3.10 ± 0.53	3.21 ± 0.44	-
<i>L</i> * ₂₄	50.44 ± 2.42	51.89 ± 1.66	-
<i>a</i> * ₂₄	17.84 ± 1.95	19.46 ± 2.76	-
<i>b</i> * ₂₄	6.73 ± 1.47	7.25 ± 1.28	-
Water-holding capacity			
Drip loss (%)	1.41 ± 0.27	1.09 ± 0.08	**
Cooking loss (%)	20.41 ± 3.67	21.79 ± 2.00	-
Warner-Bratzler shear force			
Peak force (N)	64.76 ± 10.32	63.45 ± 13.26	-
Total energy (N)	178.37 ± 35.90	177.27 ± 39.97	-

3 Means differ at: -: no difference; *: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001.

1 **Table 4 Fatty acid composition of the *Longissimus lumbar* muscle and backfat of**
 2 **the Chato Murciano pigs reared outdoors and indoors (% of total FA)**

Fatty acid	Outdoors	Indoors	Significance
Fatty acid composition in <i>Longissimus lumbar</i> .			
C14:0	2.04 ± 0.21	1.92 ± 0.15	-
C16:0	30.23 ± 1.16	26.49 ± 0.53	***
C16:1	2.67 ± 0.43	3.50 ± 0.48	***
C18:0	12.88 ± 1.37	8.30 ± 0.77	***
C18:1	39.99 ± 0.88	44.20 ± 1.63	***
C18:2	8.35 ± 1.36	9.63 ± 0.72	*
C18:3	0.47 ± 0.09	0.61 ± 0.09	**
SFA	46.22 ± 2.09	39.89 ± 0.93	***
MUFA	44.37 ± 1.05	49.39 ± 1.21	***
PUFA	9.36 ± 1.47	10.73 ± 0.94	*
Fatty acid composition in backfat.			
C14:0	1.79 ± 0.28	1.42 ± 0.07	**
C16:0	28.32 ± 1.85	24.71 ± 1.04	***
C16:1	4.67 ± 0.52	4.80 ± 0.34	-
C18:0	11.00 ± 0.87	14.84 ± 1.94	***
C18:1	44.75 ± 1.00	43.56 ± 1.74	*
C18:2	5.70 ± 1.21	6.77 ± 0.87	-
C18:3	0.21 ± 0.06	0.24 ± 0.04	-
SFA	42.30 ± 2.24	42.11 ± 2.10	-
MUFA	50.39 ± 1.17	49.36 ± 1.69	-
PUFA	7.28 ± 1.55	8.60 ± 1.14	*

3 SFA: Saturated fatty acids; MUFA: Monounsaturated fatty acids; PUFA: Polyunsaturated fatty acids.
 4 Means differ at: -: no difference; *: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001.

- 1 **Table 5 Mineral composition of the *Longissimus lumbar* of the Chato Murciano**
 2 **pigs reared outdoors and indoors**

Mineral	Outdoors	Indoors	Significance
Ca	7.18 ± 2.00	7.52 ± 1.01	-
Mg	27.16 ± 0.75	25.68 ± 0.70	***
Fe	2.15 ± 0.19	2.41 ± 0.09	***
Cu	0.16 ± 0.02	0.32 ± 0.03	***
Zn	1.60 ± 0.17	1.91 ± 0.11	**
P	212.43 ± 4.01	199.70 ± 2.82	***
K	372.30 ± 14.21	350.40 ± 5.04	**
Na	58.93 ± 6.46	65.40 ± 4.24	*

3 Results expressed in mg / 100 g of raw meat.

4 Means differ at: -: no difference; *: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001

