

**CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD
GENÉTICA DEL CERDO IBÉRICO A TRAVÉS
DEL ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS
FISICOQUÍMICAS DE PIEZAS CÁRNICAS
PARA CONSUMO EN FRESCO (*ILLIOPSOAS*
Y *PSOAS MENOR*) REGULADAS POR SU
NORMA DE CALIDAD**

MEMORIA DE TESIS DOCTORAL
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
30 DE ABRIL DE 2012

IGNACIO CLEMENTE LÓPEZ

TÍTULO: Caracterización de la diversidad genética del cerdo ibérico a través del estudio de las diferencias fisicoquímicas de piezas cárnicas para consumo en fresco (illiopsoas y psoas menor) reguladas por su norma de calidad

AUTOR: Ignacio Clemente López

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2012
Campus de Rabanales Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es

DOCTORANDO

Ignacio de Loyola Clemente López

Ldo. en Veterinaria por la Universidad de Córdoba

DIRECTORES

Antonio Molina Alcalá.

Profesor titular.

Departamento de Genética.

Universidad de Córdoba.

Manuel M^a Juárez Davila.

Livestock Phenomics Scientist.

Department of Food Safety and Quality.

Lacombe Research Centre.

Agriculture and Agri-Food Canada. Government of Canada.

Departamento de Genética

Facultad de Veterinaria

Universidad de Córdoba

España



TÍTULO DE LA TESIS: *“Caracterización de la diversidad genética del Cerdo Ibérico a través del estudio de las diferencias fisicoquímicas de piezas cárnicas para consumo en fresco (illiopsoas y psoas menor) reguladas por su norma de calidad”.*

DOCTORANDO/A: Ignacio Clemente López

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

La Tesis Doctoral cumple perfectamente los requisitos de la legislación vigente en cuanto a originalidad, relación con el programa de doctorado cursado e indicios de calidad de la misma. La estructuración de los diferentes capítulos de la memoria es la adecuada, presentado una buena correspondencia entre los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

El trabajo presentado aborda la diversidad genética intrarracial del Cerdo Ibérico, centrándose en las cuatro estirpes diferenciadas tanto en el Libro Genealógico de la Raza como en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, con un enfoque totalmente novedoso, ahondando en la caracterización y diferenciación de las estirpes utilizando para ello las metodologías de vanguardia existentes tanto en el campo de la caracterización genética como de la calidad cárnica. La Tesis profundiza en la diferenciación de las subpoblaciones del porcino Ibérico a partir de las diferencias en los parámetros de calidad cárnica de sus piezas musculares para consumo en fresco reguladas por vez primera en la nueva Norma de Calidad del Ibérico, focalizando el estudio en el solomillo. Los resultados obtenidos son relevantes tanto desde el punto de vista científico (con varias aportaciones tanto a revistas como congresos de ámbito internacional) como desde el punto de vista económico, al servir como base para el establecimiento de estrategias comerciales de oferta al mercado de productos fresco de Ibérico perfectamente caracterizados y diferenciados en función de su origen genético.

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

Córdoba, 5 de marzo de 2012

Fdo.: Antonio Molina Alcalá



TÍTULO DE LA TESIS: *“Caracterización de la diversidad genética del Cerdo Ibérico a través del estudio de las diferencias fisicoquímicas de piezas cárnicas para consumo en fresco (illiopsoas y psoas menor) reguladas por su norma de calidad”.*

DOCTORANDO/A: Ignacio Clemente López

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

La Tesis Doctoral cumple con la estructura y los indicios de calidad requeridos por la normativa reguladora, y muestra una correcta correspondencia entre los resultados obtenidos y los objetivos planteados. Aborda con originalidad la caracterización de la diversidad intrarracial del Cerdo Ibérico a través del estudio de las diferencias entre sus estirpes para los parámetros de calidad cárnica, apoyándose en la genética molecular para asegurar la correcta selección de los animales a muestrear. La Tesis aporta un enfoque novedoso al conjugar los dos hechos legales recientes del Ibérico con mayor trascendencia: el reconocimiento oficial de las principales estirpes de Ibérico en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado y en el Libro Genealógico de la Raza, y la publicación de una nueva Norma de Calidad que regula por vez primera la carne del Ibérico. Para la consecución de los objetivos marcados, la Tesis se centra en una pieza muscular poco estudiada en Ibérico, el solomillo, y que sin embargo se trata de una de las piezas cárnicas de mayor demanda y por tanto de mayor valor comercial. A su vez, la Tesis introduce una subpoblación como contraste con importancia comercial, caso del Ibérico cruzado con la raza Duroc al 50 %, ya que constituye el grueso de la producción comercializada dentro del Ibérico. Los resultados obtenidos son interesantes no sólo desde el punto científico, avalado por la exposición a nivel internacional tanto en congresos (ICOMST 2008) como en revistas indexadas de alta especialización (*Meat Science*, 81: 573-579, 2009), sino también desde el punto de vista comercial, al sentar las bases para una comercialización diferenciada de la carne de Ibérico de acuerdo a su origen genético, evidenciando asimismo diferencias en la calidad cárnica entre el Ibérico en pureza y los cerdos cruzados con Duroc.

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

Lacombe (Alberta, Canadá), 6 de marzo de 2012

Fdo.: Manuel Juárez Dávila

A *Currita*, que estará haciendo de las suyas en el cielo de los gatos.

AGRADECIMIENTOS

Y aquí estoy, afrontando el capítulo más difícil de mi Tesis, con el miedo de cometer la injusticia de olvidar a alguien, pues son tantas las personas a las que debo agradecer el encontrarme en este punto, tantas las personas que en mí han influido y que por tanto merecen un especial recuerdo en este apartado. Ante todo debo empezar este capítulo de los agradecimientos por mis padres, que me posibilitaron estudiar la carrera más bonita, Veterinaria, en la ciudad que tanto añoro, Córdoba. Y mencionar igualmente a mi tío Benito Mateos-Nevado, colega de profesión, cuyos caballos y aquellos gatos que correteaban por la finca crearon mi vocación a esa edad en la que los niños sueñan con ser astronautas o futbolistas.

Merecen igualmente un afectuoso recuerdo mis profesores del Colegio Salesiano San Pedro (Salesianos de Triana), por los valores que me inculcaron, y en especial Don Antonio Carmona, quien despertó en mí la inquietud científica. Tampoco puedo olvidarme en este momento de uno de los pilares fundamentales que tengo, mis amigos de Sevilla “de toda la vida” y sus familias, porque tras varias décadas seguimos siendo como éramos (Antonio, el padre de Fransu, puede estar tranquilo), sólo que ahora el grupo está ampliado con las parejas y los niños que van viniendo (Ana, Nicolás, Julia,...), guardando un especial recuerdo para Nacho que nos dejó.

Del mismo modo, sería injusto no hacer mención a los amigos de la carrera y a mis compañeros de piso, con los que tantos buenos momentos viví y que se convirtieron en mi otra familia, y de entre ellos tener igualmente un especial recuerdo para Victoria, que también se marchó. Asimismo, debo tener presente a los compañeros y amigos del máster en Medicina, Sanidad y Mejora Animal, y a los del máster en Agroalimentación, con el convencimiento de que no habrá distancia que impida la amistad que en su día cultivamos.

Igualmente no puedo olvidar hacer mención en este momento a los amigos que mis “vivencias” en Córdoba y en esa comarca tan singular que es el Valle de los Pedroches me procuraron, pues doce años dan para mucho, y mencionar de manera especial a Antonio López por su amistad y sus consejos, a Gemita (Polonio) por ser una de las mejores personas que conozco, a Félix Romero por tantas batallitas juntos, a Manuel Aguilar por su amistad inquebrantable, a Ángel Blanco por el apoyo que me brindó, a Ana y Santiago, de El Viso, por abrirme tanto la puerta de su casa como la de su familia, a Javi Montoro por acompañarme en aquella aventura cargada de honestidad, a Isabel Riskey y su familia por la amistad que me regalaron, a Baldomero García, a Miguel Ángel Gómez, a Manolo Cabrera y demás amigos de Los Pedroches, por enseñarme a querer y valorar a esa comarca que los árabes llamaron “tierra de las bellotas” (*Fash Al Ballut*).

De manera especial tengo que darle las gracias a Antonio Molina por creer en mí desde hace ya muchos años y por asumir la codirección de la presente Tesis, y a Manuel Juárez, mi otro director de Tesis, por su constancia, por su actitud, por la ayuda prestada en estos años, y sobre todo por su amistad. Y aprovechar estas

líneas para felicitarle por su reciente paternidad (Emma, ten paciencia, no es tan fiero “el Manué” como lo pintan. Seguro que es más “tiquismiquis” como director de Tesis que como padre). Asimismo, debo agradecer a Jan Van der Made, paleobiólogo del Museo Nacional de Ciencias Naturales, la valiosísima ayuda que me prestó para dar contenido y guiarme en el capítulo del origen de los suidos. De igual modo, debo agradecer a la Subdirección General de Medios de Producción Ganaderos del entonces Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y a la Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico (AECERIBER), por confiar en “aquella idea” que terminó siendo el *“estudio de las diferencias físico-químicas y organolépticas del solomillo y de la presa en las cuatro estirpes reconocidas del Cerdo Ibérico”*, del Programa de Estudios del Departamento para 2007, que financió parcialmente los análisis de la presente Tesis, y a COVAP y Señorío de Montanera por su imprescindible colaboración para llevar este barco a buen puerto.

Debo igualmente hacer mención a las personas y entidades que “me encontré por el camino” en estos años en el mundo del Ibérico, con las que trabajé y aprendí, empezando por AECERIBER y su personal técnico y de administración, destacando de manera especial a Lucía Maesso y Elena Diéguez por su encomiable labor en defensa de esta pasión que compartimos, el Cerdo Ibérico. De igual modo debo tener un recuerdo especial para los trabajadores de las dos Denominaciones de Origen Protegidas de Ibérico andaluzas, Los Pedroches y Jamón de Huelva, por su decidida apuesta por los productos curados de mayor calidad dentro del Ibérico, y del Museo del Jamón de Aracena, por su entusiasmo y dedicación más allá de lo profesional. Igualmente no puedo pasar por alto ni al personal del Centro Experimental Agrícola y Ganadero de la Excm. Diputación de Cádiz, destacando de manera especial a José María Jiménez y a Rafael Torres, con quienes tantos proyectos compartimos, ni a los trabajadores de la finca Huerto Ramírez de la Excm. Diputación de Huelva, por preservar algunas de las subpoblaciones más singulares del Ibérico. Asimismo, sería injusto no hacer mención a Carlos J. Porras, José Luis Pérez y Camilo Casas, del IFAPA (CIFA Las Torres), por su colaboración, a Carlos Martín de NANTA, a M^a Luz Muñoz y Álvaro Aguarón de laboratorios SYVA, a Paloma Suárez y Jesús Maés de Pfizer, a Pablo Martín de ARAPORCEI, a Pedro Cañuelo de MGIB, a Manuel de la Viña y Jesús Pérez de Nutega, a Pedro J. Moreno de COVAP, y a Dimas Rizo, Judit Anda, Gonzalo Maesso, José M^a Sánchez, Fernando Gómez, Rafael Olvera, José M^a Pastor, Juan Antonio Jaén,...de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Y de manera especial, hacer mención a Iván Plasencia, por todo lo que aprendí recorriendo a su lado las explotaciones de esa joya tan desconocida para muchos que es Extremadura, y por el mismo motivo, pero a nivel andaluz, a Juan Carlos Fernández, hoy día en NANTA, quien siempre tiene un hueco para los amigos.

Por supuesto, debo igualmente hacer mención a los que fueron durante tantos años mis compañeros del grupo MERAGEM (AGR-158) del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba, hoy día grandes amigos, por la ayuda que siempre me brindaron y por permitirme trabajar con ellos, y de manera especial a

Alberto por acompañarme en la aventura del Ibérico, a Carmela por hacer numerosas incursiones a nuestro mundillo desde el Retinto, a Pedro por convertir en fácil la genética molecular, a Esther, Ana y M^a Carmen por aguantarme en el laboratorio con una sonrisa, a Cristóbal porque sin la informática no seríamos nada, a Curro por su sabiduría tan campechana, a Mercedes, Isa, Loli, M^a José Caballero, Francisco, Rocío, Ester, la otra María José, Javi, Marina, Rosa,... por su afecto y la ayuda que de ellos recibí siempre que la necesité. Asimismo, también debo tener un recuerdo especial para Don Antonio Rodero, verdadera institución académica y esencia del grupo MERAGEM, por permitirme trabajar con él y por compartir conmigo su afición por la Historia de la ganadería, y para Gabriel Dorado, igualmente por permitirme trabajar con él y porque lograba convertir la genética en algo distinto y cercano. De igual modo, no puedo pasar por alto a M^a Jesús Alcalde, Francisco Arrebola, Pepe Gómez, Juan Manuel Serradilla, Alberto Menéndez, Jaouad, Miguel Moreno, Sebastián, Marisol, Andrés Muñoz, Alfonso Luque, Paco Álvarez, Juan Pedro, Alfredo y demás compañeros del grupo de investigación, y a los colaboradores del mismo, como Carlos Sañudo, por su inestimable ayuda en estos años. Y de un modo especial debo hacer mención a Angelines, directora del Departamento de Genética, por sus consejos, su Humanidad con mayúsculas, y porque siempre fue un poco la madre de todos, y a Alberto Horcada y Oliva Polvillo, de la Universidad de Sevilla, porque, aparte de ser grandes consejeros y mejores amigos, son magníficos científicos que siempre tuvieron un ratito para mí.

Tampoco puedo olvidar hacer mención a Rafael Moreno, Hortensia Galán, Librado Carrasco, Santiago Laguna y demás profesores de la UCO porque me aportaron cosas importantes en momentos importantes... ni al personal de administración y servicios del Departamento de Genética de la UCO, ni a las limpiadoras del edificio Gregor Mendel (C1) del Campus de Rabanales, porque son quienes mejor entendían a los becarios en esas horas en las que en el edificio sólo estaban ellas y nosotros.

De igual modo, no puedo pasar por alto ni a mis compañeros del Centro Tecnológico Andaluz del Sector Cárnico (TEICA) que me regalan su amistad cada día, ni a los becarios y alumnos en prácticas que por él han pasado en este tiempo; precioso proyecto con el que estamos plenamente implicados. Y consecuentemente tampoco puedo olvidar a los técnicos y responsables de las empresas cárnicas y ganaderas con las que día a día trabajamos y que son nuestra razón de ser. Y del mismo modo, no puedo dejar de mencionar a aquellas personas que me acogieron en La Sierra de Huelva e hicieron el cambio más fácil (Miguel Ángel González, Rocío Macías,...).

Y por último, no puedo dejar de mencionar a ciertas personas que, por motivos diversos, han influido de manera importante en mí y en mi estado de ánimo en estos últimos años, cuya amistad es un preciado regalo que atesorar cada día, en especial a Gotzone Mora y su familia por su afecto incondicional y sus principios, a Fátima Marín y Noemí Navas, mis "Zipi y Zape", a Charo Muros por querer a una de las personas que a su vez más quiero (Raúl Benítez), a Julio Gómez porque siempre será Julio..., a Celia Rodríguez por ser esa personita que es, a Ana Guillén y Olga

Álvarez porque qué habría hecho yo sin ellas, a Fátima Guerrero porque siempre será alguien importante para mí (aún llevo en el coche la ovejita irlandesa), a Sira por haber sido como una hermana para mí durante la carrera, a Elisa Pérez de Siles porque es mi “Pepito Grillo” de cabecera y me siento afortunado por conocerla, a César Gómez porque es de esos amigos cuya amistad no mengua ni con el tiempo ni con la distancia, a Ruth Hornedo por su complicidad y por saber entenderme, a Alejandra García porque fue mi ángel de la guarda en 2005 y aún estoy en deuda con ella, a “Vicky” Casar por ser mi compañera serrana y mi “compi de paseítos” y confidencias, y a “Vero” Gómez porque su sonrisa cura todos los males.

“¿Existe otro animal que nos dé tanto?”

(Gaspar Melchor de Jovellanos)

ÍNDICE

INDICE GENERAL

Índice de figuras	III
Índice de fotografías	V
Índice de tablas	VII
Índice de abreviaturas	XI
RESUMEN.....	XV
SUMMARY	XIX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. EL SECTOR PORCINO A NIVEL MUNDIAL.....	3
1.2. EL SECTOR PORCINO EN LA UNIÓN EUROPEA	8
1.3. EL SECTOR PORCINO EN ESPAÑA	10
1.4. EL SUBSECTOR DEL CERDO IBÉRICO EN ESPAÑA.....	13
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	17
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	23
3.1. ORIGEN DE LOS SUIDEOS. TRONCOS PORCINOS PRIMITIVOS	25
3.2. LA DOMESTICACIÓN Y LA FORMACIÓN DE LOS TRONCOS PORCINOS ACTUALES DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.....	28
3.3. LAS RAZAS PORCINAS AUTÓCTONAS DE ESPAÑA Y PORTUGAL. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE SU RECONOCIMIENTO.....	32
3.4. EL ORIGEN DEL CERDO IBÉRICO: BREVE RESEÑA DE SU INFLUENCIA CULTURAL E HISTÓRICA	38
3.5 LA DIVERSIDAD GENÉTICA INTRARRACIAL DEL CERDO IBÉRICO.....	43
3.5.1. ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO: ORIGEN, CLASIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO.....	43
3.5.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FANERÓPTICA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO	50
3.5.3. CARACTERIZACIÓN REPRODUCTIVA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO	55
3.5.4. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO.....	56
3.5.5. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO.....	58

3.6. CALIDAD DE LA CARNE	61
3.6.1. CONCEPTO E IMPORTANCIA	61
3.6.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA CARNE EN PORCINO	64
3.7. NORMA DE CALIDAD	80
4. MATERIAL Y MÉTODOS	89
4.1. BASE ANIMAL	91
4.2. MANEJO Y ALIMENTACIÓN.....	92
4.3. ANÁLISIS GENÉTICOS DE ADSCRIPCIÓN A ESTIRPE.....	94
4.4. SACRIFICIO Y MUESTREO.....	101
4.5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS REALIZADOS.....	103
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	110
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	111
5.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LAS ESTIRPES ESTUDIADAS	113
5.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA Y FÍSICOQUÍMICA DE LOS SOLOMILLOS.....	118
5.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL POR ESTIRPE	118
5.2.2. RENDIMIENTO DE LOS SOLOMILLOS POR ESTIRPE.....	120
5.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS SOLOMILLOS POR ESTIRPE.....	122
6. CONCLUSIONES	135
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
8. ANEXOS	165

Índice de figuras

- Figura 1. Evolución de la producción de carne de porcino a nivel mundial 1999-2008.
- Figura 2. Producción de carne de cerdo en los principales países productores (millones Tm).
- Figura 3. Consumo *per cápita* de carne de cerdo (kg/habitante/año).
- Figura 4. Censo de efectivos porcinos por continente (en miles de cabezas) en 2008.
- Figura 5. Consumo *per cápita* de carne de cerdo (kg/habitante/año) en Europa.
- Figura 6. Origen y expansión del *Sus scrofa* (a partir de los estudios de ADN mitocondrial).
- Figura 7. Troncos porcinos del género *Sus* (a partir de los estudios de ADN mitocondrial).
- Figura 8. Distribución de los troncos porcinos en la Península Ibérica.
- Figura 9. Clasificación del Porcino Ibérico, adaptado de Aparicio (1960).
- Figura 10. Clasificación Tradicional de AECERIBER, adaptado de Diéguez (1992).
- Figura 11. Clasificación de AECERIBER, adaptado de Diéguez (2001).
- Figura 12. Clasificación de Rueda, Manual de Cerdo Ibérico, editado por AECERIBER (Rueda, 2004).
- Figura 13. Estructura del tronco Porcino Ibérico. Adaptación de la clasificación presentada en el V Encuentro de la SEZ (Clemente *et al.*, 2006).
- Figura 14. Flujos genéticos. Origen y formación de las variedades de Cerdo Ibérico según la propuesta de clasificación de Clemente *et al.* (2006).
- Figura 15. Estructuración de la diversidad intrarracial del Cerdo Ibérico. Adaptado de Clemente *et al.* (2008a).
- Figura 16. Cladograma de distancias genéticas. (Martínez, 2001).
- Figura 17. Cladograma de distancias genéticas. (Membrillo *et al.*, 2007).
- Figura 18. Cerdos ibéricos certificados en España por categoría racial en 2010.
- Figura 19. Electroferogramas del marcador S0068 en 2 cerdos ibéricos heterocigotos.
- Figura 20. Patrón de fragmentación de los solomillos.
- Figura 21. Cromatograma con los principales ácidos grasos identificados.
- Figura 22. Dendrograma de las distancias genéticas entre las subpoblaciones analizadas.
- Figura 23. Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) de los animales analizados a partir del genotipado para 34 microsatélites del ADN.
- Figura 24. Peso canal medio (Kg) por subpoblación.
- Figura 25. Dendrograma de distancias fenotípicas (análisis clúster) entre las subpoblaciones analizadas a partir de los parámetros de calidad cárnica.

Índice de fotografías

Foto 1. Pintura rupestre de *arte Levantino* del yacimiento de la Peña del Escrito, Villar del Humo (Cuenca). Fuente: www.españaescultura.es. Portal de promoción de la cultura de España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España.

Foto 2. Verraco de Yecla de Yeltes (Salamanca).

Foto 3. Informe de la Ley Agraria, (Jovellanos, 1795).

Foto 4. Negro Lampiño.

Foto 5. Negro Entrepelado.

Foto 6. Retinto Extremeño.

Foto 7. Retinto Portugués.

Foto 8. Torbiscal.

Foto 9. Ervideira.

Foto 10. Manchado de Jabugo.

Foto 11. Negro de los Pedroches.

Foto 12. Dorado Gaditano.

Foto 13. Mamellado.

Foto 14. Termociclador utilizado para la reacción de PCR.

Foto 15. Medición de pH.

Foto 16. Masticador.

Foto 17. Espectrocolorímetro.

Foto 18. Prueba de CRA.

Foto 19. Texturómetro.

Foto 20. Cromatógrafo de gases.

Foto 21. Solomillos de Lampiño.

Índice de tablas

- Tabla 1. Principales exportadores de carne de cerdo en 2009.
- Tabla 2. Principales importadores de carne de cerdo en 2009.
- Tabla 3. Sacrificios y porcentajes del total por estados miembros de la UE.
- Tabla 4. Explotaciones de ganado porcino por CC.AA. Enero de 2009.
- Tabla 5. Censos y porcentajes del total por CC.AA. en 2008.
- Tabla 6. Censos de porcinos intensivos y porcentajes del total por CC.AA.
- Tabla 7. Censos de porcinos extensivos y porcentajes del total por CC.AA.
- Tabla 8. Reproductores de Cerdo Ibérico inscritos en el Libro Genealógico por CC.AA.
- Tabla 9. Parámetros reproductivos de las principales estirpes de Cerdo Ibérico.
- Tabla 10. Registros productivos por estirpes. Datos obtenidos de los controles de ciclo completo del Esquema de Selección de AECERIBER.
- Tabla 11. Parámetros, procesos y factores que intervienen en los diferentes aspectos que constituyen la calidad de la carne.
- Tabla 12. Comparación del despiece entre porcino Ibérico y blanco.
- Tabla 13. Composición química de la canal de diferentes razas porcinas magras.
- Tabla 14. Comparación de la composición química del músculo *longissimus lumborum* del Cerdo Ibérico y de la raza Landrace.
- Tabla 15. Valores de humedad, grasa intramuscular y proteína en el músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos (estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal) y cerdos blancos.
- Tabla 16. Composición química por estirpes de los músculos *masseter* y *longissimus dorsi*.
- Tabla 17. Composición lipídica de la fracción neutra de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos de las estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal, y de cerdos blancos.
- Tabla 18. Valores medios de la composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* por razas.
- Tabla 19. Parámetros de calidad cárnica en músculo semimembranosus de diferentes cerdos híbridos comerciales.
- Tabla 20. Composición lipídica de la grasa intramuscular del músculo *masseter* de cerdos ibéricos de las estirpes Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal.
- Tabla 21. Composición lipídica de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos de las estirpes Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal.
- Tabla 22. Comparación del contenido en humedad, proteína y grasa intramuscular entre la carne de Cerdo Ibérico Puro y del cruce de Ibérico × Duroc.

Tabla 23. Comparación del color físico (coordenadas CIE, 1976) y del contenido en mioglobina entre la carne de Cerdo Ibérico Puro y del cruce Ibérico × Duroc.

Tabla 24. Comparación de los índices de composición lipídica de la grasa subcutánea dorsal entre Ibérico Puro e Ibérico cruzado con la raza Duroc.

Tabla 25. Comparación de la composición lipídica de la fracción neutra de la grasa intramuscular del músculo *biceps femoris* entre Ibérico Puro e Ibérico cruzado con Duroc.

Tabla 26. Designaciones de los productos del Ibérico en función del tipo de alimentación de los animales reguladas por la Norma de Calidad (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre).

Tabla 27. Designaciones de los productos del Cerdo Ibérico en función del factorracial reguladas por la Norma de Calidad (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre).

Tabla 28. Jamones certificados en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Tabla 29. Paletas certificadas en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Tabla 30. Lomos certificados en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Tabla 31. Cerdos ibéricos certificados en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Tabla 32. Composición de los piensos de recría y cebo empleados.

Tabla 33. Panel de microsátélites empleado para los análisis genéticos.

Tabla 34. Composición estándar de la mezcla de PCR (en orden de adición) para amplificaciones múltiples de marcadores microsátélites del ADN.

Tabla 35. Principales indicadores derivados de las frecuencias alélicas de las cuatro estirpes de ibérico obtenidos a partir de un panel de 34 microsátélites.

Tabla 36. Condiciones de ensayo de medidas de textura.

Tabla 37. Heterocigosidad esperada (H_e), heterocigosidad observada (H_o) y número medio de alelos por locus para las diferentes subpoblaciones analizadas mediante un panel de 34 microsátélites.

Tabla 38. Valores de los estadísticos F de Wright medios para las estirpes de Cerdo Ibérico estudiadas.

Tabla 39. Coeficiente de diferenciación genética (F_{ST}) (sobre la diagonal) y número de migrantes por generación (N_m) (bajo la diagonal), entre las subpoblaciones estudiadas.

Tabla 40. Peso de los dos solomillos (izquierdo y derecho) y rendimiento de los dos solomillos respecto al peso canal por estirpe.

Tabla 41. Composición proximal de la carne del solomillo de Cerdo Ibérico por estirpe.

Tabla 42. Coordenadas tricromáticas (CIE, 1976) y contenido en pigmentos hemínicos (mioglobina) de la carne del solomillo de las subpoblaciones analizadas.

Tabla 43. Parámetros físicos (pH, CRA, pérdida por cocinado y resistencia al corte con cuchilla de Warner-Bratzler) de la carne del solomillo de las subpoblaciones analizadas.

Tabla 44. Porcentajes de los ácidos grasos de la grasa intramuscular de los solomillos de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico y de los cerdos del cruce Ibérico × Duroc.

Tabla 45. Principales índices lipídicos de la grasa intramuscular por subpoblación.

Índice de abreviaturas

- a***: índice rojo-verde (CIE, 1976)
- a.C.**: antes de Cristo
- ADN**: ácido desoxirribonucleico
- AECERIBER**: Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico Puro
- AFC**: análisis factorial de correspondencias
- AFI**: Analistas Financieros Internacionales
- ALE**: subpoblación de cerdos de Raza Alentejana
- b***: índice azul-amarillo (CIE, 1976)
- BHT**: butil hidroxitolueno
- CC.AA.**: comunidades autónomas
- CIE**: Commission International de l'Eclairage
- CLA**: isómeros de ácido linoleico conjugado
- cm²**: centímetro cuadrado
- COMA**: Committee on the Medical Aspects of Food Policy, Diet and Cardiovascular Disease
- CRA**: capacidad de retención de agua
- C.R.D.O.P.**: Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida
- CRU**: cerdos del cruce Ibérica × Duroc
- D**: registro definitivo del Libro Genealógico de la Raza
- DHA**: ácido docosahexanoico (C22:6 n-3)
- dNTP**: desoxirribonucleótidos trifosfato
- D.O.**: densidad óptica (absorbancia)
- DOP**: Denominación de Origen Protegida
- DUR**: raza Duroc o Duroc-Jersey
- EE.UU.**: Estados Unidos
- ENT**: estirpe Entrepelado de Cerdo Ibérico
- EPA**: ácido eicosapentanoico (C20:5 n-3)
- F**: registro fundacional del Libro Genealógico de la Raza
- FAO**: Food and Agriculture Organization
- FAPRI**: Food and Agricultural Policy Research Institute

Fig.: figura.

F_{IS}: coeficiente de consanguinidad o distancia a la panmixia (estadísticos F de Wright, 1978)

F_{IT}: índice de fijación total (estadísticos F de Wright, 1978)

F_{ST}: índice de fijación (estadísticos F de Wright, 1978)

FUNDECYT: Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en Extremadura

g: gramo/s

GIM: grasa intramuscular

GMD: ganancia media diaria

h: horas

H: heterocigosidad

Ha: hectárea

He: heterocigosidad esperada

Hes: heterocigosidad promedio esperada en la subpoblación

Het: heterocigosidad promedio esperada en la población total

Hn.b: heterocigosidad esperada estimada sin sesgo

Ho: heterocigosidad observada

IM: intramuscular

ISEA: Islas del Sudeste de Asia

Kg: kilogramo/s

Km: kilómetro/s

L*: índice de luminosidad (CIE, 1976)

LAM: estirpe Negro Lampiño de Cerdo Ibérico

L. dorsi: músculo *longissimus dorsi*

LG: Libro Genealógico de la Raza

Ma: millones de año/s

MAM: línea Mamellado de la estirpe Retinto de Cerdo Ibérico

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

MARM: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino

Mb: mioglobina

MDJ: estirpe Manchado de Jabugo de Cerdo Ibérico

mg: miligramo/s

ml: mililitro/s

-
- mm:** milímetro/s
- mM:** milimolar
- MN1:** en paleontología, unidad cronológica del mioceno inferior (MN1-MN3)
- MUFA:** ácidos grasos monoinsaturados
- n-3:** ácidos grasos de la serie omega 3
- n-6:** ácidos grasos de la serie omega 6
- n-9:** ácidos grasos de la serie omega 9
- NDP:** subpoblación Negro de los Pedroches de Cerdo Ibérico
- ng:** nanogramo/s
- nm:** nanómetro/s
- Nm:** número de migrantes por generación
- P(0.95):** proporción de marcadores polimórficos donde ningún alelo presenta una frecuencia ≥ 0.95
- P(0.99):** proporción de marcadores polimórficos donde ningún alelo presenta una frecuencia ≥ 0.99
- PC:** Peso de la cápsula
- PCR:** reacción en cadena de la polimerasa
- PF:** Peso final
- P.F.A.:** producción final agraria
- P.F.G.:** producción final ganadera
- pH:** potencial de hidrógeno
- PI:** Peso inicial
- PM:** Peso muestra
- PUFA:** ácidos grasos poliinsaturados
- RAE:** Real Academia Española
- R.D.:** Real Decreto
- REGA:** Registro General de Explotaciones Ganaderas
- RET:** estirpe Retinto de Cerdo Ibérico
- rpm:** revoluciones por minuto
- Rto.:** rendimiento
- Seg:** segundo/s
- S.E.L.N.:** sustancias extractivas libres de nitrógeno
- SEZ:** Sociedad Española de Zooetnología

SFA: ácidos grasos saturados

Sig.: nivel de significación

SIGPAC: Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrarias

SIL: línea Silvela de la estirpe Retinto de Cerdo Ibérico

TD6: en paleontología, estrato cronológico en el que se encontraron los restos de Homínidos europeos más antiguos (Homo antecesor), hace 800.000 años aproximadamente

Theta (F_{ST}): F_{ST} de Weir y Cockerham (1984)

Tm: tonelada métrica

TOR: estirpe Torbiscal de Cerdo Ibérico

U: unidad/es

UE: Unión Europea

UE-27: Unión Europea de 27 estados miembros

UFA: ácidos grasos insaturados

UPGMA: unweighted pair group method with arithmetic mean

USDA: Departamento de Agricultura de Estados Unidos

VAL: línea Valdesequera de la estirpe Retinto de Cerdo Ibérico

VIL: línea Villalón de la estirpe Retinto de Cerdo Ibérico

@: arroba = 11,501 Kg

°C: grados centígrados

%: tanto por ciento

µl: microlitro/s

µM: micromolar

RESUMEN

Tradicionalmente el Cerdo Ibérico ha sido criado bajo manejo extensivo, basando su alimentación en la utilización de los recursos naturales. El grueso de la canal del porcino Ibérico se consume como productos curados de elevado valor. Sin embargo, en los últimos años, el uso de piensos concentrados en la alimentación del Cerdo Ibérico ha ido incrementándose y, a su vez, ha ido creciendo la demanda de determinadas piezas cárnicas de porcino Ibérico para consumo en fresco, alcanzando elevados precios en el mercado español. Asimismo, el grueso de la producción comercializada como de "Ibérico" procede del cruce al 50 % de Ibérico × Duroc, a pesar de que numerosos estudios demuestran una menor calidad en sus productos. Debido a estas tendencias, en noviembre de 2007 fue publicada una nueva Norma de Calidad para regular la producción, elaboración y comercialización de los productos derivados de la canal de Cerdo Ibérico (Real Decreto 1469/2007), incluyendo por vez primera la carne fresca además de los productos curados. La nueva Norma de Calidad incluye dos categorías genéticas de productos: productos del Cerdo Ibérico (100 % o Puro) y productos del cruce de la raza porcina Ibérica con la raza Duroc.

También en 2007, cuatro principales estirpes (Lampión, Entrepelado, Retinto y Torbiscal) fueron reconocidas como variedades del Cerdo Ibérico por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, tanto en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España como en el Libro Genealógico de la Raza (Orden APA/53/2007 y Orden APA/3376/2007, respectivamente). No obstante, son escasos los estudios que comparan los parámetros de calidad de la carne para consumo en fresco de las estirpes de Cerdo Ibérico. Estos estudios analizan músculos como el *longissimus dorsi*, generalmente destinado a curación, o *masseter*, de bajo precio comparado con otras piezas cárnicas.

Los objetivos concretos de la presente Tesis Doctoral son: 1) comparar los parámetros de calidad de la carne de la pieza cárnica para consumo en fresco de mayor valor comercial, el solomillo (músculos *illiopsoas* y *psoas minor*), procedente de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico, y analizar si las diferencias genéticas entre las estirpes se ven reflejadas en los parámetros de calidad cárnica; 2) comparar dichos resultados con los procedentes de cerdos Ibérico × Duroc, el cruce más común en la producción de Ibérico, que es etiquetado en la Norma de Calidad como "Ibérico".

De cara a estudiar los parámetros genéticos (estadísticos F de Wright, heterocigosidad esperada y observada, flujo genético entre subpoblaciones, nº medio de alelos por locus, etc.) y verificar la correcta asignación de los animales seleccionados de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico, se llevó a cabo un estudio preliminar de marcadores neutros de ADN (incluyendo los 27 microsatélites recomendados por la FAO para el genotipado de poblaciones porcinas) sobre 140 animales inscritos en el Libro Genealógico de la Raza (35 asignados a cada una de

las cuatro estirpes en función de su morfología y genealogía) procedentes de la ganadería tutelada por la Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico (AECERIBER). Un lote de 35 cerdos del cruce Ibérico × Duroc fue incluido dentro del estudio para comparar sus parámetros genéticos con los de las estirpes de Cerdo Ibérico. Asimismo, un lote (n=10) de cada estirpe de Cerdo Ibérico fue seleccionado de acuerdo a los resultados de la asignación genética para llevar a cabo el estudio de los parámetros productivos (peso canal, peso de los solomillos y rendimiento de los solomillos) y de los principales parámetros de calidad de la carne del solomillo, y otro lote (n=10) del cruce Ibérico × Duroc fue incluido en el estudio como control. Estos parámetros fisicoquímicos de calidad cárnica estudiados fueron la composición proximal (humedad, proteína, grasa y ceniza), el color (L^* , a^* y b^*), el contenido en mioglobina, el pH, la capacidad de retención de agua, las pérdidas por cocinado, la resistencia máxima al corte con texturómetro y sonda de Warner-Bratzler, y el perfil lipídico de la grasa intramuscular.

Los resultados genéticos mostraron un déficit de heterocigosidad en todas las estirpes de Cerdo Ibérico ($H_e > H_o$), circunstancia debida al fenómeno de diferenciación genética. De hecho, el valor de F_{ST} (0,18) reflejó una diferenciación genética moderada-alta entre las estirpes de Cerdo Ibérico. Dentro de estas estirpes, la menor diferenciación genética se encontró entre Entrepelado y Retinto (0,11), y la mayor entre Torbiscal y Retinto (0,25). Por su parte, el cruce con Duroc mostró mayor valor de heterocigosidad observada (0,702) que de heterocigosidad esperada (0,581), explicado por el hecho de que dicho cruce no corresponde a una subpoblación genéticamente definida. Por su parte, el valor del estadístico F_{IS} (0,13) alertó de una situación de consanguinidad moderada-alta en las estirpes de Cerdo Ibérico.

En relación a los resultados productivos, se encontraron diferencias entre las estirpes para los pesos medios de la canal ($p < 0,05$), oscilando entre los $125,3 \pm 2,50$ kg de Lampiño y los $137,6 \pm 2,60$ kg de Torbiscal. Los cerdos cruzados con Duroc mostraron los solomillos más pesados ($p < 0,001$), no encontrándose diferencias para este peso entre las estirpes de Ibérico ($p > 0,05$), aunque sí para el rendimiento a la canal de los solomillos ($p < 0,01$).

Respecto a los parámetros de calidad cárnica, las estirpes Retinto y Lampiño mostraron mayor parecido entre sí, seguidas de Entrepelado. Torbiscal mostró los solomillos más diferentes de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico. Hubo importantes diferencias entre las cinco subpoblaciones estudiadas para la composición proximal. Entrepelado mostró menor contenido de humedad ($p < 0,01$). Los solomillos del cruce con Duroc tuvieron menor contenido proteico ($p < 0,001$). Lampiño fue la subpoblación con mayor contenido de GIM ($p < 0,001$), estando el cruce con Duroc en el extremo opuesto con el menor contenido. Retinto mostró mayor contenido de cenizas ($p < 0,001$) mientras que Lampiño y el cruce con Duroc tuvieron los menores contenidos. Por otro lado, Torbiscal y el cruce con Duroc mostraron la carne menos roja ($p < 0,001$) y más clara ($p < 0,001$) de las cinco subpoblaciones analizadas, al igual

que los menores contenidos de mioglobina ($p < 0,001$). No hubo diferencias entre las subpoblaciones analizadas para el pH a las 24 horas ($p > 0,05$) ni para la máxima resistencia al corte con cuchilla de Warner-Bratzler ($p > 0,05$), aunque sí para la capacidad de retención de agua ($p < 0,001$) y las pérdidas por cocinado ($p < 0,01$).

En relación a la composición lipídica de la GIM, dentro de los cuatro ácidos grasos mayoritarios no hubo diferencias ($p > 0,05$) entre las poblaciones analizadas para C18:0, C18:1n-9 y C18:2n-6, aunque sí ($p < 0,001$) para C16:0, mostrando Torbiscal y el cruce con Duroc los mayores porcentajes. La grasa del cruce con Duroc tuvo también mayores porcentajes de C12:0 ($p < 0,001$) y C14:0 ($p < 0,01$). En general, los solomillos de la estirpe Torbiscal y el cruce con Duroc tuvieron mayor ($p < 0,01$) porcentaje de ácidos grasos saturados (SFA). A su vez el solomillo del cruce con Duroc tuvo menor ($p < 0,05$) porcentaje de ácidos grasos poli-insaturados (PUFA). Así, el cruce con Duroc presentó el menor cociente PUFA/SFA, siendo la única subpoblación que no superó el valor de 0,4, umbral mínimo recomendado por las autoridades sanitarias.

Se puede concluir que los resultados de esta Tesis confirman la riqueza genética intrarracial de la raza porcina Ibérica. El cruce con Duroc supone una mejora productiva reflejada en mayor tasa de crecimiento y unos solomillos más pesados, pero también supone una diferenciación en sus características de calidad cárnica. Dentro de las estirpes de Cerdo Ibérico, Lampiño, Retinto y Entrepelado, por las características fisicoquímicas de su carne, se posicionan muy próximas entre sí, distanciándose algo de Torbiscal, que en determinados parámetros fisicoquímicos se asemeja al cruce con Duroc. El análisis clúster diferencia claramente los cerdos cruzados con Duroc de las estirpes de Cerdo Ibérico en cuanto a los parámetros fisicoquímicos de su carne, apoyando la conveniencia de una mejor diferenciación comercial de ambos tipos de carne (Ibérico cruzado vs Ibérico Puro). En definitiva, el cruce con Duroc fue diferente de las estirpes de Cerdo Ibérico tanto genética como fenotípicamente.

SUMMARY

Traditionally, the Iberian Pig has been reared under extensive management, basing the feeding on the utilization of the natural resources. Most of Iberian pork is consumed as dry-cured products (ham, loin and shoulder) which are highly priced. However, the use of concentrates in pigs' diets and the demand of several meat cuts for fresh consumption from Iberian pork have been increasing in recent years, reaching high prices in the Spanish meat market. Moreover, the bulk of the production labelled today as "Iberian" comes from Iberian × Duroc (50%). That crossbreeding has been reported to lead to a decrease in the quality of the products. Due to these trends, in November 2007, a new National Quality Standard (NQS) was published to regulate production, processing and marketing of products derived from the Iberian pig carcass (R.D. 1469/2007), including for first time fresh meat, instead of dry-cured products only. The NQS included two genetic product types in Iberian pork production: Iberian Purebred pork and Iberian × Duroc crossbreeding pork.

In 2007, the four main strains of Iberian Pig (Lampião, Entrepelado, Retinto and Torbiscal) were also recognized as official varieties by the Spanish Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, under the Official Catalogue of Livestock Breeds in Spain and the Stud-Book of the Iberian Pig Breed (Orden APA/53/2007 and Orden APA/3376/2007, respectively). Nevertheless, there are only very few studies comparing objective fresh meat quality measurements of Iberian pig strains. These studies analyse muscles as *longissimus dorsi*, usually assigned for dry-curing, or *masseter*, lowly priced as compared to other meat cuts.

The objectives of this Doctoral Thesis were: 1) to compare the quality traits of the most expensive meat cut of Iberian pork for fresh consumption, the tenderloin (*illiopsoas* and *psaos minor* muscles) from all four Iberian pig strains and to analyze if genetic differences among Iberian pig strains are reflected in meat quality traits; 2) to compare those results to pork from Iberian × Duroc pigs, the most common crossbreeding used in Spain for Iberian pig production, which are labelled as "Iberian" in NQS.

In order to study the genetic parameters (Wright's F-statistics, expected and observed heterozygosity, genetic flow among subpopulations, average number of alleles per locus...) and verify the correct genetic assignment of the selected animals from the four Iberian Pig strains, a preliminary study of the neutral DNA markers (including the 27 microsatellites recommended by FAO for genotyping of pig populations) was carried out on 140 animals ascribed to the Studbook (35 assigned to each official strain according to their morphology and genealogy) from the herd controlled by the Spanish Association of Iberian Pig Breeders (AECERIBER). A batch of 35 Iberian × Spanish Duroc crossbreed pigs was included into the study to compare their genetic traits to those from Iberian Pig strains. A batch (n=10) from each Iberian Pig strain was also selected, according the genetic assignment results,

to carry out the study of the productive traits (carcass weight, tenderloin weight and tenderloin yield) and the main meat quality traits of the tenderloin. Another batch (n=10) of the Iberian × Duroc crossbreeding was included into the study as a control. The quality traits analyzed were proximate composition (moisture, protein, fat and ash), colour (L^* , a^* and b^*), myoglobin content, pH, water holding capacity, cooking losses, maximum shear force with texture analyzer and Warner-Bratzler blade, and the fatty acid profile of intramuscular fat.

The genetic results showed a lack of heterozygosity within all the Iberian Pig strains ($H_e > H_o$), due to the genetic differentiation. In fact, the F_{ST} value (0.18) showed a moderate-high genetic differentiation among the Iberian Pig strains. Among these strains, the lowest genetic differentiation was found between Entrepelado and Retinto (0.11), and the highest between Torbiscal and Retinto (0.25). The Iberian × Duroc crossbreeding had higher observed (0.702) than expected (0.581) heterozygosity value, explained by the fact that the crossbreeding is not a genetically defined subpopulation. The F_{IS} value (0.13) highlighted a moderate-high inbreeding situation for the Iberian Pig strains.

Regarding performance parameters, some differences were observed among strains for average carcass weight ($p < 0.05$), ranging between 125.3 ± 2.50 kg for Lampiño and 137.6 ± 2.60 kg for Torbiscal. Crossbred pigs had the heaviest tenderloins ($p < 0.001$), while no difference was observed among Iberian Pig strains ($p > 0.05$). Differences were observed for tenderloin yield ($p < 0.01$).

Regarding meat quality traits, Retinto and Lampiño showed the highest similarities, followed by Entrepelado. Torbiscal had the most different tenderloins among the Iberian Pig strains. Big differences were observed for the proximate composition among the five studied subpopulations. Entrepelado had the highest moisture content ($p < 0.01$). Tenderloins from crossbred pigs had the lowest protein content ($p < 0.001$). Lampiño was the subpopulation with the highest intramuscular fat content ($p < 0.001$). Meat from crossbred pigs had the lowest intramuscular fat. Retinto had the highest ash content ($p < 0.001$), while Lampiño and Duroc crossbred had the lowest content. On the other hand, tenderloins from Torbiscal and crossbred pigs had the least red meat ($p < 0.001$) and the lowest myoglobin contents ($p < 0.001$). No differences were observed among subpopulations for pH values ($p > 0.05$) and maximum shear force values ($p > 0.05$). Few differences were observed for water holding capacity ($p < 0.001$) and cooking losses ($p < 0.01$).

About the fatty acid composition of intramuscular fat, no difference ($p > 0.05$) was observed among the majoritary fatty acids among the studied subpopulations for C18:0, C18:1n-9 and C18:2n-6. For C16:0, Torbiscal and Iberian × Duroc crossbreeding had the highest percentages ($p < 0.001$). Iberian × Duroc crossbreeding had the highest of C12:0 ($p < 0.001$) and C14:0 ($p < 0.01$). In general, tenderloins from Torbiscal and Iberian × Duroc crossbreeding had the highest ($p < 0.01$) percentage of

saturated fatty acids (SFA). At the same time, the tenderloin from Iberian × Duroc pigs had the lowest ($p < 0.05$) polyunsaturated fatty acid (PUFA) content and PUFA/SFA ratio, being the only subpopulation that did not reach the minimum 0.4 value recommended by the health authorities.

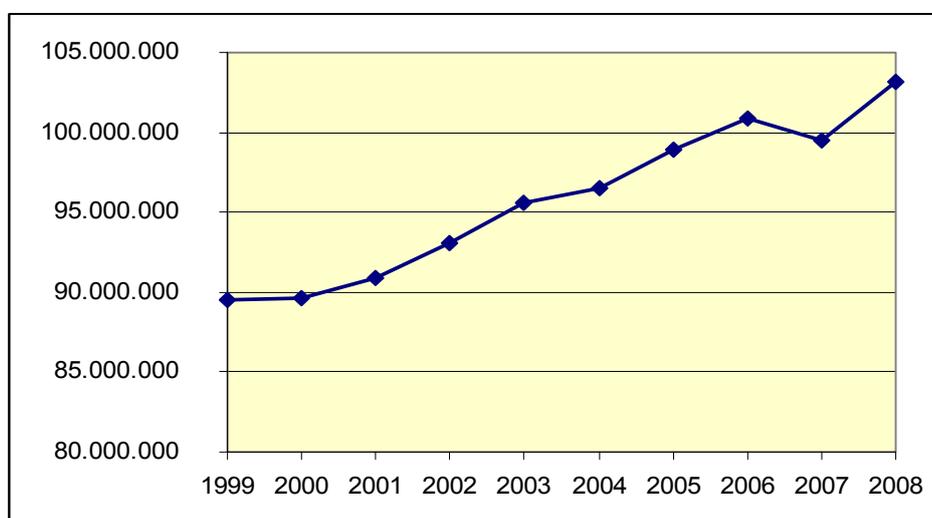
The results from this Thesis confirm the intra-breed richness on the Iberian Pig Breed. The crossbreeding with Duroc represents an improvement in performance traits, reflected in the higher growth rates and heavier tenderloins. However, it also creates differences in the quality of its meat. Among the strains of Iberian Pig, Lampiño, Retinto and Entrepelado have similar meat physicochemical characteristics and somewhat differentiated of Torbiscal. In fact, for certain meat quality traits, Torbiscal was closer to the crossbred subpopulation. The cluster analysis clearly differentiated meat from crossbred and pure Iberian pigs regarding the physicochemical traits of their meat. This result supports the proposals for a better commercial differentiation of both meat types (pure Iberian vs. crossbred Iberian). In conclusion, Iberian × Duroc crossbreeding was a different subpopulation than Iberian Pig strains, both genetic and phenotypically.

INTRODUCCIÓN

1.1. EL SECTOR PORCINO A NIVEL MUNDIAL

El desarrollo durante la segunda mitad del siglo XX de los modernos sistemas de producción intensivos basados en razas porcinas altamente seleccionadas, paralelamente al desarrollo de la industria de los piensos compuestos formulados, propició un importante incremento en la producción de carne de porcino. Esta tendencia creciente en la producción de carne de cerdo ha llegado hasta nuestros días (figura 1), y ha supuesto que en los últimos años, según datos de la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la carne de cerdo lidere la producción y consumo a nivel mundial (FAO, 2007).

Figura 1. Evolución de la producción (Tm) de carne de porcino a nivel mundial 1999-2008.



Adaptada de datos de la FAO (FAOSTAT, 2010).

La producción mundial de carne de porcino en 2008, cifrada en 103,19 millones de toneladas (FAOSTAT, 2010), supone un incremento del 3,7 % en relación al año 2007. Aunque los datos aún son preliminares, la FAO estima en 106,10 millones de toneladas la producción de carne de cerdo alcanzada en 2009 (FAO, 2009), lo que supondría un incremento del 2,8 % en relación a la campaña anterior. Estas tasas de crecimiento son superiores a las estimaciones del Instituto de Investigación de Política Agraria y Alimentaria de EE.UU. (FAPRI), que pronostica para la producción mundial de carne de cerdo en los próximos diez años un incremento medio anual del 1,9 % (FAPRI, 2009).

El incremento anual de la producción porcina es debido principalmente al incremento en la producción de carne de cerdo de China (21,3 %) y a las importantes tasas de crecimiento de la producción en otros grandes productores de carne de

cerdo como son Canadá (34,6 %), Brasil (31,2 %), México (20 %) y Rusia (16 %) (FAPRI, 2008).

En datos de la Comisión de la Unión Europea y el USDA (MARM, 2009), sobre una estimación de la producción mundial de carne de cerdo en 2008 rebajada a 98,5 millones de Tm, China (con 46,15 millones de Tm, 46,9 %), la Unión Europea (con 22,59 millones de Tm, 22,9 %) y EEUU (con 10,60 millones de Tm, 10,8 %), concentran el 80,6 % de la producción mundial de carne de porcino (figura 2).

Figura 2. Producción de carne de cerdo en los principales países productores (millones Tm).



Adaptado de datos de la Comisión de la Unión Europea y del USDA (MARM, 2009).

Por su parte, el comercio internacional de carne de porcino, cifrado en un volumen de exportaciones ligeramente superior a los seis millones de toneladas (USDA, 2008; FAO, 2009), está liderado por EE.UU., que le habría arrebatado a la UE-27 su tradicional supremacía en la exportación de carne de cerdo, situándose ahora la UE-27 como segundo exportador a nivel mundial, seguido de Canadá, Brasil, China y Chile (tabla 1).

Tabla 1. Principales exportadores de carne de cerdo en 2009.

Exportador	Millones de Tm	% del total
EE.UU.	2,31	38,2
Unión Europea (UE-27)	1,48	24,5
Canadá	1,08	17,9
Brasil	0,71	11,7
China	0,17	2,8
Chile	0,12	2,0
Otros países	0,18	3,0
TOTAL	6,05	100

Adaptado de las previsiones para el 2009 del USDA (2008)

La FAO prevé una contracción en el comercio mundial de carne de cerdo en 2009, situándose en aproximadamente 5,4 millones de toneladas, debido a las preocupaciones de los consumidores relacionadas con una posible vinculación entre la gripe A/H1N1 y la gripe porcina, que habrían motivado una menor demanda de importaciones de carne de cerdo (FAO, 2009).

En relación a los principales países importadores de carne de cerdo, Japón, Rusia, México y diversos países del este de Asia concentran el grueso de las importaciones de carne de porcino (tabla 2).

Tabla 2. Principales importadores de carne de cerdo en 2009.

Importador	Millones de Tm	% del total
Japón	1,24	21,6
Rusia	0,96	16,7
México	0,53	9,2
Corea del Sur	0,44	7,7
Hong Kong	0,39	6,8
EE.UU.	0,37	6,5
China	0,36	6,3
Otros países	1,45	25,3
TOTAL	5,74	100

Adaptado de las previsiones para el 2009 del USDA (2008)

La FAO estima en 42,3 kg/año el consumo *per cápita* de carne a nivel mundial, con notables diferencias entre los países desarrollados (81,7 kg/persona/año) y los países en vías de desarrollo (31,8 kg/persona/año) (FAO, 2009). De los 42,3 kg/persona/año, más de un tercio corresponde a carne de cerdo, a pesar de las restricciones culturales y religiosas que su consumo tiene en muchos países. El

consumo de esta carne presenta, del mismo modo, diferencias entre los países desarrollados (29 kg de carne de cerdo por habitante y año) y los países en vías de desarrollo (11 kg de carne de cerdo por habitante y año) (FAOSTAT, 2008). La UE y determinados países del este de Asia se erigen como los principales consumidores (consumo *per cápita*) de carne de cerdo (figura 3).

Figura 3. Consumo *per cápita* de carne de cerdo (kg/habitante/año).



Adaptado de datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2008).

En cuanto al efectivo porcino, cuyo censo en 2008 se estima en aproximadamente 1.313 millones de cabezas de ganado por la FAO (FAOSTAT, 2010), sigue una distribución pareja a la producción (figura 4), concentrando entre Asia (58,9 %), Europa (22,9 %) y América (16,2 %) el 98 % del censo porcino mundial; en tanto que África (1,3 %) y Oceanía (0,6 %) tienen una participación testimonial en el censo porcino mundial.

Figura 4. Censo de efectivos porcinos por continente (en miles de cabezas) en 2008.



Adaptado de FAOSTAT (2010).

1.2. EL SECTOR PORCINO EN LA UNIÓN EUROPEA

A día de hoy, con una producción anual de carne de cerdo que supera los 22 millones de toneladas, la Unión Europea (UE-27) está consolidada como la segunda productora y consumidora de este tipo de carne a nivel mundial tras China (USDA, 2008; FAO, 2009). De igual modo, la UE-27 es uno de los principales exportadores de este tipo de carne, habiendo liderado tradicionalmente el mercado internacional de carne de cerdo, siendo recientemente superada por EE.UU., debido probablemente al aumento de la demanda interna de carne de cerdo en el mercado europeo y a la fortaleza del euro frente al dólar (FAO, 2007).

En conjunto, Alemania, España, Polonia, Francia y Dinamarca concentran el 61,5 % del censo porcino y el 64,8 % de los sacrificios de cerdos en la UE-27 (tabla 3).

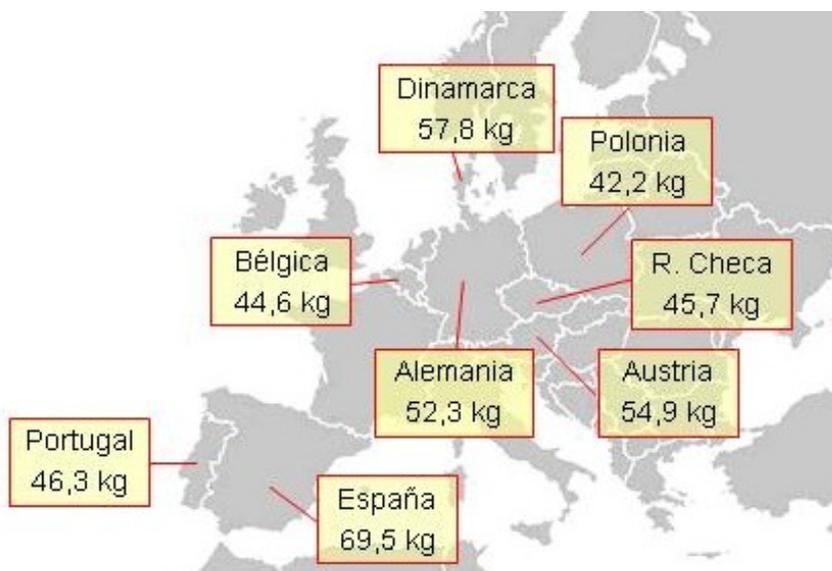
Tabla 3. Sacrificios y porcentajes del total por estados miembros de la UE.

Estado de la UE-27	Censos (miles de cabezas)	% del total	Sacrificios (miles de cabezas)	% del total
Alemania	26.719	17,5	54.848	21,5
España	26.026	17	41.306	16,2
Francia	14.796	9,7	25.735	10,1
Polonia	14.242	9,3	22.321	8,8
Dinamarca	12.195	8	20.790	8,2
Resto de estados	58.735	38,5	90.030	35,2
TOTAL UE-27	152.713	100	255.030	100

Fuente: Subdirección General de Productos Ganaderos (MARM, 2009)

La Comisión de la Unión Europea estima en 43,5 kg de media por habitante y año el consumo *per cápita* de carne de cerdo en la UE (MAPA, 2007). Éste varía de manera notoria entre unos países y otros (figura 5), desde los 23,0 kg por habitante y año del Reino Unido a los 69,5 Kg por habitante y año de España, que es el país europeo con mayor consumo, seguido de Dinamarca (57,8 kg), Austria (54,9 kg) y Alemania (52,3 kg), según datos de Borges de Freitas (2006).

Figura 5. Consumo *per cápita* de carne de cerdo (kg/habitante/año) en Europa.



Adaptado de Borges de Freitas (2006).

Según las previsiones para los próximos años, tanto de la Comisión Europea (MAPA, 2007) como de la FAO (2007), la UE seguirá conservando el segundo lugar en producción de carne porcina a nivel mundial por detrás de China, con un ligero incremento de su producción, paralelo al aumento del consumo *per cápita* y al descenso de sus importaciones. No obstante, este incremento en la producción porcina de la UE será inferior al que se experimente a nivel global, y estará muy condicionado por el devenir del precio de los cereales.

1.3. EL SECTOR PORCINO EN ESPAÑA

España es el segundo productor comunitario de porcino tras Alemania y quinto a nivel mundial (tras China, EEUU, Brasil y Alemania), con una cabaña que supera los 26 millones de cabezas distribuidas en 97.058 explotaciones, que supone 41,3 millones de sacrificios al año y una producción de carne estimada en 3,48 millones de toneladas, lo que representa el 60,5 % del total de carne producida en nuestro país (Cruz, 2009a; MARM, 2009). El sector porcino español, fuertemente vertebrado e industrializado, genera un volumen de negocio cifrado en 5.079,6 millones de euros, lo que supone el 34,4 % de la Producción Final Ganadera (P.F.G.) y el 12,2 % de la Producción Final Agraria (P.F.A.). Del mismo modo, destaca el grado de autoabastecimiento de carne de cerdo en nuestro País (145,5 %), 37 puntos superior a la media europea, lo que explica el importante volumen de carne de cerdo que exportamos, estimado en 1,26 millones de Tm; cantidad que supone el 36 % de la producción nacional, y de la que el 79,6 % (0,99 millones de Tm) se destina al mercado comunitario (MARM, 2009).

Estos datos son un acercamiento al sector porcino español en cifras generales, sin embargo, a nadie se le escapa que, en España, éste se sustenta en dos modelos productivos netamente diferentes: la producción porcina intensiva y la producción porcina extensiva, habiendo igualmente sistemas intermedios. Tradicionalmente, la producción porcina intensiva estaba directamente vinculada al subsector del porcino blanco, altamente industrializado y tecnificado, en tanto que la producción extensiva correspondía mayoritariamente a la producción de Cerdo Ibérico, en el marco de un subsector (del Ibérico) más tradicionalista y sensiblemente menos tecnificado. Hoy día, esta correspondencia entre los modelos productivos (intensivo y extensivo) y los subsectores porcinos (blanco e ibérico) no es tan clara; el porcino Ibérico (y sus cruces con la raza Duroc) sigue siendo el protagonista indiscutible de la producción extensiva, en tanto que en los últimos años se ha producido un fuerte proceso de conversión de explotaciones intensivas de porcino blanco a Ibérico, responsables hoy día de más del 75 % de la producción total de Ibérico de nuestro país.

Regresando al análisis de la producción general de cerdo en España, en enero de 2009, en el Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA) del MARM, podían contabilizarse a nivel nacional un total de 97.058 explotaciones ganaderas de porcino, de las que 13.736 (14,2 %) estaban clasificadas como extensivas, 79.329 (81,7 %) eran intensivas, y 3.993 (4,1 %) recibían otro tipo de clasificación. Por comunidades autónomas, Galicia, Castilla y León, Extremadura y Andalucía, poseen en conjunto el 75,4 % de las explotaciones ganaderas de porcino de España (tabla 4). Si bien, estas regiones sólo representan el 32,5 % del censo porcino nacional, lo que evidencia que gran parte de estas explotaciones son de pequeño tamaño, especialmente en el caso de Galicia (MARM, 2009).

Tabla 4. Explotaciones de ganado porcino por CC.AA. Enero de 2009.

CC.AA.	Nº de explotaciones	% del total
Galicia	28.897	29,8
Castilla y León	16.685	17,2
Extremadura	14.852	15,3
Andalucía	12.746	13,1
Resto de CC.AA.	23.878	24,6
TOTAL NACIONAL	97.058	100

Fuente: Registro General de Explotaciones Ganaderas (MARM, 2009)

En relación al censo porcino, de los 26.025.672 cerdos censados en 2008, por regiones, el grueso del censo porcino se concentra en siete comunidades autónomas que conjuntamente aglutinan el 88,2 % del total nacional (tabla 5).

Tabla 5. Censos y porcentajes del total por CC.AA. en 2008.

CC.AA.	Cerdos totales censados	% del total
Cataluña	6.648.288	25,5
Aragón	5.432.062	20,9
Castilla y León	3.656.583	14,1
Andalucía	2.427.440	9,3
Murcia	2.084.784	8,0
Castilla La Mancha	1.395.359	5,4
Extremadura	1.300.827	5,0
Resto de CC.AA.	3.080.329	11,8
TOTAL NACIONAL	26.025.672	100

Fuente: Subdirección General de Productos Ganaderos (MARM, 2009)

Cuatro provincias destacan por superar los dos millones de cerdos: Lérida con 3,49 millones de cerdos, seguida de Huesca con 2,45 millones, Murcia con 2,09 millones y Zaragoza con 2,05 millones (MARM, 2009).

De estos 26.025.672 cerdos registrados en España a fecha de diciembre de 2008, 23.663.265 cerdos corresponden a producciones de intensivo, en tanto que 2.362.407 corresponden a cerdos de extensivo.

Por CC.AA., Cataluña, Aragón, Castilla y León, Murcia y Andalucía, concentran el 80,1 % del censo total de porcino en intensivo (tabla 6).

Tabla 6. Censos de porcinos intensivos y porcentajes del total por CC.AA.

CC.AA.	Cerdos en intensivo	% del total
Cataluña	6.648.288	28,1
Aragón	5.432.062	23,0
Castilla y León	3.164.527	13,4
Murcia	2.084.784	8,8
Andalucía	1.632.033	6,9
Resto de CC.AA.	4.701.571	19,9
TOTAL NACIONAL	23.663.265	100

Fuente: Subdirección General de Productos Ganaderos (MARM, 2009)

En relación al porcino en extensivo, las comunidades autónomas de Extremadura, Andalucía y Castilla y León, concentran el 99,4 % del censo total de extensivo (tabla 7), evidenciándose la fuerte relación que tiene este sistema extensivo con las áreas tradicionales de dehesa, en las que el protagonista indiscutible es el Cerdo Ibérico (y sus cruces con la raza Duroc).

Tabla 7. Censos de porcinos extensivos y porcentajes del total por CC.AA.

CC.AA.	Cerdos en extensivo	% del total
Extremadura	1.054.651	44,6
Andalucía	795.407	33,7
Castilla y León	498.056	21,1
Resto de CC.AA.	14.293	0,6
TOTAL NACIONAL	2.362.407	100

Fuente: Subdirección General de Productos Ganaderos (MARM, 2009)

Destaca el hecho de que, por provincias, Badajoz (913.504) y Salamanca (450.320), poseen el 86,6 % y el 90,4 % del censo de porcino extensivo de sus respectivas comunidades autónomas. Por el contrario, en Andalucía la dispersión es mayor, concentrándose el 93,2 % del censo porcino extensivo andaluz entre tres provincias (Sevilla, Huelva y Córdoba) que presentan una cabaña aproximada (MARM, 2009).

1.4. EL SUBSECTOR DEL CERDO IBÉRICO EN ESPAÑA

Aunque en volumen comercializado el porcino blanco supera con creces al Ibérico, porcentualmente éste último tiene mayor peso económico. En 2005 se comercializaron en nuestro país 34 millones de piezas de jamón curado de porcino blanco, representando un volumen de negocio de 1.525 millones de euros. Durante la misma campaña se comercializaron 2,8 millones de jamones de Ibérico, que supusieron 545 millones de euros (DBK, 2006). Es decir, mientras el volumen de producto de Ibérico equivale al 8,2 % del blanco, económicamente representa el 35,7 % del mismo. Hoy día, la facturación anual de productos del Cerdo Ibérico se cifra en aproximadamente 750 millones de euros, lo que supone el 25 % del total de la industria cárnica española (Pérez, 2008), de los que aproximadamente 185 millones de euros corresponden a las piezas cárnicas para consumo en fresco (estimación propia). Este subsector cuenta con 326 mataderos, más de 360 establecimientos especializados en la transformación de los productos del Ibérico, y con aproximadamente 100.000 ganaderos; si bien el grueso de la producción se concentra en el 10 % de los mismos (FUNDECYT, 2008).

En cuanto al censo de reproductores de Cerdo Ibérico, según datos del MAPA (2007), Extremadura con 122.456 y Andalucía con 78.287, concentran conjuntamente el 90 % de efectivos reproductores, seguidas de lejos por Castilla y León que, con 19.305 animales, representa el 8,7 % del censo reproductor, quedando Castilla-La Mancha en cuarto lugar con 1.975 animales que suponen el 0,9 % de reproductores de la raza. Debemos tener en cuenta que estas cifras se refieren al total de reproductores de la raza, comprendiendo tanto animales inscritos en el Libro Genealógico como animales sin inscribir. Asimismo, y como se verá en el apartado dedicado a la Norma de Calidad dentro de la revisión bibliográfica, sólo los animales inscritos en el Libro Genealógico pueden dar lugar a productos "Ibérico Puro" dentro de la mencionada Norma.

A este respecto, dentro de los registros fundacional (F) y definitivo (D) del Libro Genealógico (LG) del Cerdo Ibérico, tutelado por AECERIBER, figuran inscritos 128.530 reproductores, de los que 7.307 son verracos y 121.223 son hembras (Olvera, 2008). Por comunidades autónomas (tabla 8), Extremadura lidera el censo de reproductores inscritos en el Libro concentrando el 41 % de los mismos. Le sigue Andalucía, que supone el 34 % del censo reproductor inscrito. Ya a distancia aparece Castilla y León, con el 15 % del censo reproductor inscrito, y aún más lejos Castilla La Mancha, que supone el 6 % del censo reproductor del Libro Genealógico. El resto de comunidades autónomas, en conjunto, aglutinan el 4 % restante.

Tabla 8. Reproductores de Cerdo Ibérico inscritos en el Libro Genealógico por CC.AA.

CC.AA.	MACHOS			HEMBRAS			Total reproductores
	F	D	Total Machos	F	D	Total Hembras	
Extremadura	2.448	623	3.071	44.714	3.427	48.141	51.212
Andalucía	2.693	218	2.911	39.774	1.056	40.830	43.741
Castilla y León	512	88	600	18.197	997	19.194	19.794
Castilla La Mancha	267	124	391	7.380	546	7.926	8.317
Otras	301	33	334	4.926	206	5.132	5.466
Total España	6.221	1.086	7.307	114.991	6.232	121.223	128.530

Fuente: adaptado de Olvera, 2008.

En datos de Olvera (2008), dentro de la Comunidad Autónoma Andaluza, por provincias, Córdoba (34 %), Sevilla (23 %) y Huelva (22 %) concentran, conjuntamente, el 79 % de los 43.741 reproductores de Cerdo Ibérico de Andalucía inscritos en los registros fundacional (F) y definitivo (D) del Libro Genealógico. En tanto que el resto queda localizado en Málaga (13 %), Cádiz (6 %) y Granada (2 %).

En relación a las instalaciones del sector transformador de productos del Cerdo Ibérico, se localizan principalmente en tres importantes núcleos: Guijuelo en Salamanca, la Sierra de Aracena y Picos de Aroche en Huelva, y Extremadura. Podríamos destacar un cuarto núcleo de cierta importancia constituido por determinadas localidades de la comarca cordobesa de Los Pedroches. Uno de los mayores problemas de este sector es el tamaño empresarial, generalmente reducido, vinculado al tradicional carácter artesanal de estas producciones; si bien el panorama está cambiando con la entrada de nuevos operadores atraídos por la superior rentabilidad del Cerdo Ibérico.

Actualmente, la comercialización de los productos del Cerdo Ibérico, entre los que destacan, en cifras del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino (MARM, 2012), las casi 13 millones de piezas entre jamones (4.637.404), paletas (4.757.953) y cañas de lomo (3.505.815), viene marcada por dos hechos fundamentales. Por un lado está la existencia de cuatro Denominaciones de Origen Protegidas para jamones y paletas (DOP Guijuelo, DOP Dehesa de Extremadura, DOP Jamón de Huelva y DOP Los Pedroches), y por otro lado la entrada en vigor en noviembre de 2007 de la Norma de Calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos (R.D. 1469/2007 de 2 de noviembre). Esta Norma de Calidad, que deroga a la anterior (R.D. 1083/2001, de 5 de octubre), admite como su predecesora la producción de Ibérico mediante cruzamiento con la raza Duroc, y regula por vez primera la producción de carne para consumo en fresco de Cerdo Ibérico, cifrada en 2010 en aproximadamente 23.206 Tm (MARM, 2012), lo que supone una mínima parte del total de carne de porcino producido en nuestro país, estimado por las fuentes

oficiales en 3,48 millones de Tm (MARM, 2009). Como ya se ha mencionado, la Norma de Calidad del Ibérico será tratada ampliamente en la revisión bibliográfica.

Por su parte, los Consejos Reguladores de las Denominaciones de Origen Protegidas (C.R.D.O.P.) establecen para sus asociados requisitos más exigentes en cuanto a los factores raza, alimentación y manejo que los impuestos por la propia Norma de Calidad (Clemente, 2006). Esto motiva que, del total de jamones y paletas de Ibérico comercializados anualmente, las DOP marquen tan sólo una mínima parte que no llega al 10 % de la producción (MAPA, 2003). De hecho, en datos de Cruz (2009b), en el año 2008 se certificaron dentro de la Norma de Calidad un total de 4.171.045 cerdos Ibéricos e Ibéricos Puros frente a los 546.635 cerdos ibéricos marcados por las Denominaciones de Origen Protegidas de Ibérico, de los que el 78 % fueron controlados por la D.O.P. Guijuelo. Para ese mismo año, el volumen de jamones comercializados a través de las D.O.P. de Ibérico (371.853 jamones) supuso el 8,07 % de los 4.610.112 jamones certificados como ibéricos y aproximadamente un 0,90 % del total de jamones curados elaborados en España (Cruz, 2009b). Esta situación se debe en gran medida a la tendencia observada en el subsector desde hace unos años, con aumento exponencial de las explotaciones intensivas que crían el denominado cruce industrial de Cerdo Ibérico con Duroc al 50 %, con terminación en cebadero a base de pienso compuesto, quedando el producto final fuera de los requisitos de calidad que exigen las DOP. Tan sólo hay que recordar que el informe Excelpork™ 2007 (AFI, 2007) revelaba que, en 2007, más del 60% de las explotaciones intensivas de porcino blanco de España barajaban la posibilidad de su conversión en explotaciones intensivas de Ibérico explotando el cruce con Duroc.

Por otra parte, la obtención de los productos de mayor calidad, fruto del engorde final de cerdos ibéricos puros en montanera y calificados comercialmente como de bellota y de recebo, está limitada por la superficie de quercíneas en aprovechamiento de dehesa, estimándose en 2,3 – 2,4 millones las hectáreas adehesadas aprovechables por el Cerdo Ibérico en nuestro País (Costa *et al.*, 2006). Esta superficie de dehesa es difícil de incrementarse a corto-medio plazo y además padece de manera severa en determinadas áreas el azote de “la seca” (proceso de etiología aún poco conocida que conlleva una progresiva defoliación de árboles del género *Quercus*, principalmente encinas y quejigos, y que culmina con la muerte del ejemplar en poco tiempo).

En cuanto al mercado exterior, debemos mencionar que el producto estrella del Cerdo Ibérico, el jamón, tiene *a priori* la gran ventaja de no contar con apenas competencia a nivel internacional, ya que los jamones que se elaboran en Europa no se asemejan en general al jamón Ibérico (IBERGOUR, 2008). Básicamente sólo existen dos jamones con características parecidas a las del jamón ibérico. Por un lado el jamón portugués denominado “presunto”, que se obtiene de la denominada raza Alentejana tras largos periodos de curado, y que cuenta con una DOP (“DOP Presunto de Barrancos”). El término “Raza Alentejana” no es más que la

denominación con la que en Portugal designan a los cerdos ibéricos autóctonos del área del Alentejo, por lo que estaríamos ante un producto muy similar al jamón Ibérico español. El otro jamón que se aproxima al Ibérico es el francés “Jambon Noir de Bigorre” de la región de Midi Pyrénées, que se obtiene tras un periodo de curación prolongado a partir de cerdos de la raza Negro Gascón, emparentada con nuestro Ibérico. Por tanto, el subsector del Ibérico tiene en el mercado exterior un importante reto lleno de grandes oportunidades. Hoy día, son países comunitarios los destinos principales de las exportaciones de productos del Cerdo Ibérico. Sin embargo, va en aumento el comercio con terceros países (Antelo, 2005), destacando EEUU, Canadá y Méjico, para productos curados, y Rusia para tocino. Cabe mencionar igualmente el mercado japonés, que poco a poco va convirtiéndose en uno de los principales importadores de productos del Cerdo Ibérico, y China, que se erige como un importante mercado para nuestros productos a corto y medio plazo.

No obstante, la exportación a terceros países está encontrando obstáculos de tipo técnicos, burocráticos y sanitarios. En este último aspecto, la prevalencia de la enfermedad de Aujeszky en determinadas comarcas españolas puede condicionar en gran medida este comercio exterior (MAPA, 2003).

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La preocupación por la conservación de la rica diversidad intrarracial del Cerdo Ibérico ha motivado recientemente la aprobación, por parte del Comité de Razas de la Subdirección General de Medios de Producción Ganaderos (Dirección General de Ganadería del anterior Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), de un reconocimiento diferenciado de las cuatro principales estirpes tradicionalmente aceptadas dentro del Cerdo Ibérico, dos con carácter de fomento (Entrepelado y Retinto) y dos con carácter de protección especial (Negro Lampiño y Torbiscal), tanto dentro del Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (Orden APA/53/2007, de 17 de enero) como en la propia reglamentación del Libro Genealógico de la Raza (Orden APA/3376/2007, de 12 de noviembre). Correspondió al grupo de investigación MERAGEM AGR-158 la elaboración, a petición de AECERIBER, del “Informe sobre las bases científicas de la diferenciación de las principales estirpes de Cerdo Ibérico”, el cual fue incluido dentro de la documentación que la Asociación presentó a dicho comité. En este informe se demostraba la existencia de la diversidad genética interna del Cerdo Ibérico, y se avalaba la necesidad de un reconocimiento diferenciado de las principales estirpes dentro del Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España y dentro, igualmente, de la reglamentación específica del Libro Genealógico de la Raza, como requisito previo ineludible a cualquier esfuerzo por preservar su riqueza genética interna, gravemente erosionada por la concentración de la producción en individuos Retintos y sus cruces con otras estirpes, debido a sus cualidades productivas, lo que ha relegado al resto de variedades del Cerdo Ibérico a una situación real de peligro de extinción que ya se ha consumado para el caso concreto de las variedades rubias.

Tradicionalmente, la diferenciación de esta diversidad intrarracial en el Cerdo Ibérico se ha fundamentado en caracteres morfológicos, fanerópticos, productivos y reproductivos (Clemente *et al.*, 2008a), sumándose en los últimos años la caracterización genética mediante marcadores moleculares del ADN (Clemente *et al.*, 2008b). Cabe esperar que las diferencias genéticas entre estirpes determinen también diferencias a nivel fisiológico, y éstas, a su vez, sean las responsables de distintos parámetros fisicoquímicos de la carne de estas estirpes, encuadrados dentro de los descriptores de la calidad cárnica responsables de los atributos organolépticos, y que podrían servir también como una herramienta más de caracterización de esta diversidad genética, como ya ha sido demostrado en el caso particular del músculo *longissimus dorsi* (Muriel *et al.*, 2004).

Por otra parte, la Norma de Calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre), que deroga a la anterior Norma de Calidad para productos del Cerdo Ibérico (R.D. 1083/2001, de 5 de octubre, y posteriores modificaciones), junto a las denominadas “piezas nobles curadas” del Cerdo Ibérico (jamón, paleta y caña de lomo), regula por vez primera la canal completa para consumo en fresco, con especial atención a determinadas piezas cárnicas de alto valor comercial cuya demanda ha ido en aumento en los últimos años (“solomillo”, “secreto”, “presa”, “pluma”, etc) y que, según estimaciones propias a

partir de las 23.205,94 Tm de carne de Ibérico certificadas en 2010 (MARM, 2012), supone un volumen económico de aproximadamente 185 millones de euros al año. Del mismo modo, esta Norma de Calidad establece los requisitos mínimos exigibles para que un producto pueda ser comercializado como “de Ibérico”, admitiéndose en el caso del factor racial hasta el 50% de sangre Duroc siempre que proceda por vía paterna.

Por tanto, teniendo en cuenta tanto el reconocimiento oficial diferenciado de las cuatro estirpes referidas, como la inclusión de las piezas cárnicas para consumo en fresco en la nueva Norma de Calidad, se planteó el estudio de las cualidades particulares de la pieza cárnica de mayor valor comercial, el solomillo (*illiopsoas* y *psoas menor*), en las cuatro estirpes reconocidas dentro del Libro Genealógico y del Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, como criterio de caracterización de estas estirpes y de sus productos. Este estudio puede sentar las bases de una posible comercialización diferenciada de dichos productos y, al mismo tiempo, valorar la posible inclusión de estas cualidades particulares como nuevos criterios de selección en el Esquema de Selección de la Raza.

Por ello, la presente Tesis pretende profundizar en la caracterización de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico reconocidas oficialmente tanto en el Libro Genealógico como en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (*Negro Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal*), desde el punto de vista de las diferencias cuantitativas y cualitativas de sus productos cárnicos para consumo en fresco (a partir del solomillo, pieza fresca de mayor valor comercial), para contribuir al reconocimiento de las características diferenciales de sus producciones, que propicie la viabilidad económica de la explotación en pureza de estas estirpes, hoy día en grave riesgo de desaparecer absorbidas por el cruce con otras estirpes más productivas y por la generalización de la producción de Ibérico mediante el cruzamiento con la raza Duroc-Jersey.

Para ello, se han definido los siguientes objetivos:

1. Caracterizar genéticamente las estirpes objeto de estudio (Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal) y comprobar la correcta adscripción genética de cada animal a la estirpe *a priori* asignada.
2. Estudiar las características de la canal y del rendimiento de solomillos de las cuatro estirpes y estudiar la influencia sobre estos caracteres del cruzamiento con Duroc-Jersey al 50 %.
3. Caracterizar las cuatro estirpes referidas desde el punto de vista de las características fisicoquímicas que definen la calidad cárnica del solomillo.
4. Comprobar cómo afecta a las características fisicoquímicas de la carne de los solomillos el cruce con Duroc-Jersey al 50 % dentro de la Norma de Calidad.
5. Estudiar la posibilidad de una diferenciación de las producciones de las estirpes minoritarias en peligro de extinción, en base a cualidades diferenciadoras responsables de “calidades distintas”, como vía de revalorización de sus producciones que posibilite así una recuperación de sus censos.

***REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA***

3.1. ORIGEN DE LOS SUIDEOS. TRONCOS PORCINOS PRIMITIVOS

La superfamilia Suoidea agrupa a las familias Palaeochoeridae, Dicotylidae (Tayassuidae) y Suidae. Los primeros representantes de esta superfamilia, en concreto Dicotylidae, aparecerían por vez primera, con certeza, en América en el límite Eoceno-Oligoceno, hace 33,4 millones de años (Ma) (Wright, 1998). En cuanto al primer representante de la familia Suidae (Hyotheriinae), vería la luz en el Mioceno Inferior (MN1), hace aproximadamente 23 Ma, en Europa, según atestiguan los restos fósiles encontrados en Aarberg (Suiza) (Made, 1990), desde donde se irradiaría hacia otras áreas. Por su parte, la subfamilia *Suinae* ya está presente al final del Mioceno Medio (Harris y Li-Ping, 2007), hace unos 14 Ma. Sin embargo, no será hasta la transición entre el Mioceno Superior y el Plioceno, aproximadamente hace 5 Ma, cuando vea la luz el primer representante del género *Sus* (Made, 1990; Randi *et al.*, 1996), *S. arvernensis*, (Made *et al.*, 2006), y habrá que esperar al Pleistoceno Inferior, ya en la época Cuaternaria, para tener constancia de la existencia de los primeros cerdos (*Sus scrofa*). Éstos, gracias a las fluctuaciones en el nivel del mar (Lucchini *et al.*, 2005), alcanzarían el continente asiático procedentes de las islas del sudeste de Asia (Java, Sumatra, Borneo, etc.), dispersándose, llegando a Europa (Chen *et al.*, 2007) y colonizando el área circunmediterránea junto con otros nuevos mamíferos surgidos durante la transición Villafranquiense-Galeriense, coincidiendo con el subcron Jaramillo (Made y Mazo, 2001), hace aproximadamente 1 Ma (Made, 2001), durante el Pleistoceno Inferior, y que supuso una importante renovación de la fauna (Alberdi *et al.*, 1997). La presencia de *Sus scrofa* en la Península se señala poco después gracias a los registros fósiles encontrados en el nivel TD6 de Gran Dolina (Made, 1999), en la Sierra de Atapuerca (Burgos), fechándose dicho nivel en 0,85 – 0,78 Ma (Falgueres *et al.*, 1999), en la transición entre Pleistoceno Inferior y Medio. Estos restos encontrados en Atapuerca son los más antiguos hallados en Europa junto con los de Dorn Dürkheim (Alemania), que se fechan para la misma época (Franzen *et al.*, 2000).

Recientes estudios filogenéticos basados en el polimorfismo del ADN mitocondrial, llevados a cabo con razas porcinas y jabalíes salvajes, tanto de Europa como de Asia, evidencian diferencias genéticas claras entre las líneas maternas de las poblaciones porcinas europeas y asiáticas, señalándose el momento de divergencia entre ambos grupos en aproximadamente 0,9 millones de años atrás (Kijas y Andersson, 2001; Fang y Andersson, 2006) y que otros autores rebajan a 0,6 (Alves *et al.*, 2003) o incluso 0,5 millones de años (Giuffra *et al.*, 2000; Mona *et al.*, 2007). Diversos investigadores, en función de los resultados obtenidos empleando ADN mitocondrial, llegan a situar en las ISEA como Java, Borneo o Sumatra el origen del *Sus scrofa*, que acabaría expandiéndose por Eurasia (figura 6) y que daría lugar a los cerdos domésticos (Larson *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2007; Mona *et al.*, 2007).

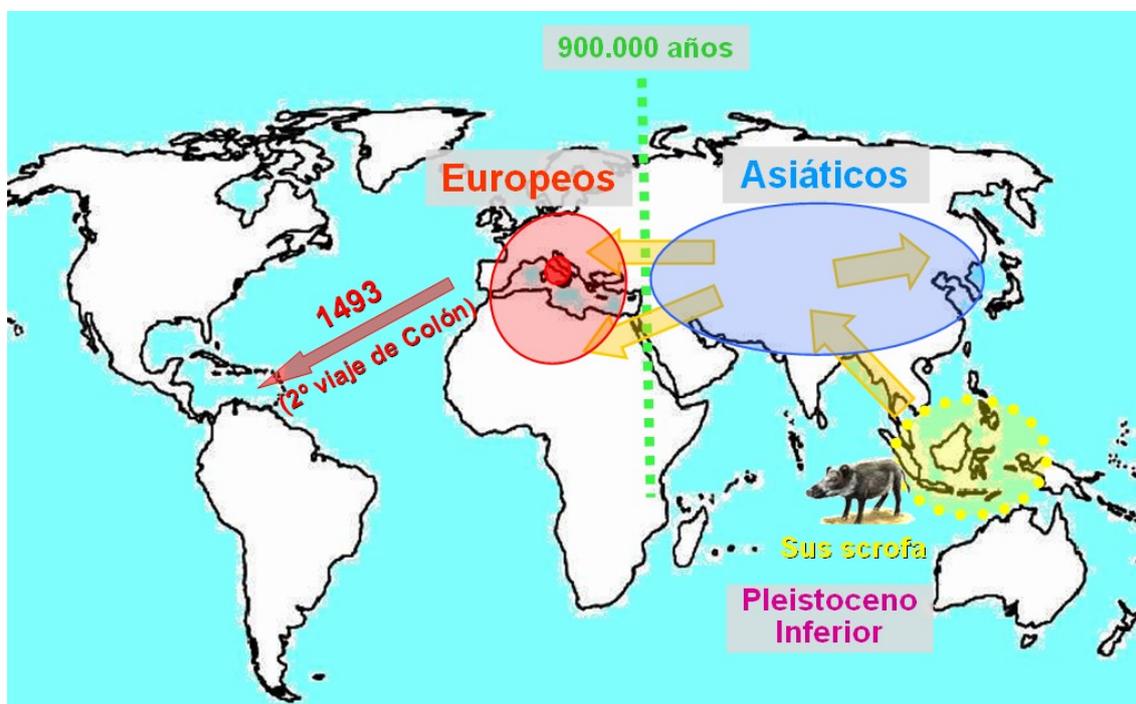


Figura 6. Origen y expansión del *Sus scrofa* (a partir de los estudios de ADN mitocondrial).

Cabe destacar que en recientes estudios, igualmente con ADN mitocondrial, se establece la existencia de un tercer grupo de suidos representado exclusivamente por un tipo de jabalí italiano, que junto con las poblaciones asiáticas y europeas, constituirían los troncos porcinos primitivos que habrían divergido del *Sus scrofa* originario (figura 7). Generalmente estas tres poblaciones son designadas por sus haplotipos: A (asiáticos), E1 (europeos) y E2 (jabalí italiano), estimándose en 0,9 Ma la divergencia entre A y E1, en 0,67 Ma entre E1 y E2, y en 0,8 Ma entre A y E2 (Kijas y Andersson, 2001).

El haplotipo A se encuentra en la actualidad tanto en los jabalíes y razas porcinas asiáticas adscritas al *Sus scrofa* como en las razas porcinas europeas que se cruzaron con las asiáticas, principalmente razas chinas, en los siglos XVIII y XIX (Jones, 1998). El haplotipo E1 se encuentra en los jabalíes y razas porcinas europeas, incluyendo el Cerdo Ibérico en el que, a diferencia de la raza Negro Canario, no se ha detectado introgresión de sangre asiática (con la excepción de la estirpe Manchado de Jabugo) (Fang y Andersson, 2006). Por su parte, el haplotipo E2, exclusivo de un tipo de jabalí italiano, podría representar parte de la diversidad genética preglacial que habría perdurado a lo largo del tiempo merced al aislamiento físico de la península italiana por Los Alpes (Scandura *et al.*, 2008). Al respecto, debemos mencionar que en la última glaciación, hace 23.000 – 16.000 años, Iberia,

los Balcanes e Italia quedaron aisladas como refugios glaciales para la fauna, sirviendo tras la glaciación de centros de origen de la recolonización de Europa. Sin embargo, el aislamiento físico que conlleva la cordillera de Los Alpes habría limitado la expansión faunística desde Italia tras la glaciación (Hewitt, 2000). No obstante, Larson *et al.* (2007) ha encontrado evidencias de la presencia del haplotipo E2 en la actual Croacia hace 11.000 años, lo que se explicaría porque el descenso del nivel del mar, en este caso del norte del Adriático, durante la última glaciación, habría conformado un corredor que uniría las actuales Italia y Croacia.

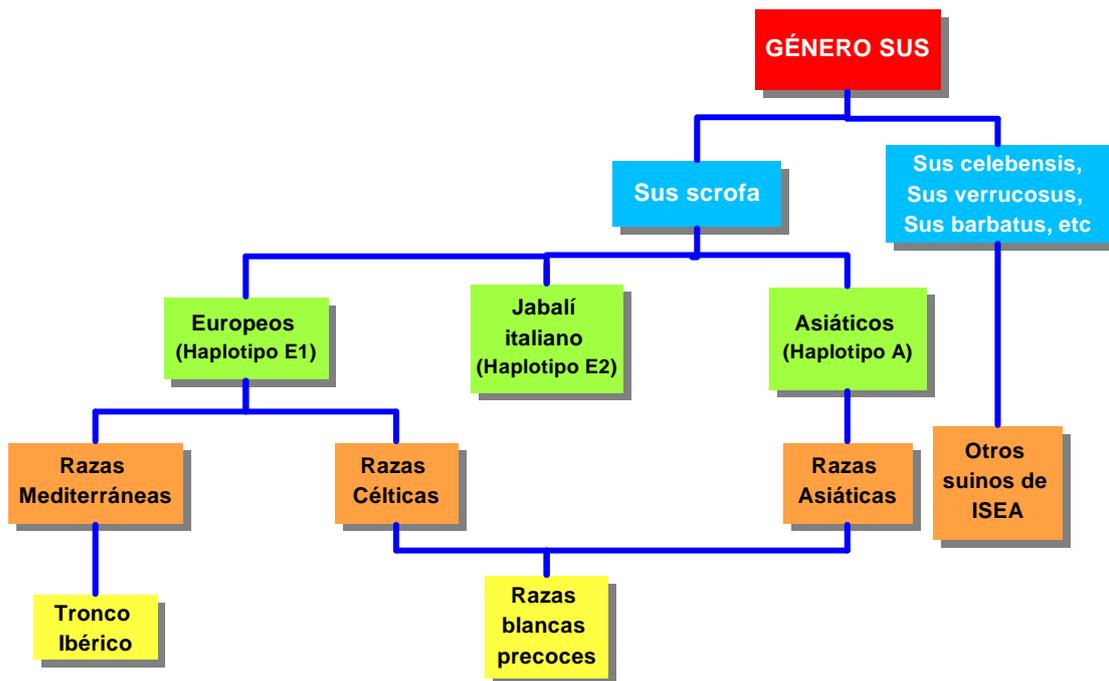


Figura 7. Troncos porcinos del género *Sus* (a partir de los estudios de ADN mitocondrial).

3.2. LA DOMESTICACIÓN Y LA FORMACIÓN DE LOS TRONCOS PORCINOS ACTUALES DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

En cuanto a la domesticación, proceso que para el porcino empezaría hace aproximadamente unos 9.000 años (Kijas y Andersson, 2001), los estudios con ADN mitocondrial han aportado nuevos datos que demuestran la existencia de al menos seis diferentes áreas de domesticación de cerdos a lo largo de Europa y Asia (Larson *et al.*, 2005). No obstante, los últimos hallazgos (Larson *et al.*, 2007) revelan que los primeros cerdos domesticados de Europa (11.000 – 5.500 a.C.) fueron introducidos ya domesticados desde Oriente Próximo, motivando seguidamente la domesticación de jabalíes autóctonos europeos que rápidamente sustituyeron a estas primeras poblaciones domesticadas con origen asiático. Por tanto, parece deducirse que el origen y expansión de la domesticación de los porcinos es un proceso que combina dos hechos fundamentales, por un lado la difusión en un primer momento de animales domesticados acompañando las migraciones del hombre del neolítico, y por otro lado el aprendizaje de las técnicas que dieron lugar a la domesticación de los jabalíes autóctonos de cada región, sustituyendo rápidamente a las poblaciones foráneas domesticadas.

Durante la transición del Mesolítico al Neolítico en la Península, que supuso el desarrollo de núcleos humanos que practicaban la agricultura y una rudimentaria ganadería con especial aprovechamiento de los recursos naturales, coexisten en el sur y este peninsular grupos humanos cuya base económica sigue siendo la caza y recolección, encuadrados en el Epipaleolítico, que a través de extraordinarias pinturas rupestres pertenecientes al llamado “arte levantino” (7.000 – 4.000 a.C.) han dejado constancia de la importancia que para ellos tenía la caza de jabalíes (foto 1).



Foto 1. Pintura rupestre de arte Levantino del yacimiento de la Peña del Escrito, Villar del Humo (Cuenca).
Fuente: www.españaescultura.es

Por su parte, en la hoy conocida como área tradicional del Cerdo Ibérico, hay constancia de la presencia de este animal plenamente domesticado en la subsiguiente Edad de Cobre, como evidencian los restos encontrados en los yacimientos calcolíticos de la localidad de Fuente de Cantos, en Badajoz (Laguna, 1999), y que es corroborado por recientes estudios con ADN mitocondrial (Larson *et*

al., 2007) que atestiguan la domesticación de jabalíes autóctonos en el suroeste peninsular en la Edad de Cobre y en la Edad de Bronce, entre el 3.900 y el 700 a.C.

Posteriormente, durante la Edad de Hierro, grupos protoceltas de Centroeuropa, caracterizados por la práctica del pastoreo y el cultivo de cereales, establecen relaciones comerciales con las poblaciones autóctonas de la Península Ibérica influenciándolas culturalmente. Hacia el 700 a.C. adquieren importancia los berones y pelendones. Sefes, lugones y vettones lo harán en torno al 600 a.C., y hacia el 500 a.C. serán los belgas o galos los que exporten su cultura a la Península. Como pruebas de la influencia cultural de estos pueblos celtas en las poblaciones autóctonas de la Península, asentados en las áreas que escapaban al control de los íberos, nos han quedado un sinfín de esculturas zoomórficas de piedra granítica (foto 2) que principalmente representan cerdos y bóvidos, irregularmente diseminadas por el área entonces ocupada por las poblaciones célticas de los vettones, vacceos y carpetanos, en las actuales provincias de Ávila, Segovia, Salamanca, Zamora, Cáceres y Toledo, llegando hasta las comarcas portuguesas de Trás os Montes y Beira Alta. (Laguna, 1999).

No están claras las funciones que podrían desempeñar estas figuras, apuntándose varias hipótesis como que eran elementos a los que atribuían carácter mágico-protector para salvaguardar sus ganados, marcas que delimitaban áreas de pastoreo, señales para indicar las rutas trashumantes, mojones fronterizos o símbolos de fecundidad. Lo cierto y verdad es que el predominio de los bosques de robles en estas áreas de asentamiento de los vettones propició el impulso de la crianza de cerdos y la caza de jabalíes (Fotoaleph, 2007). Siendo éstos pueblos celtas, cabe esperar que hubieran traído consigo en sus migraciones, desde Centroeuropa, ganado porcino del tronco céltico. Al respecto, debemos mencionar que en Europa, tradicionalmente, se ha reconocido la existencia de dos troncos porcinos distintos con marcadas diferencias morfológicas: cerdos célticos, asentados en el norte y centro de Europa, y cerdos mediterráneos, localizados en la cuenca del Mediterráneo, denominados por Sanson (1901) como *Sus celticus* y *Sus ibericus*, respectivamente, y que junto con los cerdos asiáticos o *Sus asiaticus*, constituirían a juicio del zooetnólogo francés los tres troncos porcinos de los que habrían derivado todas las razas de cerdos domésticos.



Foto 2. Verraco de Yecla de Yeltes (Salamanca).

El *Sus asiaticus* o Raza Asiática descrito por Sanson (1901), estaría constituido por numerosas variedades, y se caracterizaría por su cabeza braquicéfala, su gran

precocidad y una gran capacidad para depositar grasa. Procedente de lo que hoy es Vietnam, China, India, Japón, Tailandia, etc., habría llegado a principios del siglo XVIII a Francia y Gran Bretaña, donde se cruzaría con razas porcinas locales (Sansón, 1901; Jones, 1998).

Del *Sus celticus* o Raza Céltica, Sansón (1901) destacaba la dolicocefalia de su cabeza, su gran tamaño, su aptitud cárnica, una elevada prolificidad y la presencia de ocho o nueve pares de mamas. Esta raza, cuyo origen situaba en Francia, se habría difundido por Europa merced a los desplazamientos de los galos, pudiendo encontrarse desde Europa Occidental hasta Rusia. Dentro de esta raza podrían distinguirse diferentes variedades como la Craonesa, la Mancella, la Normanda, la Bretona y demás subpoblaciones minoritarias presentes en Bélgica, Luxemburgo, Alemania, Dinamarca, Rusia, Italia, etc.

En cuanto al *Sus ibericus* o Raza Ibérica, Sansón la describía como de cabeza dolicocefálica, cuerpo cilíndrico de tamaño intermedio entre las razas Céltica y la Asiática, de piel oscura, temperamento vigoroso y rústico, de menor prolificidad que la raza Céltica, y generalmente con cinco pares de mamas. El zootecnista galo destacaba sus jamones “muy apreciados” y el gran sabor de sus carnes. Asimismo, dentro de esta Raza Ibérica incluía un total de diecinueve variedades del área mediterránea que recibían diferentes nombres inherentes al área geográfica donde se explotaban: Napolitana, Toscana, Griega, Maltesa, Austro-Húngara, Rusa, Bresana, Suiza, de Lorraine, de Quercy, de Perigord, Limusina, Gascona, de Languedoc, de Rosellón, de Provenza, de Bernais, y por supuesto las variedades Española y Portuguesa, de las que Sansón afirmaba que no mostraban diferencias con las italianas más que en el nombre y la nacionalidad. Para el zootecnista galo, el origen de estos animales que integraba dentro del “*Sus ibericus*” estaría en la Península Ibérica, y se habrían extendidos por la cuenca mediterránea con los desplazamientos migratorios de los iberos, no encontrándose en aquellos países de este área donde imperaban los preceptos del Corán (Sansón, 1901).

Tal y como ocurría en Europa, tradicionalmente, dentro de la Península Ibérica, también se ha reconocido la existencia de los dos troncos porcinos europeos, cerdos célticos y cerdos mediterráneos (*Sus celticus* y *Sus ibericus*, de Sansón), asentados en diferentes áreas (figura 8). Los cerdos célticos, que habrían alcanzado la Península Ibérica a través de Los Pirineos con la llegada de la influencia cultural de los pueblos celtas, quedarían asentados en el tercio norte peninsular, originando razas célticas hoy día



Figura 8. Distribución de los troncos porcinos en la Península Ibérica.

prácticamente todas desaparecidas, como el Cerdo Celta, el Gochu Asturiano, la raza Alavesa, el cerdo de Aliste, el Molinés, la raza Baztanesa, el cerdo de Vic, el Bisaro portugués, etc. Por su parte, los cerdos mediterráneos, del que derivarían algunas de las actuales razas francesas e italianas, se localizarían en las áreas de bosque mediterráneo peninsular y en el Archipiélago Balear, originando las actuales razas españolas que integran el Tronco Ibérico: Cerdo Ibérico y Cerdo Negro Mallorquín (Clemente *et al.*, 2006).

Por tanto, el origen del Cerdo Ibérico pudiera estar en la interacción (genotipo-ambiente) del cerdo de tipo mediterráneo con el ecosistema de bosque mediterráneo peninsular, caracterizado por especies arbóreas del género *Quercus*, principalmente encinas y alcornoques, surgiendo así el **binomio cerdo ibérico-bellota** (Clemente *et al.*, 2006). Este bosque mediterráneo es la base ecológica de las actuales dehesas con las que el Cerdo Ibérico en extensivo guarda una relación *cuasi* simbiótica.

3.3. LAS RAZAS PORCINAS AUTÓCTONAS DE ESPAÑA Y PORTUGAL. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE SU RECONOCIMIENTO

Las razas porcinas autóctonas que históricamente han sido reconocidas tanto en la Península Ibérica como en nuestros territorios insulares, se adscribían, en general, a los dos troncos porcinos, céltico y mediterráneo, que a lo largo de la historia se asentaron en nuestras latitudes (Clemente *et al.*, 2006). No obstante, algunas de ellas recibieron influencias foráneas mediante cruzamientos con razas europeas con introgresión a su vez de razas asiáticas, lo que determinó sus caracteres finales, pudiendo citarse las razas Chato Vitoriano, Chato Murciano y Cerdo Negro Canario.

Como ya se ha mencionado, el zootecnista francés André Sanson, en su *Tratado de Zootecnia* de 1901, estructuró los diferentes tipos de cerdos domésticos en tres troncos principales que denominó razas: Raza Asiática (*Sus asiaticus*), Raza Céltica (*Sus celticus*) y Raza Ibérica (*Sus ibericus*).

Hasta que el término acuñado por Sanson de *Sus ibericus* o Raza Ibérica fue comúnmente aceptado por los zootecnistas españoles, en la Península, los diferentes porcinos de tipo mediterráneo que podían encontrarse recibían distintas denominaciones que variaban de unas zonas a otras y que podían aludir a sus características fanerópticas, a su origen, o a ambos. Por tanto, no resultaba raro escuchar nombres tan dispares como “raza del País”, “raza negra del País”, “raza colorada o portuguesa”, “raza extremeña”, “raza andaluza”, “raza negra del mediterráneo”, etc. (Laguna, 1998a) para aludir a los tipos porcinos que estarían agrupados bajo el término de *Sus ibericus* de Sanson.

A este respecto, Buenaventura Aragón, en su obra *Cría Lucrativa del Cerdo* (Aragón, 1902), editada en 1902, se hace eco de las diferentes clasificaciones científicas aportadas por distintos autores, destacando la que Sansón (1901) expone un año antes con sus tres razas (Asiática, Céltica e Ibérica), pero lejos de tomarlas como referencia para su obra, recurre a las denominaciones populares de las “castas de cerdos” que tradicionalmente se criaban en España. De entre éstas, destacaba:

La “casta extremeña” o “casta negrilla extremeña”, cuyos individuos eran popularmente conocidos como “negrillos”. Aragón (1902) señalaba que esta casta, cuyo censo se cifraba en unos 500.000 animales, pertenecía a la Raza Ibérica. Asimismo indicaba que estos cerdos se criaban en Badajoz y Cáceres, engordándose en montanera a base de raíces y bellotas, aunque también se diseminaban para su cebo por las dos Castillas.

La “casta salamanquina”, que también se adscribía a la Raza Ibérica, guardaba bastantes afinidades con la “casta extremeña”, a juicio de Aragón (1902).

La “casta manchega”, que a juicio de Aragón (1902) era parecida a la “casta salamanquina” y por tanto perteneciente a la Raza Ibérica, no gozaba del aprecio de los cerdos de Extremadura y Salamanca debido, a juicio del autor, al manejo que le procuraban los ganaderos que alternaban montanera con estabulación. Las canales de estos animales surtían los mercados de Madrid y Andalucía.

La “variedad Simarreña”, criada en la comarca de El Simarro de Cuenca, estaba constituida por cerdos negros o cinchados, muy altos y largos, muy magros, y de los que, Aragón (1902), destacaba su gran prolificidad.

En cuanto a la “casta cordobesa”, igualmente perteneciente a la Raza Ibérica y extendida por toda Andalucía aunque de manera principal por la parte occidental de la región, Aragón, para su obra, tomaba la descripción que de ésta aportaba Tablada (1864) y así la describía como constituida por cerdos negros, de cuerpo largo, de extremidades cortas, con poco pelo, provistos de gran papada, más precoces que los extremeños, y que por sus caracteres perfeccionados debería de servir para mejorar el resto de castas por cruzamiento.

La “casta castellana”, poco extendida y que, mencionaba Aragón (1902), iba desapareciendo a favor de otras de mayor rendimiento, difería notablemente de las anteriores por su menor tamaño, pelo corto muy claro en algunos individuos, línea dorsolumbar convexa, y en general se trataba de un animal poco adecuado para el cebo.

Con los nombres de “casta gallega” y “casta asturiana”, a juicio de Aragón (1902), se habrían diferenciado impropriamente los cerdos procedentes de Caldelas en Galicia y Avilés en Asturias, y que en realidad constituían un mismo grupo. Eran animales de orejas anchas muy pendientes, de cabeza ancha y hocico deprimido, con cuerpo notablemente prolongado terminando en un tercio posterior muy desarrollado, de extremidades largas, cuyos magros eran muy apreciados y sus jamones eran dulces.

La “casta balear”, que se adscribía igualmente a la Raza Ibérica, era una de las más desarrolladas y de mejores cualidades de entre las presentes en España, con cuerpo largo y alto y extremidades cortas. Sumamente dócil, era muy adecuada para el cebo. Su cabeza era corta y puntiaguda, de orejas largas, anchas y caídas sobre los ojos. Presentaba en la papada generalmente dos mamelones (mamellas). En su obra, Aragón (1902) señalaba que anualmente se exportaban a la Península más de 50.000 de estos cerdos para abastecer los mercados principalmente de Barcelona y el Levante.

Sin embargo, tras los trabajos de Sanson (1901) es de común aceptación, por los principales zootecnistas, su esquematización de los troncos porcinos en raza Asiática (*Sus asiaticus*), raza Céltica (*Sus celticus*) y raza Ibérica (*Sus ibericus*). No obstante, en el *Concurso Nacional de Ganados y Maquinarias* celebrado en Madrid en mayo de 1908 (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1908), los cerdos autóctonos españoles concurren bajo las denominaciones de “raza extremeña” (sección 1ª), “raza andaluza o portuguesa” (sección 2ª), “raza gallega o asturiana” (sección 3ª), “raza mallorquina y raza alavesa” (sección 4ª). Y no será hasta la siguiente década cuando, gracias a la memoria del *III Concurso Nacional de Ganados* celebrado en Madrid en 1913 (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1914), podemos atestiguar como ya entonces estaba aceptado en nuestro País la división de los porcinos en las tres razas señaladas por Sansón, si bien se especifica que serían las razas primitivas de las que, por cruzamiento entre ellas, se habrían obtenido multitud de variedades y grupos. Así, los animales pertenecientes al tipo Ibérico se distribuyeron en las “raza negra extremeña” (sección 1ª), “raza colorada, andaluza o portuguesa” (sección 2ª) y “raza mallorquina o balear” (sección 5ª). En tanto que quedaban fuera de este tipo Ibérico la “raza celta” (sección 3ª), dentro de la que entraban los animales de las agrupaciones gallega, asturiana, etc., de tipo céltico, y la “raza alavesa o vitoriana” (sección 4ª), cuyo origen estaba en el cruce entre la raza Yorkshire con la del País (de tipo céltico). Asimismo, tenía cabida en este concurso otra sección (sección 6ª) en la que entrarían cerdos de razas españolas no incluidas en alguna de las otras secciones, incluyéndose en este grupo los cerdos de Jabugo, que no se adscribían ni al tipo Ibérico ni al céltico, y que eran calificados de mestizos en cuyo origen habrían participado razas foráneas, Berkshire principalmente, resultando en unos animales cuyas buenas cualidades eran famosas (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1914).

La estructuración de los porcinos empleada en el *Concurso Nacional de Ganados* de 1913 perdura en el siguiente certamen, el *IV Concurso Nacional de Ganados*, celebrado en Madrid en 1922, señalándose no obstante en su memoria la necesidad de cara a futuros certámenes de crear una sección específica para los individuos negro con pelo de tipo Ibérico, cuyo origen estaría en el cruce de los negro con los colorados (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1923). Igualmente, en la memoria de este certamen se atestigua la creciente desaparición de los tipos célticos del norte peninsular absorbidos por los cruces con razas foráneas mejoradas como Yorkshire, Craonesa, Alderney y Berkshire. A este respecto, se señala que el gran resultado que supone la raza Alavesa o Vitoriana, que conjuga las características del tipo céltico autóctono con las cualidades del York, tiene mucho que ver en que estén desapareciendo los célticos autóctonos por la preferencia de los ganaderos e industriales de su área tradicional por estos animales con sangre Yorkshire. La fama de estos cruces con razas foráneas llegó incluso a Murcia, donde los tipos locales fueron sustituyéndose por mestizos con más o menos influencia de sangre Yorkshire o Berkshire, alcanzado gran aceptación (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1923).

Pocos años después, en el *V Concurso Nacional de Ganados e Industrias Derivadas*, celebrado en Madrid en mayo de 1926, y organizado por la Asociación General de Ganaderos del Reino, los porcinos autóctonos españoles, de los troncos Ibérico y Céltico, se diferenciaban en las denominadas “raza negra extremeña lampiña” (sección 1ª), “raza extremeña entrepelada”, que ya concursaba con sección propia (sección 2ª), “raza colorada, andaluza o portuguesa” (sección 3ª), “raza celta, gallega, asturiana” (sección 5ª), “raza alavesa o vitoriana” (sección 6ª), “raza balear o mallorquina” (sección 7ª) y “variedad manchada de la zona de Jabugo” (sección 9ª) (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1926). Esta misma estructuración es la que se repite en el *VI Concurso Nacional de Ganados e Industrias Derivadas de 1930*, en el que, por desgracia, no concurren animales de la raza Celta (sección 5ª) quedando su sección desierta (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1930 y 1931).

Por aquel entonces, Arán (1925?), en su obra *Ganado de Cerda, explotación e industrialización del cerdo*, ya señalaba la casi completa desaparición de los tipos célticos autóctonos peninsulares absorbidos por cruces con razas británicas y francesas importadas, de mejores cualidades, principalmente la raza Yorkshire y en menor medida otras como la Craonesa y la raza Alderney. En cuanto al Ibérico, Arán (1925?) menciona el predominio que va adquiriendo los cerdos colorados sobre los negros, y la importación de verracos portugueses, colorados, en los que podría haber tenido influencia la raza Tamworth. Asimismo, destacaba los mestizos obtenidos tanto en Álava por cruzamientos principalmente con la raza Yorkshire (Raza Alavesa popularmente conocida como “raza modelo”) como en el Valle de Baztán, por cruzamientos con las razas Yorkshire, Craonesa y Alderney. Por otro lado, Arán (1925?) también hacía mención en su obra a los cerdos de Murcia, bien conformados, entre los tipos célticos e ibéricos, y de buena prolificidad, resultado del cruzamiento de cerdas ibéricas con York y Berkshire.

Por su parte, Aparicio Sánchez, en su tratado de *Zootecnia Especial, Etnología Compendiada* de 1944, ampliado notablemente en su cuarta edición de 1960 (Aparicio, 1960), mencionaba a la “raza de Galicia” como único representante del tipo céltico puro en España que aún se podía encontrar en las provincias gallegas, donde, no obstante, también se cruzaba con las razas Large-White y Yorkshire.

En cuanto al tipo Ibérico, Aparicio (1960) destacaba diferentes tipos a los que denominaba razas:

“Raza Negra”, que presentaría dos agrupaciones diferenciadas por caracteres fanerópticos: la raza *Negra Lampiña* y la raza *Negra Entrepelada*, dentro de la que se incluirían a su vez la agrupación Balear.

“Raza Colorada”, que habría sido mejorada con verracos portugueses colorados, mejorados a su vez con la raza Tamworth, pudiendo encontrarse aún sin influencia portuguesa en lo que hoy día es Castilla La Mancha.

“Raza Rubia”, propia de las campiñas de Andalucía, por lo que se la denominaba “Rubia Campiñesa”, y cuya coloración no uniforme podía fluctuar desde el cano o blanquecino hasta el dorado.

“Raza Manchada”, denominada por los ganaderos como “Manchada de Jabugo” al ser propia de la zona de Jabugo en la Sierra de Huelva, y que, en opinión de Aparicio (1960), debía ser el grupo de menor censo de los porcinos de España.

En cuanto a las razas surgidas por cruzamientos, que Aparicio (1960) denominaba “de procedencia heterozigota”, destacaba:

“Raza Asturiana”, que en opinión de Aparicio surgiría de la unión de los tipos ancestrales Céltico e Ibérico, y de la que, sin tanta fijeza de caracteres, también la habría de tipo mestizo por cruzamiento con Large-White.

“Raza Vasco-Navarra”, surgida de los cruzamientos realizados en un primer momento por los propios ganaderos de la zona y seguidos después por los cruzamientos programados, desde organismos oficiales como la Diputación de Álava, entre la raza Céltica del País y razas foráneas como la Craonesa y Yorkshire, principalmente.

“Agrupación Levantina”, que surgiría de la mezcla de sangres entre los cerdos de tipo Ibérico de la Península y Baleares con, principalmente, las razas Yorkshire y Berkshire, aunque también señalaba Aparicio (1960) la posible participación en menor medida del Chato de Vitoria.

Por su parte, la Dirección General de Ganadería del Ministerio de Agricultura (1953), editaba en el año 1953 el *Compendio de Prototipos Raciales Españoles*, en el que, dentro del ganado porcino, diferenciaba las razas: Andaluza Manchada, Andaluza Rubia, Céltica, Extremeña Retinta, Mallorquina, Negra Entrepelada, Negra Lampiña, Vitoriana o Chato de Vitoria.

Escribano (1954), en el *I Congreso Nacional Ganadero*, celebrado en Madrid del 7 al 14 de noviembre de 1954, señalaba que de los 4.331.575 cerdos censados en España en 1953, el 45 % eran Ibéricos, en tanto que los Célticos constituían el 24 % del total. De otro lado, la representación de razas foráneas era meramente testimonial con reducidísimos núcleos a excepción de la raza Large-White. La influencia de estas razas foráneas sobre las autóctonas españolas, hasta el momento, había sido tan escasa que no pasaría de ser simplemente un dato histórico con la salvedad del Chato Vitoriano. Por regiones, con datos del censo de 1940, Andalucía, seguida de

Extremadura y Galicia, concentraban la mitad de los efectivos porcinos de España. Concluía Escribano recomendando los cruces mejorantes de las razas Large-White y Duroc-Jersey con nuestro ganado Céltico e Ibérico, respectivamente, para mejorar sus rendimientos.

Un año antes, 1953, Rafael Díaz Montilla publicaba su obra *Ganado Porcino*, en cuya tercera edición (Díaz, 1965), publicada en 1965, describía y clasificaba las diferentes razas porcinas señalando como razas españolas: la Raza Extremeña Negra Lampiña, la Raza Extremeña Negra Entrepelada, la Raza Andaluza Rubia, la Raza Andaluza Manchada, la Raza Extremeña Retinta, la Raza Asturiana Primitiva, la Raza Mallorquina, la Raza Catalana Primitiva, la Raza Murciana Primitiva, la Raza Gallega, la Raza Vitoriana, la Raza de Baztán y la Raza Murciana. Y como razas portuguesas: la Raza Alentejana y la Bizaro. De ellas, la raza Vitoriana, la de Baztán y la Murciana, tendrían origen en cruzamientos de porcinos locales con razas foráneas.

El *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España*, aprobado por el Real Decreto 1682/1997, de 7 de noviembre, y posteriormente modificado con diversas órdenes ministeriales, recogía como razas porcinas autóctonas de España, las razas: Celta, Gochu Asturcelta, Chato Murciano, Euskal Txerria, Negra Canaria, Negra Mallorquina e Ibérica. De ellas, por sus censos, todas estaban catalogadas como razas de protección especial con la excepción de la raza Ibérica, que era de fomento. Si bien, ésta, una década después, con el reconocimiento diferenciado de cinco de sus estirpes, recibe la calificación de protección especial (en peligro de extinción) para sus variedades Lampiño, Torbiscal y Manchado de Jabugo, en tanto que Retinto y Entrepelado son consideradas de fomento (Orden APA/53/2007, de 17 de enero y Orden APA/3628/2007, de 5 de diciembre), siendo vigentes en la actualidad dichas consideraciones (R.D. 2129/2008, de 26 de diciembre).

Igualmente, debemos señalar que dentro de la última versión del *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España* (R.D. 2129/2008, de 26 de diciembre), como *razas integradas en España*, antaño denominadas *razas españolas* (R.D. 1682/1997, de 7 de noviembre), figuran dentro de la especie porcina las razas Blanco Belga, Duroc, Hampshire, Landrace, Large-White y Pietrain. Éstas, tal y como se recoge en el apartado de definiciones del *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España* (R.D. 2129/2008, de 26 de diciembre), son razas alóctonas “que se han incorporado plenamente al patrimonio ganadero español, con más de veinte años en nuestro país, con genealogía y controles de rendimiento conocidos y que poseen un número de reproductoras censado que permite desarrollar un programa de mejora”.

3.4. EL ORIGEN DEL CERDO IBÉRICO: BREVE RESEÑA DE SU INFLUENCIA CULTURAL E HISTÓRICA

Durante la dominación romana era conocida la crianza de cerdos por las diferentes tribus celtíberas que poblaban la Península Ibérica. Marco Terencio Varrón, en el primer siglo antes de Jesucristo, destacaba en su obra *Tópicos de Agricultura en tres libros (Rerum rusticarum libri III)* el gran tamaño de los cerdos criados por los Lusitanos (Blázquez, 1957) cuyas cualidades celebraba (Aragó, 1902), y a los que Tito Livio consideraba una raza especial. Por su parte, ya en el primer siglo de nuestra era, Cayo Plinio destacaba la importancia de la bellota en la crianza de estos cerdos de los Lusitanos, que eran criados sueltos por el encinar aprovechando sus recursos. Afirmaba Plinio que las bellotas no sólo los engordaban sino que les conferían un mejor sabor a sus carnes (Martín, 1991); ésta es una de las primeras referencias que hace alusión al sistema de pastoreo que podría equipararse al engorde en montanera del Cerdo Ibérico que ha llegado hasta nuestros días.

Igualmente, en el primer siglo de nuestra era, Marco Valerio Marcial destacaba los embutidos, jamones, salchichas, etc. de Hispania (Escribano, 1954), en tanto que Lucio Junio Moderato Columela, inspirándose en las obras de autores que le precedieron como Catón el Viejo (*De Agri Cultura*) y Varrón (*Rerum Rusticarum Libri III*), aborda la explotación del cerdo de un modo integral en su obra *Los doce libros de agricultura*, también conocida como *De los trabajos del campo (De re rustica)*. En esta obra realizaba numerosas observaciones y recomendaciones sobre la cría, alimentación, manejo reproductivo y comportamiento del Cerdo Ibérico, muchas de las cuales aún son vigentes en la actual explotación extensiva del porcino Ibérico (Aparicio, 2005).

Durante la época visigoda quedó regulado el aprovechamiento de pastos y recursos naturales por el ganado en muchas de sus leyes, destacando el *Liber iudiciorum (Lex Visigothorum)* publicado posiblemente en el 654 por orden del rey Recesvinto, en cuyo libro VIII (ley 5, título 4) se recogía lo concerniente al ganado porcino y el uso de los pastos comunales. Traducido al castellano como *Fuero Juzgo* por orden del Rey Fernando III, para aplicarlo como fuero local a determinados territorios meridionales que la Corona de Castilla iba reconquistando a los reinos musulmanes, este compendio de leyes tendrá vigencia hasta la aprobación del Código Civil en 1889 (Petit, 2007).

De la época medieval debemos destacar dos hechos que concurren simultáneamente en la Península y que afectan al cerdo. Por un lado surge la hegemonía de los ganaderos de oveja merina trashumante merced a los privilegios reales otorgados por Alfonso X “el Sabio” al Honrado Concejo de la Mesta, fundado en 1273, que se reforzará en la época de los Reyes Católicos, y que tendrán vigencia

hasta principios del siglo XIX, cuando sucumbirá ante las reformas agrarias iniciadas en el siglo XVIII (Sánchez, 2005). De otro lado, hay que recordar el rechazo hacia el cerdo de las culturas musulmana y judía, pueblos que durante este periodo ocuparon gran parte de la Península. Por tanto, la presencia del ganado porcino durante la época de la reconquista estaría limitada a villas, conventos, castillos y abadías feudales protegidos por las Órdenes Militares (Laguna, 1998a).

Por otro lado, durante los dos siglos anteriores al Descubrimiento de América, como refiere Laguna (1991), marinos españoles y portugueses arribaron a las costas occidentales africanas llevando consigo ganados autóctonos. Entre éstos se incluían cerdos de capa retinta que por cruzamientos con razas locales pudieron participar en el origen del Cerdo Colorado de Guinea. Este cerdo será llevado siglos después al cinturón del maíz de América del Norte, a finales del siglo XVIII, comienzos del XIX, junto con esclavos africanos, participando junto con otras razas porcinas, principalmente de capa colorada (cerdos Ibéricos retintos, Berkshire, Tamworth, cerdos portugueses, etc.) en el origen de las razas Red-Jersey y Old Duroc que por fusión originarían la tan afamada raza Duroc-Jersey (Jones, 1998).

El Cerdo Ibérico llevado al Nuevo Mundo por los marinos españoles y portugueses tuvo un importante papel en la colonización de América. Hasta la llegada de Colón, en América no había cerdos, aunque sí “parientes lejanos” como los Pekarís, adscritos a la familia Dicotylidae (Tayassuidae), dentro de la superfamilia Suoidea (Harris y Li-Ping, 2007). De los cerdos llevados por los colonizadores derivaron las razas criollas que han llegado hasta nuestros días, entre las que cabe mencionar el Pelón, muy extendido por Centroamérica, y otros como el Mamellado de Uruguay, el Pampa Argentino, el Cerdo Negro de Venezuela, el Negro Criollo de Cuba, el Zungo, etc. Según relata Fray Bartolomé de las Casas, los primeros cerdos llevados fueron un lote de ocho cerdas que Colón desembarcó en Santo Domingo (La Española) en su segundo viaje, en 1493, y que pudieron haber sido cargados en la canaria isla de La Gomera (Laguna, 1998b); hecho que no es de extrañar, pues se procuraba no cargar en la Península nada que pudiera obtenerse en la Macaronesia (Islas Canarias e Isla de Madeira). Por aquel entonces, se estima que en las Islas Canarias había cerdos ibéricos llevados desde la Península con anterioridad así como un cerdo muy próximo al Ibérico procedente del antiguo cerdo negro berebere que el Islam habría empujado hacia las Canarias, el primitivo Cerdo Negro Canario, que poco tiene que ver con el actual tras los cruces practicados en los últimos siglos con razas británicas, cruzadas a su vez con asiáticas, lo que ha determinado que hoy día, al igual que ocurre con el Manchado de Jabugo, porte haplotipos mitocondriales asiáticos (Fang y Andersson, 2006). La facilidad para reproducirse de los cerdos “ferales” (criados en libertad) en América constituyó un severo problema ambiental en las Antillas que ya en 1505 mereció acciones de control (Puente y Olea, 1900).

Frente a la situación que, respecto al porcino, se vivía en el Nuevo Mundo, donde su cría se había extendido a todas las áreas alcanzando incluso parte de lo que hoy

es Norteamérica (como queda constancia con el cerdo criollo de la tribu de Choctaw, ubicada en lo que hoy es el estado de Oklahoma y en menor medida en Mississippi y Luisiana), en la Península Ibérica, a lo largo de los siglos XVI, XVII y XVIII, el cerdo, y en general la ganadería estante, atravesó una situación de crisis motivada por los abusos de los ganaderos trashumantes asociados en la poderosa Mesta. Este hecho quedó reflejado por el prestigioso jurista asturiano Gaspar Melchor de Jovellanos en su informe en el *Expediente de la Ley Agraria*, publicado en 1795 (foto 3). Poco después se produjo la abolición del Concejo de la Mesta, en 1836, creándose la Asociación General de Ganaderos del Reino (Laguna, 1998a).

No obstante, de dicha etapa, en la que la explotación del cerdo atravesaba una profunda crisis por los excesos de la Mesta, tenemos referencias que alababan la calidad de los productos del cerdo. Así, de 1616 es la obra de Medicina de Juan Sorapán de Rieros, quien, sin extenderse en demasía en el capítulo de las carnes del porcino, sí menciona en su obra que *“con la carne de este animal que se engorda principalmente en Extremadura, se elaboran jamones y chorizos que no sólo dan para abastecer a toda España, sino que incluso muchos son llevados al nuevo Mundo donde son muy apreciados”*. Del mismo modo, pero ya a finales del siguiente siglo, es la obra de Eugenio Larruga en la que, además de alabar la calidad de los perniles y chorizos de Extremadura, *“muy estimados en las principales ciudades de España”*, cita más de treinta localidades en las que la cría de cerdos se erige como una actividad relevante, señalando entre otras localidades como Montánchez, Jerez de los Caballeros, Fregenal, etc., poblaciones que hoy día siguen siendo un referente en la producción de porcino (Aparicio, 2005).

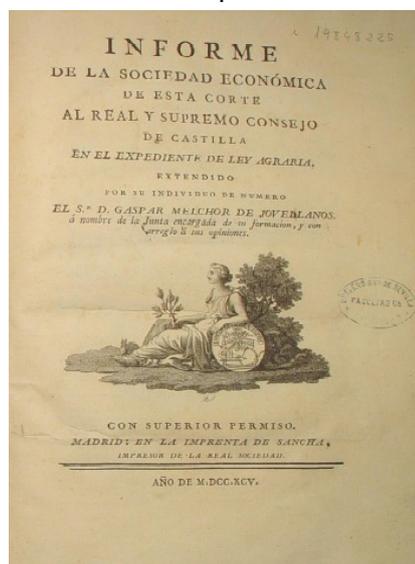


Foto 3. Informe de la Ley Agraria, (Jovellanos, 1795).

Tras la caída de la Mesta, en la Era Moderna, con la Desamortización se produjo la expansión de los cultivos agrícolas, produciéndose la deforestación de las áreas de dehesa en pro de las tierras de cultivo. Este deterioro del encinar afectó al ganado porcino cuyo censo quedó notablemente mermado a finales del siglo XIX.

Sin embargo, durante el primer tercio del siglo XX se produjo una recuperación del censo, llevándose a cabo además las primeras importaciones importantes de porcinos foráneos. No obstante, el censo experimentó un retroceso nuevamente con la crisis de 1929, que no empezó a remontarse hasta una década después, llegando esta recuperación hasta mediados de siglo, momento en el que se sucedieron importantes cambios en el medio rural que condicionarían la explotación del Ibérico

(éxodo rural, mecanización agraria, consolidación de la industria de los piensos compuestos, implantación de la avicultura intensiva a la que seguirá el porcino intensivo con introducción de razas foráneas precoces). Al mismo tiempo, los hábitos alimentarios variaron, con mayor demanda de carnes magras en detrimento de las canales grasas como las del Ibérico, lo que irremediamente condujo a un desplome de los precios de éste (Hergueta, 1950) y a su sustitución por razas magras que se importaban masivamente. Por si fuera poco, el azote de la Peste Porcina Africana hizo estragos. Se inició así los años de la crisis del porcino Ibérico, en los que no en pocas ocasiones se planteó la conveniencia de la desaparición de este animal y el aprovechamiento agrícola de los terrenos de dehesa que éste aprovechaba en extensivo. De hecho, en 1950, Hergueta (1950), en su obra *La Cría del Cerdo*, calificó de *“lamentabilísima equivocación”* continuar la explotación del Ibérico habiendo razas de mayor rendimiento magro, y un año después, en 1951, con motivo del II Congreso Internacional Veterinario de Zootecnia, el Dr. Benito Delgado Jorro apostaba por la desaparición del Cerdo Ibérico en favor de otras razas más rentables y magras con las siguientes palabras: *“¿Dónde está, pues, el motivo para conservar el actual cerdo extremeño, si hemos de caminar hacia una ganadería porcina de mayor rendimiento económico, nacionalmente hablando, y que sus productos estén más en consonancia con los gustos y paladares del pueblo español, cada día más exquisitos?... el cerdo extremeño está condenado, para nosotros, a que no quede de él más que el recuerdo...”* (Delgado, 1951).

Consecuencia de todo ello, el censo de reproductoras ibéricas se redujo drásticamente a lo largo de las siguientes décadas hasta llegar a un momento verdaderamente crítico, en cuanto al censo de reproductoras en pureza, a principio de la década de los 80.

Esta situación de depreciación del Cerdo Ibérico hasta casi su desaparición tuvo como consecuencia el cruzamiento indiscriminado del mismo con razas extranjeras como Tamworth, Large-Black, Duroc-Jersey e incluso Large-White, erosionándose gravemente el contingente de efectivos porcinos ibéricos en pureza. Ya en 1931, la Asociación General de Ganaderos del Reino, en la memoria del Concurso Nacional de Ganados de 1930, denunció la excesiva práctica de cruces de nuestras razas autóctonas meridionales con razas foráneas, *“inadecuadas para nuestras condiciones particulares”*, alzando la voz de alarma ante la posible pérdida del patrimonio genético autóctono que dicha práctica descontrolada podría acarrear (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1931).

De entre estas razas foráneas empleadas en cruzamientos, acabó imponiéndose finalmente frente a las demás la raza Duroc-Jersey, siendo además la única raza cuyo cruzamiento con el Cerdo Ibérico, hasta un máximo del 50% de sangre Duroc, siempre por vía padre, permite la vigente Norma de Calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre).

En la actualidad, amén del reconocimiento de la excelente calidad de sus productos, y con la puesta en marcha de programas de fomento de la raza, el Cerdo Ibérico experimenta una importante recuperación que lo aleja definitivamente del peligro de extinción al que parecía estar abocado a principios de los ochenta. Gran parte de responsabilidad en ello tiene la Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico Puro (AECERIBER), por su encomiable labor en defensa y promoción del Cerdo Ibérico desde que se fundara en el año 1985.

3.5 LA DIVERSIDAD GENÉTICA INTRARRACIAL DEL CERDO IBÉRICO

3.5.1. ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO: ORIGEN, CLASIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO

El desenvolvimiento en el tiempo de subpoblaciones aisladas adscritas a un mismo tipo racial es una de las principales causas del origen de la diversidad que surge en toda raza animal enriqueciéndola. Se trata de un proceso de doble condición, ya sea natural o con la intervención del hombre. Éste último, a su vez, también puede contribuir a la diversidad intrarracial, en una segunda etapa, mediante la realización de cruzamientos entre estas subpoblaciones con posterior fijación de caracteres o a través del desarrollo de programas de selección. El Cerdo Ibérico no ha sido ajeno a este proceso, acumulando a lo largo del tiempo una gran heterogeneidad que, de manera popular, ya era reconocida en el pasado, y que ha llegado hasta nuestros días en forma de estirpes y líneas que en conjunto conforman la Agrupación Racial Cerdo Ibérico (Clemente *et al.*, 2008a). Para la clasificación de esta heterogeneidad interna del Ibérico, usualmente se han seguido criterios exterioristas, principalmente los fanerópticos de coloración de la capa y ausencia o presencia de pelo, como queda reflejado en las memorias de los concursos nacionales de ganados organizados en el primer tercio del siglo pasado por la Asociación General de Ganaderos del Reino (Clemente *et al.*, 2007a).

El empleo de la denominación “Raza Ibérica”, acuñada por Sansón (1901), rápidamente se consolidó en nuestro País, como se evidencia en la memoria del *III Concurso Nacional de Ganados* celebrado en Madrid en 1913 (Asociación General de Ganaderos del Reino, 1914). Este término ha perdurado hasta nuestros tiempos, habiéndose desarrollado un sinfín de nombres para referirse a las distintas estirpes y líneas que popularmente han ido admitiéndose dentro de esta agrupación racial a lo largo del siglo XX, muchas de las cuales han surgido por los procesos de selección llevados a cabo en diferentes ganaderías, configurando hoy día, como ya se ha mencionado, una agrupación racial con una rica diversidad intrarracial estructurada en estirpes y líneas.

Sin embargo, la concentración de la producción en los animales de base genética Retinta ha ido relegando al resto de estirpes a una situación real de peligro de extinción (Aparicio, 1988); fenómeno del que ya alertaban algunos zootecnistas del primer tercio del siglo pasado (Arán, 1925; Asociación General de Ganaderos, 1931). Consecuencia de ello surge la preocupación por la conservación de esta riqueza intrarracial amenazada, lo que motivó la aprobación en 2007, por el Comité de Razas de la Subdirección General de Medios de Producción Ganaderos (Dirección General de Ganadería del M.A.P.A.), y a solicitud de AECERIBER, de un reconocimiento

diferenciado, dentro del *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España*, de las cuatro principales estirpes de Cerdo Ibérico: Entrepelado y Retinto con carácter de fomento, Negro Lampiño y Torbiscal con carácter de protección especial (Orden APA/53/2007, de 17 de enero). Igualmente fue aprobada esta diferenciación en el reglamento específico del Libro Genealógico de la Raza (Orden APA/3376/2007, de 12 de noviembre). Asimismo, y no sin cierta controversia motivada por su origen multirracial y sus parámetros genéticos y exterioristas, se incluyó posteriormente el Manchado de Jabugo dentro del *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España*, también como variedad del Cerdo Ibérico de protección especial (Orden APA/3628/2007, de 5 de diciembre); si bien, aún no se ha introducido su descripción diferenciada dentro de la reglamentación del Libro Genealógico de la Raza.

Como ya hemos mencionado, para la clasificación de esta diversidad interna del Cerdo Ibérico, usualmente, se han seguido criterios exterioristas, principalmente los fanerópticos de coloración de la capa y ausencia o presencia de pelo. Estos criterios serán los fundamentos en los que se basará la clasificación que, para el porcino Ibérico, aportará Aparicio Sánchez a mediados del siglo pasado (figura 9), en su *Zootecnia Especial. Etnología Compendiada* (Aparicio, 1944; Aparicio, 1960). En esta obra, fundamental para la etnología clásica española, el Cerdo Ibérico queda dividido en cuatro "razas": **Negra**, con los tipos Lampiño y Entrepelado, **Colorada** (Olivenza o Extremeña), **Rubia** (Rubia Campiñesa de Andalucía) y **Manchada** (Manchado de Jabugo), siendo aceptada esta división, con matizaciones, por la mayoría de los zootecnistas clásicos españoles (Clemente *et al.*, 2006).



Figura 9. Clasificación del Porcino Ibérico. Adaptado de Aparicio (1960).

Desde entonces, diversos autores han ido aportando sus propias clasificaciones de esta riqueza genética interna del Cerdo Ibérico, usando generalmente los criterios morfológicos y fanerópticos. De entre ellas, destacan las aportadas por AECERIBER (Diéguez, 1992, 2001), donde se evidencia en los últimos años una profusión de nombres de distintas subpoblaciones, a veces estructuradas de manera muy dispar (figuras 10 y 11).

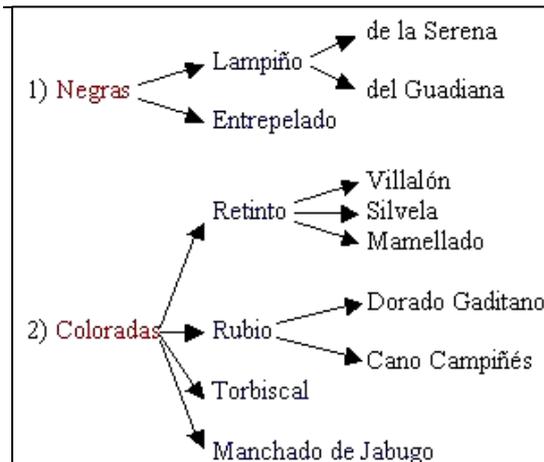


Figura 10. Clasificación Tradicional de AECERIBER, adaptado de Diéguez (1992).

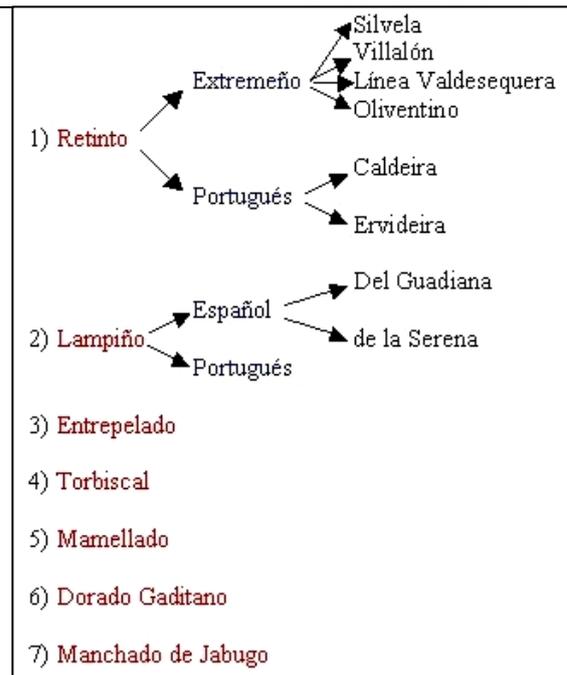
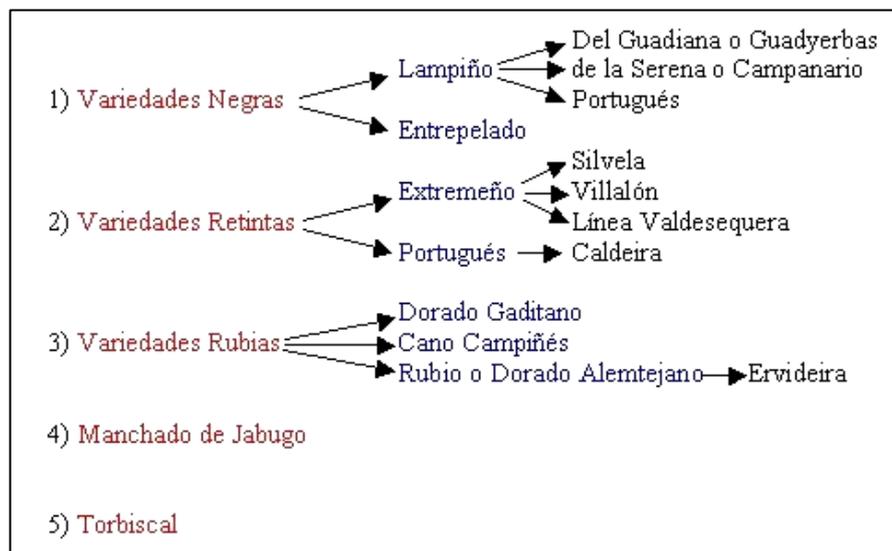


Figura 11. Clasificación de AECERIBER, adaptado de Diéguez (2001).

No obstante, en el *Manual de Cerdo Ibérico* editado por AECERIBER, Rueda (2004) ofrece una clasificación basada fundamentalmente en caracteres fanerópticos (figura 12) cuya estructura parece más acertada, al agrupar, por ejemplo, todas las subpoblaciones rubias en un mismo grupo.



otra

Figura 12. Clasificación de Rueda, Manual de Cerdo Ibérico, editado por AECERIBER (Rueda, 2004).

Por parte,

en mayo de 2006, en el seno del V Encuentro de la Sociedad Española de Zooetnología (SEZ) celebrado en Córdoba, el Grupo de Investigación MERAGEM (PAI AGR-158), del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba, presentó una propuesta de clasificación del Tronco Porcino Ibérico (figura 13) dentro del cual incluye tanto a la raza Cerdo Negro Mallorquín como a la raza Porcina Ibérica, diferenciando sus estirpes y líneas. En este trabajo, que posteriormente fue publicado en la revista *Solo Cerdo Ibérico* (Clemente *et al.*, 2006), se detallaba el origen y evolución de las diferentes subpoblaciones diferenciadas dentro del Ibérico. Esta clasificación pretendía clarificar la estructuración del Porcino Ibérico, tomando como base la clasificación de Rueda (2004) y una amplia revisión bibliográfica, conjugando a su vez criterios genéticos, morfológicos, fanerópticos e incluso históricos, ante las dispares clasificaciones que a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, tras la aportación de Aparicio (1944 y 1960), y hasta nuestros días, habían visto la luz.

1) CERDO IBÉRICO



2) CERDO NEGRO MALLORQUÍN *

* Reconocido como raza de protección especial en el catálogo oficial de razas españolas

** Extinguido

Figura 13. Estructura del tronco Porcino Ibérico. Adaptación de la clasificación presentada en el V Encuentro de la SEZ (Clemente *et al.*, 2006).

En esta clasificación se incorporan ciertas novedades en relación a la aportada por Rueda (2004). Las más destacadas son, por un lado, que se trata de una clasificación del Tronco Ibérico, considerando las razas Cerdo Negro Mallorquín (Porc Negre) y Cerdo Ibérico. Y por otro lado, en el Ibérico se incluye el Negro de los Pedroches dentro de las variedades de capa negra; se trata de una subpoblación autóctona de la comarca cordobesa de Los Pedroches que podría tratarse de un ecotipo del antiguo Negro Entrepelado (Clemente, 2009). Asimismo, dentro del Retinto Extremeño se incorporan las líneas Mamellado y Censyra. De igual modo, dentro de las variedades rubias se incluye la línea portuguesa extinta Aloirada. Y finalmente, en el Manchado de Jabugo se diferencian las dos líneas que tradicionalmente han existido, la de fondo retinto y la de fondo jara (Mateos-Nevado, 1967).

El origen de las subpoblaciones de Cerdo Ibérico diferenciadas en esta clasificación, desarrollado en Clemente *et al.* (2006), queda esquematizado de manera didáctica en la figura 14.

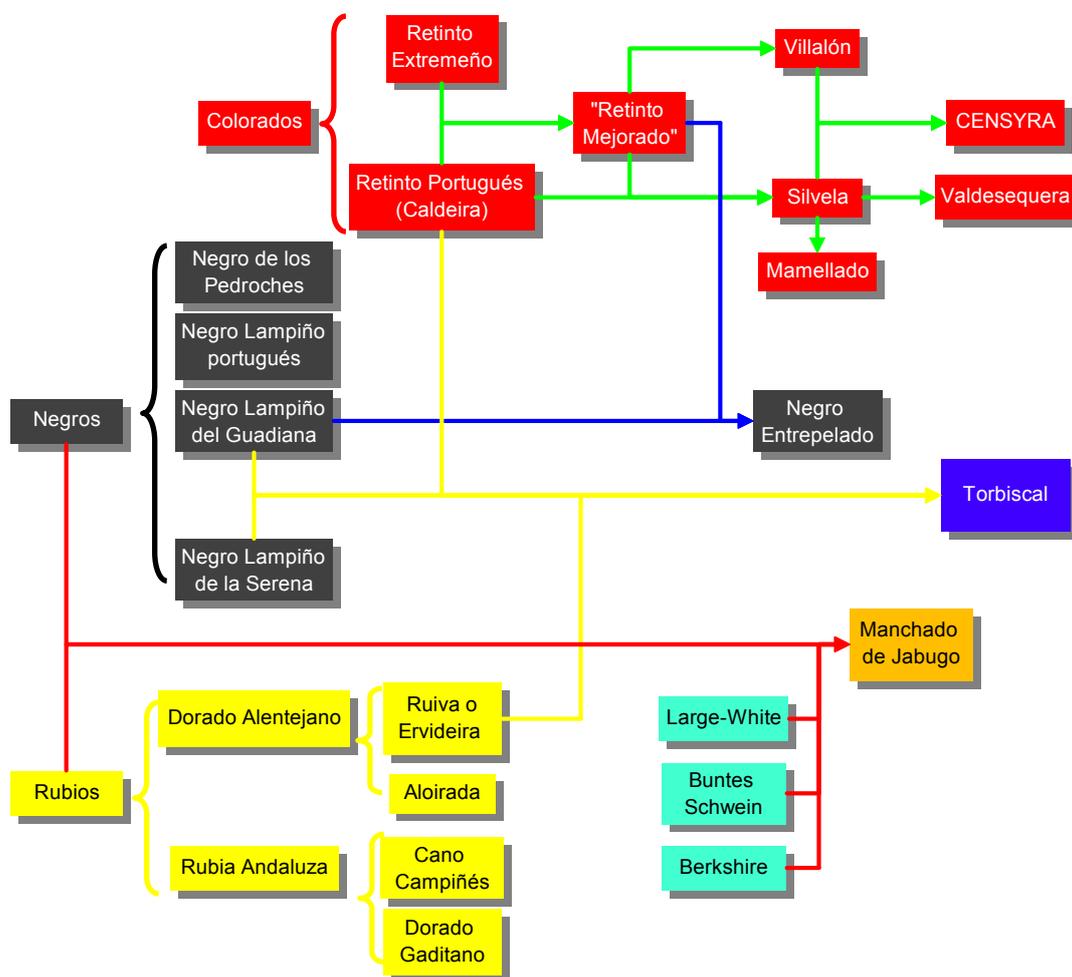
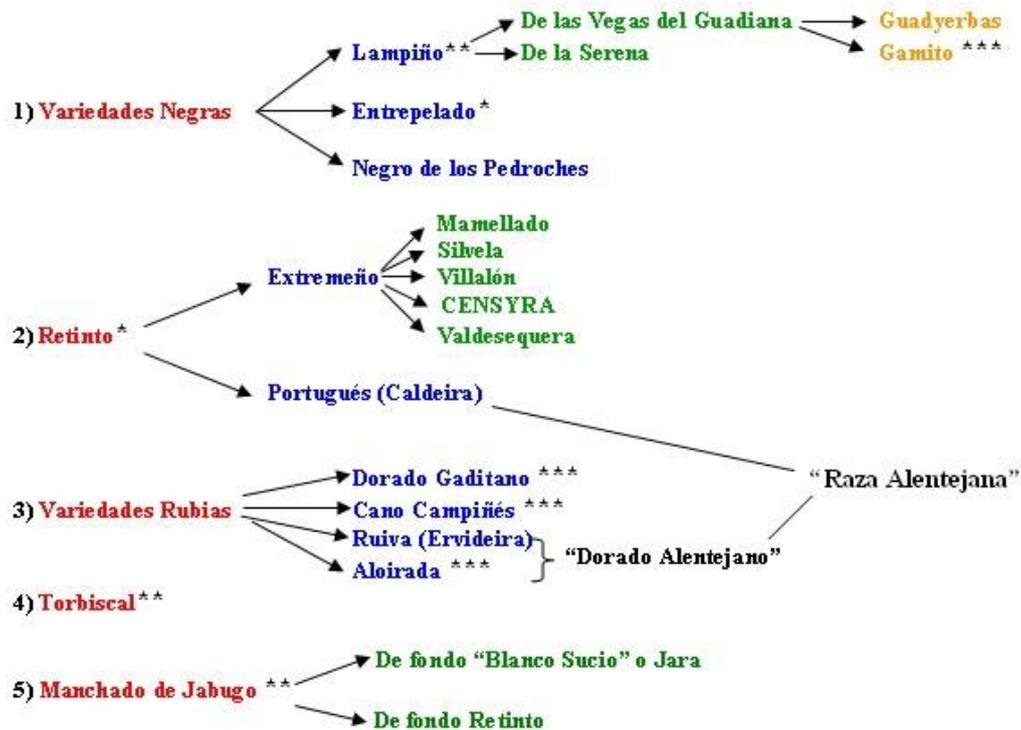


Figura. 14. Flujos genéticos. Origen y formación de las variedades de Cerdo Ibérico según la propuesta de clasificación de Clemente *et al.* (2006).

Posteriormente, esta estructuración de la diversidad intrarracial del Cerdo Ibérico fue levemente matizada y actualizada (Clemente *et al.*, 2008a) tras la inclusión diferenciada en el *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España* de las principales estirpes del Ibérico (R.D. 2129/2008, de 26 de diciembre):

- **Retinto y Entrepelado**, como variedades de fomento del Cerdo Ibérico.
- **Negro Lampiño, Torbiscal y Manchado de Jabugo**, como variedades en peligro de extinción del Cerdo Ibérico.



* Variedad reconocida como "de fomento" en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España.

** Variedad reconocida como "en peligro de extinción" en el Catálogo Oficial de Razas de ganado de España.

*** Extinguida.

Figura 15. Estructuración de la diversidad intrarracial del Cerdo Ibérico. Adaptado de Clemente *et al.* (2008a).

En dicha clasificación (figura 15), en la que, a diferencia de su predecesora sólo aborda la diversidad intrarracial del Cerdo Ibérico y por tanto no se incluye al Cerdo Negro Mallorquín, se señalan las subpoblaciones del Ibérico que están extinguidas, así como las que reciben la clasificación de variedad "de fomento" y "en peligro de extinción" del Cerdo Ibérico dentro del *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España* (R.D. 2129/2008, de 26 de diciembre), vigente hasta la fecha.

3.5.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FANERÓPTICA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO

A pesar de que los animales reproductores deben cumplir un patrón racial característico del Cerdo Ibérico (Orden de 28 de mayo de 1987, modificado por la Orden APA/3376/2007, de 12 de noviembre), éste permite determinadas diferencias y particularidades exterioristas que caracterizan a las distintas estirpes y líneas de la raza porcina Ibérica desde el punto de vista morfológico y faneróptico.

En 1996, el Grupo de Investigación AGR-158, del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba, firmó un convenio de colaboración con la Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico (AECERIBER) y, el entonces, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, para llevar a cabo un estudio de caracterización de las subpoblaciones de Cerdo Ibérico, cuya primera fase consistía en una caracterización exteriorista de las mismas.

Se analizaron un total de 25 variables morfológicas y fanerópticas de interés en la diferenciación de subpoblaciones de la especie porcina, 17 de naturaleza cuantitativa y 8 cualitativas (7 para los machos), sobre 566 animales adultos de ambos sexos pertenecientes a las principales variedades del Cerdo Ibérico (Mata *et al.*, 1998; Pardo *et al.*, 1998). Las variables cuantitativas estudiadas fueron: peso, anchura de la cabeza, anchura orbital, anchura hocico, anchura oreja, longitud de la cabeza, longitud del hocico, longitud de la oreja, alzada a la cruz, alzada a la grupa, anchura de la grupa, distancia interisquiática, alzada a la cola, longitud de la grupa, longitud del jamón, longitud de la paleta y perímetro de la caña. En cuanto a las variables cualitativas, éstas fueron: perfil cefálico, coloración de la capa, color de la pezuña, color de las mucosas, tipo de oreja, pelo, el número de mamas (sólo en hembras) y diversas particularidades fanerópticas (por ejemplo, mamellas).

Del análisis de los registros obtenidos para estas variables morfológicas cuantitativas y cualitativas se dedujeron diferencias significativas y caracterizadoras entre las principales estirpes y líneas, tanto para parámetros cualitativos como color de la capa, forma de la oreja, cantidad de pelo y perfil frontonasal, como para caracteres cuantitativos como anchura de hocico, anchura de la oreja y peso. Muy significativas fueron las diferencias apreciadas tanto en Torbiscal como en las variedades Entrepelado y Lampiño, en relación al resto de subpoblaciones estudiadas, quedando muy bien definidas (Mata *et al.*, 1998; Pardo *et al.*, 1998; Delgado *et al.*, 2000).

De manera más general, otros autores (Buxadé, 1984; Aparicio, 1988; Laguna, 1998a; Rodrigáñez *et al.*, 1999; Forero, 1999; Diéguez, 1992 y 2001; Clemente *et al.*, 2006, 2008b y 2010; Clemente, 2009) han aportado descripciones particulares para las diferentes estirpes y líneas de Cerdo Ibérico. Conjugando éstas, junto con los resultados de Mata *et al.* (1998), Pardo *et al.* (1998) y Cabello *et al.* (2007),

exponemos una breve descripción de las peculiaridades morfológicas y fanerópticas que, a grandes rasgos, permiten diferenciar a las principales variedades del Cerdo Ibérico, ilustrándolas con imágenes representativas de los individuos de las subpoblaciones.

Negro Lampiño (foto 4): se trata de un animal precoz con tendencia al engrasamiento temprano. Carece de pelos o éstos son muy escasos y finos, dejando a la luz numerosos pliegues cutáneos muy característicos. La piel es delgada, presentando dos tonalidades: negro intenso y negro pálido o pizarra. Destaca la finura de sus extremidades, algo muy apreciado en el Cerdo Ibérico. La cabeza está bien proporcionada, la frente es pequeña, presentando la piel de la misma unas arrugas muy características. Las orejas son amplias y caídas, aunque también puede presentar la típica oreja en alero de tejado. El hocico es alargado con un rodete terminal que puede presentar despigmentaciones, igualmente características del Lampiño. El rabo puede aparecer recto y caído.



Foto 4. Negro Lampiño.

Negro Entrepelado (foto 5): se trata de un cruce fijado entre el Negro Lampiño de la línea de las Vegas del Guadiana con el Retinto Extremeño. Sus características lo sitúan a medio camino entre el Lampiño y el Retinto, siendo por tanto un animal menos precoz y menos graso que el Lampiño, pero sin llegar a los niveles del Retinto. Su capa es negra con escaso pelo. Destaca por la finura de su conformación, siendo un animal de líneas muy armonizadas.



Foto 5. Negro Entrepelado.

Retinto Extremeño (foto 6): es la estirpe más extendida y la que sirve de base genética a la mayoría de los cerdos ibéricos sin adscripción a estirpe alguna (de tipo mixto). De capa retinta uniforme, pudiendo haber variación de la tonalidad, francamente oscura en la línea Villalón y de un retinto más evidente en Silvela. Los pelos se encuentran regularmente distribuidos y son escasos. El esqueleto es fino y ligero. La cabeza presenta una frente ancha. El hocico es



Foto 6. Retinto Extremeño.

proporcionado. Las orejas son del tipo “en alero de tejado”, si bien Silvela presenta con gran frecuencia orejas caídas. La línea dorsal está corregida con tendencia a la rectitud.

Retinto Portugués o Caldeira (fotografía 7): se trata de un animal con faneróptica muy parecida a la del Retinto Extremeño. Presenta capa retinta oscura. Destaca por sus buenas proporciones (sublongilíneo), por lo que antaño se le denominaba popularmente como “retinto alargado de Portugal”. Igualmente destaca por la finura de sus extremidades, carácter muy apreciado, estando bien aplomadas.



Foto 7. Retinto portugués.

Torbiscal (fotografía 8): se trata de una estirpe “sintética”, pues su origen está en la fusión de cuatro “soleras”, dos españolas (Lampiño de las Vegas del Guadiana y Lampiño de la Serena) y dos portuguesas (Caldeira y Ervideira), de la mano de Miguel Odriozola en la finca El Dehesón del Encinar, ubicada en Oropesa (Toledo), en los años sesenta, tras dos décadas de aislamiento reproductivo de dichas “soleras”. Se trata de un animal de mayor alzada. Su dorso está corregido, con mayor longitud y rectitud. Las extremidades no presentan la apreciada finura de caña y además sus pezuñas suelen presentar un veteado claro que es poco del agrado de los ganaderos. Presenta una capa de color rojo pizarra, pudiendo presentar dos tonalidades, clara y oscura, con abundantes cerdas. Su cabeza es muy característica, donde destaca la longitud de las orejas y del hocico. Son animales resistentes, con una mayor prolificidad y con un engrasamiento más tardío, consecuencia de los procesos selectivos que, para un mayor rendimiento cárnico, se han llevado a cabo con esta subpoblación (Rodrigáñez *et al.*, 1999).



Foto 8. Torbiscal.

Dorado Alentejano o Ervideira (fotografía 9): es un animal de capa rubia o dorada, hoy día por desgracia en crítico riesgo de extinción. Destaca la finura de sus extremidades, siendo éste un rasgo muy característico de los cerdos ibéricos portugueses. Presenta un gran desarrollo corporal aunque de crecimiento tardío. Antiguamente presentaban con frecuencia mamellas.



Foto 9. Ervideira.

Manchado de Jabugo (foto 10): subpoblación autóctona andaluza con origen en las localidades onubenses de Jabugo y Cortegana, en plena Sierra de Aracena y Picos de Aroche. Esta subpoblación está constituida por individuos sublongilíneos de capas retinta o jara (“blanco sucio”) con manchas negras, siendo estas manchas de contornos definidos en los individuos de capa retinta y con bordes no netos en los de capa jara. La cabeza presenta un perfil con una clara tendencia a la concavidad, siendo más corta y cónica que la del resto de subpoblaciones del Ibérico. Dentro de esta subpoblación pueden aparecer individuos con las cuatro extremidades blancas (cuatralbos). Sus pezuñas son despigmentadas, lo que no es del agrado ni de los ganaderos ni de los industriales. En su origen participan razas foráneas como Large-White, Bunttes Schwein y Berkshire (Mateos-Nevado, 1967). Los individuos de la estirpe Manchado de Jabugo presentan rasgos propios y característicos que los diferencian del resto de las subpoblaciones del Cerdo Ibérico, lo que unido a la participación de sangre foránea en su origen, hace que no sean pocos los zootólogos que reclaman para esta subpoblación una mayor consideración como raza aparte del Ibérico aunque junto con ésta y con el Cerdo Negro Mallorquín dentro del llamado “Tronco Ibérico”.



Foto 10. Manchado de Jabugo.

Negro de los Pedroches o Pelón de Belalcázar (foto 11): subpoblación autóctona de la comarca cordobesa de El Valle de los Pedroches, constituida por cerdos negros, *de tipo antiguo*, con escaso pelo o incluso lampiños. Destaca su conformación alargada, con menor propensión a la acumulación de grasa que la estirpe Lampiño. Su línea dorsal es ascendente terminando en una grupa derribada. En algunos animales destaca igualmente la longitud de su hocico. Las orejas son en alero de tejado. Sobre su origen existen muchas referencias bibliográficas que citan la existencia en la comarca de Los Pedroches de un porcino “*de tipo antiguo negro, con poca o ninguna cerda, muy fino y que alcanzaba gran peso*” (Arán, 1925), que Aragón (1902) denominaba “*casta cordobesa*”, y que Castejón (1932) no dudó en calificar como “*verdadera raza cordobesa*”. Por tanto, el actual Negro de los Pedroches pudiera ser un ecotipo diferenciado de ese antiguo cerdo negro con escaso pelo o Entrepelado (Clemente, 2009), que pudiera, no obstante, haber recibido posteriores influencias de otras líneas de Ibérico



Foto 11. Negro de los Pedroches.

(Clemente, 2008b). Actualmente su censo es muy escaso, encontrándose en pequeñas piaras de manejo muy familiar, lo que ha determinado un temperamento noble en los animales.

Dorado Gaditano (fotografía 12): subpoblación autóctona de la provincia de Cádiz, oficialmente extinguida. Se trata de animales muy rústicos, de capa dorada (rojo encendido), con abundante pelo. Presentan conformación recogida y pequeña alzada. La cabeza es corta, al igual que sus orejas, que aparecen dispuestas en alero de tejado a modo de visera sobre los ojos. Las extremidades son finas y cortas, determinando un animal “cerca de tierra”. La grupa es derribada, con nacimiento bajo de la cola. Las pezuñas presentan frecuentemente vetas y despigmentaciones.



Foto 12. Dorado Gaditano.

Mamellado (fotografía 13): son animales retintos que destacan por presentar mamellas en el cuello como peculiaridad faneróptica distintiva. Éstas pueden presentarse en cualquier estirpe o línea de Cerdo Ibérico y, en general, en las razas porcinas mediterráneas. Si bien hay núcleos donde la cría en explotación cerrada ha determinado una mayor frecuencia de los alelos responsables de esta característica. Se trata de animales finos, con grupa derribada y de buen carácter maternal.



Foto 13. Mamellado.

3.5.3. CARACTERIZACIÓN REPRODUCTIVA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO

Respecto a los estudios sobre los principales parámetros reproductivos en el Ibérico, por estirpes, cabe destacar los llevados a cabo por Forero (1999) con Torbiscal, diversas líneas de la estirpe Retinto y Negro Lampiño. Sus resultados reflejaron una mayor prolificidad en la estirpe Torbiscal, con 7,86 lechones nacidos totales por camada, inferior a los 8,38 que registraron Silió *et al.* (2001) en el núcleo de Torbiscal de El Dehesón del Encinar. Esta superior prolificidad determinaba a su vez en la estirpe Torbiscal un mayor número de lechones destetados (6,57) por camada (Forero, 1999).

En contraposición a los buenos resultados encontrados en Torbiscal, Forero (1999) observó los peores resultados en la estirpe Negro Lampiño, con 6,83 lechones nacidos totales, frente a los 7,36 que registraron Silió *et al.* (2001), y con tan sólo 4,33 lechones destetados (Forero, 1999). Es decir, la estirpe Negro Lampiño presentaba una pérdida de 2,5 lechones de media entre nacidos y destetados, reflejando un pobre carácter maternal. Por su parte, las diferentes líneas de la estirpe Retinto (Silvela y Villalón), mostraron registros intermedios, más próximos a los valores aportados por Torbiscal que a los pobres de Lampiño (Forero, 1999).

Estas diferencias en los caracteres reproductivos por estirpe también quedaron claramente expuestas en otros estudios, como el llevado a cabo por Suárez *et al.* (2002), cuyos principales resultados se recogen en la tabla 9. En este estudio quedó igualmente reflejada una superior prolificidad en Torbiscal que los autores achacaron a los procesos de selección a que fue sometida esta estirpe desde su origen por fusión polivarietal. Tal y como ya observara Forero (1999), Suárez *et al.* (2002) encontraron nuevamente los peores datos de prolificidad en la estirpe Lampiño, mostrando igualmente Retinto y Entrepelado resultados intermedios entre los de Torbiscal y Lampiño, más próximos a los de Torbiscal (en cuanto a destetados) que a los pobres de Lampiño. A su vez, Manchado de Jabugo presentó registros muy próximos a los de Torbiscal, que en este caso los autores lo achacaron a la participación en su origen de razas foráneas de mayor prolificidad, señalando Mateos-Nevado (1967) que éstas fueron Large-White, Berkshire y Buntjes Schwein.

Tabla 9. Parámetros reproductivos de las principales estirpes de Cerdo Ibérico.

	LAMPIÑO	ENTREPELADO	RETINTO	TORBISCAL	MANCHADO DE JABUGO
Nacidos vivos	5,82	6,07	6,29	7,82	7,81
Destetados	4,94	5,84	6,24	6,82	6,46
Carácter maternal	+	++	+++	+	+

Adaptado de Suárez *et al.* (2002).

3.5.4. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO

Respecto a los estudios sobre parámetros productivos en el Cerdo Ibérico en función de la estirpe, destacan los llevados a cabo por Benito *et al.* (1998), desarrollados durante tres campañas consecutivas con diversas líneas de la estirpe Retinto, Torbiscal, Lampiño, y cruces entre ellas.

Estos estudios reflejaron la superioridad de Torbiscal en la velocidad de crecimiento, medido como ganancia media diaria (GMD), en todas las etapas productivas. Destacaron principalmente los registros en montanera, donde se distanció ampliamente del resto de las estirpes alcanzando ganancias medias diarias de hasta 949 g/día, aproximadamente 150 g/día más que el resto de estirpes. Consecuencia de ello, Torbiscal presentó los mayores pesos al sacrificio. Debemos destacar igualmente que en estos estudios se observó una superior tasa de crecimiento (GMD) en la fase de montanera de Torbiscal en relación a la tasa de crecimiento de los animales resultantes del cruce entre estirpes, lo que refleja un escaso o nulo efecto de heterosis en este carácter. A su vez, la estirpe Torbiscal manifestó un engrasamiento más tardío en relación a las restantes subpoblaciones, lo que es debido a su menor precocidad. Asimismo, estos autores observaron que la estirpe Torbiscal presentaba peor rendimiento a la canal que las estirpes Retinto y Lampiño, lo que sin embargo compensa con el mayor peso de sus piezas nobles. Finalmente, Benito *et al.* (1998) concluyeron que, como cabía esperar, los caracteres de composición de la canal apenas manifestaron efectos de heterosis.

Dentro de los parámetros productivos, debemos señalar que, en relación a los pesos al destete por estirpe (a los 56 días), Forero (1999) encontró que nuevamente Torbiscal presentaba los mejores resultados, seguido de cerca por la estirpe Retinto de línea Villalón, cuyas hembras presentaron un buen carácter maternal. Posteriormente vendría la estirpe Retinto de línea Silvela, y a mucha distancia el Lampiño, que ofreció unos datos muy pobres que iba acumulando a lo largo de todo el periodo productivo. Por otro lado, Forero comprobó en Manchado de Jabugo unos pesos al destete prácticamente similares a los de Torbiscal. En este mismo sentido, Barba (1999) observó diferencias significativas entre las estirpes del Cerdo Ibérico en los pesos, no sólo al destete, sino a otras diferentes edades.

En consonancia con los resultados aportados por Benito *et al.* (1998), Forero (1999) igualmente comprobó como Torbiscal fue la estirpe que mayor tasa de crecimiento manifestó en todas las etapas productivas, destacando en la montanera donde su GMD casi duplicó la experimentada por el Negro Lampiño, hasta sacarle una diferencia media de peso de 65 kg al sacrificio (a los 17 meses de edad).

Contrariamente a lo reportado por Benito *et al.* (1998), Forero (1999) observó mejores rendimientos a la canal en Torbiscal en relación a las líneas Villalón y Silvela

de la estirpe Retinto y al Lampiño. Por otro lado, a partir del análisis estadístico de los registros productivos tomados por AECERIBER en la campaña de 2003 para los controles de ciclo completo del Esquema de Selección de las ganaderías participantes, diferenciando por estirpe (tabla 10), Clemente *et al.* (2007b) encontraron que la estirpe Torbiscal mostraba una mayor tasa de crecimiento (GMD) en montanera ($650 \text{ g/día} \pm 40,71$), un mayor peso de sus jamones ($22,14 \text{ Kg} \pm 0,23$) y lomos ($3,08 \text{ Kg} \pm 0,06$) en matadero, pero no así de las paletas ($14,19 \text{ Kg} \pm 0,23$). Asimismo, y en consonancia con los resultados encontrados por Forero (1999), Clemente *et al.* (2007b) observaron en Torbiscal el mejor rendimiento a la canal ($80,52 \% \pm 0,27$). Por su parte, la estirpe Lampiño fue la que peores datos de crecimiento reflejó ($503 \text{ g/día} \pm 39,19$). Este hecho obliga a prolongar su cebo en el tiempo para alcanzar el peso comercial de sacrificio ($150 \pm 10 \text{ Kg}$), llevando aparejado consecuentemente un mayor engrasamiento. En cambio, Lampiño destacó por sus mayores rendimientos, en porcentaje de la canal, de sus piezas nobles ($18,10 \% \pm 0,28$, para jamones; $11,43 \% \pm 0,22$, para paletas; $2,56 \% \pm 0,20$, para lomos; $32,10 \% \pm 0,44$, total piezas nobles), mientras que Torbiscal fue la peor estirpe para estos parámetros de interés económico ($28,46 \% \pm 0,32$, para el total de piezas nobles). En cuanto a Retinto y Entrepelado, mostraron, en general, datos intermedios para los caracteres productivos estudiados entre los de Lampiño y Torbiscal, destacando la similitud encontrada en los resultados entre Retinto y el tipo genético denominado "mixto", siendo éste el grueso de la población de Ibérico, sin adscripción a estirpe concreta aunque con predominio de base genética Retinta.

Tabla 10. Registros productivos por estirpes. Datos obtenidos de los controles de ciclo completo del Esquema de Selección de AECERIBER.

	LAMPIÑO	ENTREPELADO	RETINTO	TORBISCAL	MIXTO
GMD (g/día)	$503 \pm 39,19$	$547 \pm 13,64$	$625 \pm 9,04$	$650 \pm 40,71$	$628 \pm 15,36$
Peso (kg)	$144 \pm 4,54$	$156 \pm 1,20$	$162 \pm 0,86$	$172 \pm 2,50$	$168 \pm 1,75$
Peso canal (kg)	$110,3 \pm 4,28$	$123,7 \pm 1,05$	$129,5 \pm 0,73$	$138,4 \pm 2,16$	$134,9 \pm 1,50$
Rto. Canal (%)	$76,51 \pm 1,14$	$79,09 \pm 0,18$	$80,18 \pm 0,11$	$80,52 \pm 0,27$	$80,24 \pm 0,18$
Peso jamones (kg)	$19,97 \pm 0,67$	$20,92 \pm 0,19$	$21,18 \pm 0,10$	$22,14 \pm 0,23$	$21,98 \pm 0,22$
Peso paletas (kg)	$12,61 \pm 0,50$	$14,32 \pm 0,16$	$14,53 \pm 0,07$	$14,19 \pm 0,23$	$14,60 \pm 0,13$
Peso lomos (kg)	$2,83 \pm 0,26$	$2,86 \pm 0,05$	$2,73 \pm 0,03$	$3,08 \pm 0,06$	$2,96 \pm 0,06$
Peso grasa (kg)	$11,88 \pm 1,49$	$11,65 \pm 0,45$	$12,05 \pm 0,24$	$9,79 \pm 0,72$	$10,83 \pm 0,52$
% jamones	$18,10 \pm 0,28$	$16,91 \pm 0,14$	$16,35 \pm 0,07$	$15,98 \pm 0,20$	$16,28 \pm 0,13$
% paletas	$11,43 \pm 0,22$	$11,57 \pm 0,12$	$11,21 \pm 0,05$	$10,24 \pm 0,09$	$10,82 \pm 0,12$
% lomos	$2,56 \pm 0,20$	$2,30 \pm 0,04$	$2,10 \pm 0,02$	$2,22 \pm 0,04$	$2,19 \pm 0,04$
% grasa	$10,87 \pm 1,08$	$9,37 \pm 0,34$	$9,20 \pm 0,18$	$7,10 \pm 0,76$	$8,06 \pm 0,23$
% piezas nobles	$32,10 \pm 0,71$	$30,79 \pm 0,22$	$29,67 \pm 0,12$	$28,46 \pm 0,50$	$29,30 \pm 0,25$

Adaptado de Clemente *et al.* (2007b).

3.5.5. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LAS ESTIRPES Y LÍNEAS DEL CERDO IBÉRICO

Fruto del convenio de investigación suscrito en 1996 por el grupo de investigación AGR-158 del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba, la Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico (AECERIBER) y el entonces Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, surge, como última de las fases de dicho proyecto, la caracterización genética de las estirpes del Cerdo Ibérico mediante marcadores moleculares de tipo microsatélite, entre los que figuraban los recomendados por la FAO (1998) para la caracterización de poblaciones porcinas.

Los animales con los que se trabajó fueron fundamentalmente hembras de diferentes líneas de Retinto, Negro Lampiño, Entrepelado, Torbiscal, Manchado de Jabugo, Dorado Gaditano, así como dos razas de contraste (Duroc-Jersey y Chato Murciano).

Los resultados aportados por este estudio (Martínez, 2001) revelaron una gran diversidad intrarracial dentro de la raza porcina Ibérica, estructurada en diferentes líneas y estirpes genéticamente bien diferenciadas. Destacó la enorme definición genética que mostraron los individuos de las estirpes Negro Lampiño, Torbiscal y Manchado de Jabugo. Asimismo, se comprobaron las distancias genéticas entre estas subpoblaciones (figura 16), hallándose mayor cercanía genética entre el Retinto Extremeño y el Entrepelado, como cabía esperar, dado el origen del segundo por cruzamiento entre individuos de las estirpes Retinto y Lampiño (Clemente *et al.*, 2006).

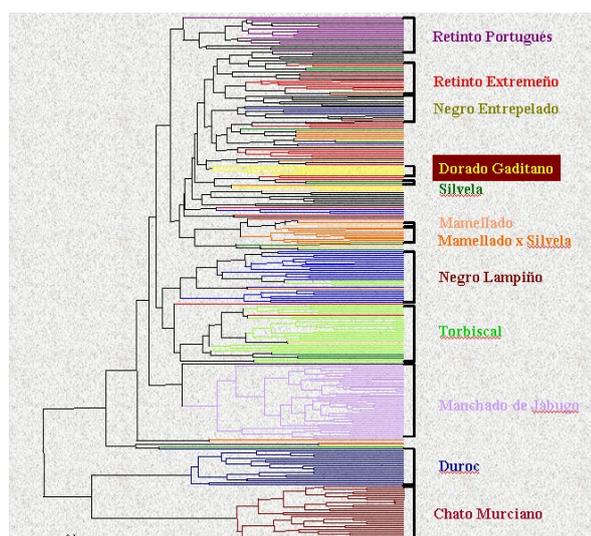


Fig. 16. Cladograma de distancias genéticas. (Martínez, 2001).

El junio de 2005, los grupos de investigación MERAGEM (AGR-158) y CTS-413, ambos de la Universidad de Córdoba, firmaron un convenio con la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, para el diseño de una herramienta de trazabilidad genética de los productos de Cerdo Ibérico (Dorado *et al.*, 2005).

Dado que en el Cerdo Ibérico se admitía una gran diversidad intrarracial, una de

las fases planteadas dentro de este convenio consistió precisamente en la caracterización genética de las subpoblaciones del porcino Ibérico mediante marcadores moleculares de tipo microsatélite, con los que obtener los perfiles alélicos de las estirpes de Cerdo Ibérico para su empleo como patrones actualizados de caracterización genética. Se recurrió para ello a un panel de 34 microsatélites entre los que se encontraban los recomendados por la FAO (2004) para el genotipado de poblaciones porcinas.

En dicho proyecto se trabajó con más de mil muestras biológicas de reproductores porcinos ibéricos de las subpoblaciones Negro Lampiño (LAM), Entrepelado (ENT), Torbiscal (TOR), Manchado de Jabugo (MDJ), Negro de los Pedroches (NDP), Alentejana (ALE), y Retinto de las líneas Mamellado (MAM), Valdesequera (VAL), Silvela (SIL) y Villalón (VIL). Se trabajó igualmente con jabalíes peninsulares y diversas razas foráneas como contraste, caso de Duroc-Jersey (DUR), tres líneas de Mangaliça, Hampshire, diversas líneas genéticas de Large-White, Landrace, Pietrain, Large-Black, cerdos criollos, etc.

Los resultados obtenidos confirmaron la gran heterogeneidad genética interna de la raza porcina Ibérica, reflejada en un elevado valor (0,19) del coeficiente de diferenciación genética (F_{ST}) (Wright, 1978), siendo, por tanto, incuestionable, la existencia de diferentes estirpes y líneas dentro de la raza (Clemente *et al.*, 2008b), destacando la enorme definición genética que mostraron los individuos de las estirpes Negro Lampiño y Torbiscal, y la cercanía genética entre las líneas de Retinto y Entrepelado (Membrillo *et al.*, 2007). Asimismo, por el estudio de sus distancias genéticas (Reynolds, *et al.*, 1983), quedó patente la gran distancia genética existente entre las subpoblaciones de Ibérico con la raza Duroc y con la estirpe Manchado de Jabugo (figura 17), como ya observara Martínez (2001). Al respecto, cabe decirse que aunque el Manchado de Jabugo esté reconocido como variedad del Ibérico (Orden APA/3628/2007, de 5 de diciembre), en su origen participaron razas foráneas (Mateos-Nevado, 1967) que habrían dejado su impronta genética, lo que hoy día se evidenciaría por la presencia en esta subpoblación de haplotipos asiáticos (Alves *et al.*, 2003 y 2008). La representación gráfica de este análisis de distancias genéticas (figura 17) entre las

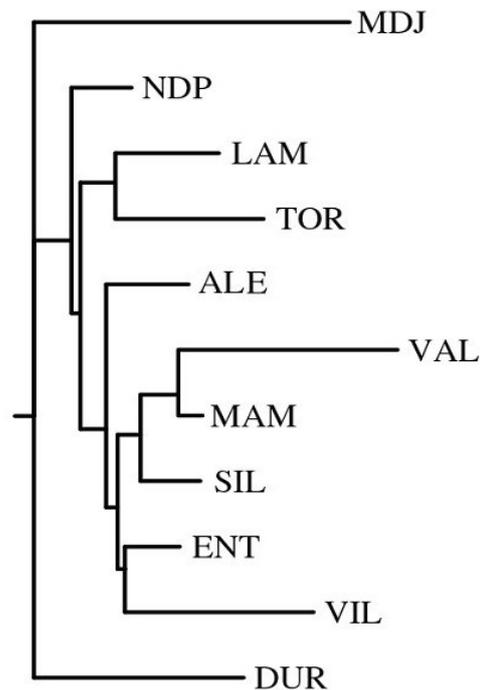


Fig. 17. Cladograma de distancias genéticas. (Membrillo *et al.*, 2007).

subpoblaciones de Ibérico anteriormente citadas y la raza Duroc como contraste, reveló tres importantes clusters en los que se agruparon, respectivamente, el Manchado de Jabugo, las restantes estirpes y líneas de Ibérico y la raza Duroc. Dentro del clúster constituido por las subpoblaciones de Ibérico (con excepción del Manchado de Jabugo) se evidenció la distribución de éstas en dos subgrupos. Por un lado la población Negro de los Pedroches, y por otro lado el resto de estirpes y líneas. Dentro de este último subgrupo se apreció, a su vez, una separación de las poblaciones de influencia mayoritaria de sangre Lampiña (Lampiño y Torbiscal) de las estirpes y líneas con influencia mayoritaria de sangre Retinta (Alentejano, Valdesequera, Mamellado, Silvela, Entrepelado y Villalón) (Clemente *et al.*, 2008a).

3.6. CALIDAD DE LA CARNE

3.6.1. CONCEPTO E IMPORTANCIA

El concepto de calidad tiene múltiples acepciones. La Real Academia Española (RAE), en la vigesimosegunda edición del Diccionario de la Lengua Española, define la calidad como “*propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor*” (Real Academia Española, 2001). En general, la calidad es entendida como el conjunto de propiedades inherentes a un objeto o servicio que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas, y que permiten apreciarlo como igual, mejor o peor que las restantes de su especie (Real Academia Española, 1970). Es decir, la capacidad de un producto o servicio para satisfacer las expectativas de los consumidores o usuarios, y que permite a su vez una comparación con otros de su especie. Por tanto, debe definirse en el contexto que se esté considerando.

Del mismo modo, cuando hablamos de calidad cárnica (tabla 11), debemos tener en cuenta que bajo este concepto plural se aglutinan aspectos valorables tan dispares que podrían, a su vez, agruparse en diferentes conceptos de calidad relacionados con la carne: 1) calidad de rendimiento cárnico, que reúne características de la canal como la relación peso vivo/peso canal, porcentaje de hueso, conformación, grado de engrasamiento, etc.; 2) calidad industrial, donde se incluyen las propiedades que favorecen la elaboración y transformación industrial de los productos cárnicos; 3) calidad funcional, que se refiere a componentes exigidos a nivel del consumidor, como envasado, etiquetado, trazabilidad, etc.; 4) calidad nutricional, donde se incluyen las proporciones de los diferentes nutrientes, considerando cada vez más aspectos de interés para la salud como la relación de ácidos grasos saturados/insaturados, vitaminas, constituyentes alérgenos o responsables de intolerancias alimentarias, etc.; 5) calidad higiénica, que valora la ausencia o presencia de residuos contaminantes, tóxicos, agentes microbianos, organismos patógenos, etc.; 6) calidad organoléptica, basada en descriptores como olor, color, aroma, sabor, terneza, jugosidad, textura, etc., que determinan el grado de aceptación sensorial por los consumidores; y 7) otros, como pueden ser la calidad culinaria y la calidad económica, determinantes también de aspectos que influyen en su aceptación. Podríamos incluso considerar un concepto emergente cada vez más demandado como es la calidad ética, donde se valoran aspectos como lo natural, sostenible, biodiversidad, empleo de razas autóctonas, manejo extensivo, bienestar animal, elaboración artesanal, baja tasa de emisiones contaminantes, etc. (Rueda, 2000).

Por ello, resulta prácticamente imposible concretar una definición única para la calidad cárnica. A su vez, los parámetros determinantes de los conceptos de calidad

mencionados pueden dividirse en dos grupos: los que ejercen su influencia sobre la calidad hasta el momento del sacrificio (raza, manejo, sistema de explotación, etc.), y los que ejercerán su influencia desde el sacrificio hasta el momento del consumo (manejo durante el sacrificio, faenado, oreo, maduración, despiece, elaboración de productos, almacenamiento, condiciones de conservación, etc.) (Rueda, 2000). Debemos mencionar, igualmente, que la necesidad de poder valorar estos caracteres de un modo objetivo y reproducible ha llevado al empleo de técnicas analíticas que convierten en mensurables los parámetros que definen las calidades anteriormente enumeradas relacionadas con la carne.

Tabla 11. Parámetros, procesos y factores que intervienen en los diferentes aspectos que constituyen la calidad de la carne.

Tipos de calidad	Parámetros determinantes	Procesos y factores responsables
Calidad de rendimiento cárnico	Proporción Peso Vivo/Peso canal Conformación Grado engrasamiento Clasificación y categoría Rendimiento en piezas nobles	Razas Sistemas productivos
Calidad industrial	Propiedades que favorecen la elaboración	Sistemas productivos Procesos de elaboración
Calidad funcional	Envasado Etiquetado Propiedades exigidas por los consumidores	Razas Sistemas productivos Procesos de elaboración
Calidad nutricional	Proporción y equilibrio de grasas, hidratos de carbono, proteínas, aminoácidos, vitaminas, etc.	Sistemas productivos Razas Procesos de elaboración
Calidad higiénica	Ausencia de residuos, contaminantes, toxinas, productos tóxicos, agentes microbianos, etc.	Sistemas productivos Procesos de elaboración
Calidad organoléptica o sensorial	Olor, aroma, color, sabor, flavour, textura, terneseza, jugosidad, etc.	Sistemas productivos Razas Procesos de elaboración
Calidad ética	Bienestar animal Sostenibilidad en la producción Contaminación	Sistemas productivos Procesos de elaboración

Adaptado de Rueda (2000).

Hoy día, para la carne fresca, y una vez cumplidos los requisitos de seguridad alimentaria, posiblemente sean los componentes de la calidad organoléptica, atributos como el color, cantidad de grasa, terneseza, jugosidad y sabor, los fundamentales para la decisión de compra por el consumidor (Becker, 2000;

Carpenter *et al.*, 2001; Miller *et al.*, 2001; Robbins *et al.*, 2003). Dentro de éstos, uno de los factores determinantes del óptimo sabor y olor de la carne, así como de su valor nutritivo, es la composición de la grasa presente en la carne, especialmente su grado de saturación (Becker, 2000). De esta forma, la calidad de la grasa, factor fundamental dentro de la definición de calidad de la carne y de especial importancia en los productos procedentes del Cerdo Ibérico, viene determinada en gran medida por su perfil lipídico. De hecho, la determinación del perfil lipídico de la grasa de la rabadilla del cerdo por cromatografía gaseosa se ha venido empleando de manera oficial para la asignación de los productos de nobles curados del Cerdo Ibérico a diferentes calidades como bellota, recebo y cebo (Orden PRE/3844/2004, de 18 de noviembre), habiéndose derogado con la vigente Norma de Calidad (Real Decreto 1469/2007, de 2 de noviembre).

3.6.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA CARNE EN PORCINO

La calidad de la carne de cerdo ha sido ampliamente estudiada por autores como Huff-Lonergan *et al.* (2002), Furman *et al.* (2007), Rosenvold y Andersen (2003), Shin *et al.* (2008), etc. Por ello, podemos señalar que los parámetros que mayor influencia tienen sobre la apreciación de la calidad de la carne de cerdo son el color (Apple, 2007; Ngapo y Gariépy, 2007), la infiltración grasa (Ruiz *et al.*, 2005; Ventanas, 2006), la textura (Brewer *et al.*, 2002; Shin *et al.*, 2008) y el flavor (Cameron y Enser, 2001; Bryhni *et al.*, 2003). Numerosos factores como el sexo (Bañón *et al.*, 2004; Furman *et al.*, 2007; Peinado *et al.*, 2008), el peso en el momento del sacrificio (Latorre *et al.*, 2004; Jaturasitha *et al.*, 2007), la alimentación (Rosenvold *et al.*, 2002; Guo *et al.*, 2006; Apple, 2007; Marco *et al.*, 2009; Juárez *et al.*, 2010), el sistema de producción (Fortín *et al.*, 2003; Honeyman, 2005), el manejo *ante-mortem* (Hambrecht *et al.*, 2004; Lambooij, *et al.*, 2004), el sacrificio (Channon *et al.*, 2002; Lammens *et al.*, 2007), el manejo *post-mortem* (Kerth *et al.*, 2001; Tomovic *et al.*, 2008), la maduración (Channon *et al.*, 2004; Scheffler y Gerrard, 2007; Juárez *et al.*, 2011), el tipo de pieza cárnica (Franck *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2007) o el cocinado (Juárez *et al.*, 2009; Yarmand y Homayouni, 2009), influyen decisivamente sobre dichos parámetros a lo largo de los diferentes momentos de la cadena productiva.

También debemos señalar el genotipo y, por tanto, las diferencias genéticas entre razas y entre estirpes, líneas y ecotipos de una misma raza, así como entre individuos, que pueden afectar tanto de manera directa sobre los parámetros de calidad de la carne, como de manera indirecta interaccionando con los factores anteriormente citados (Newcom *et al.*, 2004; Sevón-Aimonen *et al.*, 2007; Ryu *et al.*, 2008). Diferencias en la precocidad y, por tanto, en el estado de madurez tisular en el momento del sacrificio entre genotipos, en la cantidad de pigmentos hemínicos en el músculo, en el tipo de fibra muscular, en el contenido en colágeno y, especialmente, en el estado de engrasamiento y en la cantidad y distribución de la grasa intramuscular infiltrada, determinan la obtención de carnes de calidades muy diferente. Así, los cerdos conocidos como de tipo graso, como es el caso del Cerdo Ibérico, presentan, *a priori*, unas características de su carne netamente diferentes de las cualidades de la carne de aquellos porcinos agrupados dentro del tipo magro, como pueden ser las razas Large-White, Landrace, Pietrain y sus cruces (Estévez *et al.*, 2003a). Asimismo, entre las subpoblaciones que conforman la diversidad intrarracial de muchas razas porcinas, se aprecian diferencias significativas en estos parámetros mencionados, determinando por tanto carnes de diferentes calidades, como es el caso de la carne de las distintas estirpes y líneas del Cerdo Ibérico (Muriel *et al.*, 2004).

Diversos estudios se han centrado en las diferencias existentes en los parámetros que definen la calidad de la carne entre razas pertenecientes a ambos grupos debidas a los efectos derivados de sus genotipos. Incluso dentro de una misma raza,

al comparar diferentes líneas o estirpes, se pueden observar variaciones en parámetros que definen la calidad de la carne fresca y de los productos curados. En el caso del Cerdo Ibérico, a pesar del reconocimiento oficial de sus estirpes por parte del Ministerio (R.D. 2129/2008, de 26 de diciembre), hasta la fecha existe una limitada información sobre el efecto de la estirpe en la calidad de la carne, y aunque ciertos trabajos han estudiado dicho efecto sobre piezas destinadas al curado (Muriel *et al.*, 2004), los resultados no serían extrapolables al conjunto de las piezas cárnicas para consumo en fresco (solomillo, presa, pluma, secreto, carrillera,...). Esto es debido a las diferencias del metabolismo (Cava *et al.*, 2003) de los distintos músculos que constituyen la base anatómica de dichas piezas cárnicas, cuyo consumo se ha incrementado en los últimos años, y, consecuentemente, su valor comercial.

Si atendemos a las diferencias en la composición de la canal entre porcinos grasos y magros, Roldán (1983) comparó el despiece del Cerdo Ibérico y del porcino blanco de tipo comercial, reportando importantes diferencias (tabla 12). No obstante, debemos tener en cuenta que en este estudio los pesos vivos en el momento del sacrificio, y por tanto de las canales, fueron sensiblemente diferentes, pues ambas razas se sacrificaron a sus característicos pesos comerciales que son alcanzados a edades igualmente diferentes. En relación a esta circunstancia, está comprobada una importante influencia de la edad de sacrificio sobre la composición de la canal (Daszkiewicz *et al.*, 2004; Asenjo *et al.*, 2005). Sin embargo, Renaudeau y Mourot (2007) encontraron igualmente notables diferencias al comparar los escandallos de la canal de cerdos criollos y cerdos de raza Large-White, representantes de los tipos graso y magro, respectivamente, sacrificados en este caso a un mismo peso (aproximadamente 90 kg de peso vivo).

Tabla 12. Comparación del despiece entre porcino Ibérico y blanco.

	Cerdo Ibérico	Cerdo Blanco
Peso canal (kg)	130	90
Jamones (%)	14	23
Paletas (%)	9	12
Lomos (%)	2	4
Magro (%)	16	27
Grasas (%)	48	23
Hueso (%)	9	12

Adaptado de Roldán (1983).

No obstante, como señalamos anteriormente, pueden apreciarse diferencias en la composición de la canal incluso entre distintas razas asignadas a un mismo grupo. En un reciente estudio, Raj *et al.* (2010) analizaron la composición de la canal de cerdos de las razas Landrace, Duroc, Hampshire y Pietrain sacrificados a 90, 110 y 130 kg de peso vivo, reportando diferencias significativas debidas al efecto raza para los valores medios del contenido en proteína, grasa y humedad de la canal (tabla 13).

Tabla 13. Composición química de la canal de diferentes razas porcinas magras.

	Landrace	Duroc	Hampshire	Pietrain	Sig.
Peso canal (kg)	88,1 ^a	88,4 ^a	88,5 ^a	92,5 ^a	***
Proteína (%)	16,4 ^a	16,1 ^{ab}	15,7 ^b	17,2 ^c	**
Grasa (%)	25,6 ^a	24,6 ^a	24,2 ^a	21,3 ^b	*
Cenizas (%)	2,76	2,95	3,02	2,72	ns
Humedad (%)	55,2 ^a	56,3 ^a	56,8 ^a	59,1 ^b	*
Grasa/Proteína	1,57	1,53	1,48	1,19	ns

 Adaptado de Raj *et al.* (2010)

 a, b y c señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

En relación a la composición química de la carne de cerdo, la principal diferencia atribuible al genotipo observada al comparar la carne procedente de cerdos grasos con la de cerdos magros (razas seleccionadas), como su propio nombre indica, radica en el nivel de engrasamiento de la canal y en el contenido en grasa intramuscular. Sobre estos parámetros influye también la edad y peso de sacrificio (Daszkiewicz *et al.*, 2004; Asenjo *et al.*, 2005). Por ello, el mayor engrasamiento de las razas locales, como es el caso del Ibérico, no sólo se debe al mayor engrasamiento por efecto directo del genotipo sino también a que suelen sacrificarse a edades y pesos más elevados debido a diferencias en la velocidad de crecimiento y en el sistema productivo. Estas diferencias en el engrasamiento, cuando se refieren al contenido de grasa intramuscular de la carne, afectan igualmente al contenido relativo del resto de componentes de la carne, como son la humedad y el contenido en proteína. En relación al contenido de grasa intramuscular, correlacionado positivamente con una mayor percepción de calidad sensorial por los consumidores (Fernández *et al.*, 1999), las diferencias que se pueden encontrar entre diferentes subpoblaciones se atribuyen principalmente a diferencias genéticas (Poto *et al.*, 2007). En este sentido, Serra *et al.* (1998) estudiaron la composición química del músculo *longissimus lumborum* de cerdos ibéricos (estirpe Negro Lampiño de la línea Guadyerbas) y de porcinos magros de la raza Landrace, encontrando importantes diferencias entre ambas razas en el contenido de grasa intramuscular y de humedad, aunque no en el porcentaje de proteína (tabla 14).

Tabla 14. Comparación de la composición química del músculo *longissimus lumborum* del Cerdo Ibérico y de la raza Landrace.

	Cerdo Ibérico	Landrace
Humedad (%)	72,8 ^b	75,0 ^a
Proteína (%)	22,6	22,8
Grasa (%)	3,91 ^a	0,66 ^b

 Adaptado de Serra *et al.* (1998).

 a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Por su parte, Cava *et al.* (2004), al estudiar la composición química del músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos (estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal) y porcinos blancos industriales, encontraron igualmente diferencias significativas entre ambos genotipos en el contenido de grasa intramuscular. Estos autores, en consonancia con lo reportado por Serra *et al.* (1998), no hallaron diferencias significativas en el contenido proteico, sin embargo, a diferencia de Serra *et al.* (1998), tampoco encontraron diferencias significativas en el contenido en humedad (tabla 15). Los resultados reportados por Cava *et al.* (2004) coinciden con los aportados un año antes por Estévez *et al.* (2003a).

Tabla 15. Valores de humedad, grasa intramuscular y proteína en el músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos (estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal) y cerdos blancos.

	Lampiño	Retinto	Torbiscal	Cerdo blanco
Humedad (%)	72,3	73,4	73,6	73,8
Proteína (%)	24,3	23,5	23,8	24,8
Grasa (%)	3,34 ^a	3,17 ^a	2,51 ^a	1,41 ^b

Adaptado de Cava *et al.* (2004)

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Dentro del grupo de razas seleccionadas, Raj *et al.* (2010), al estudiar los parámetros de calidad cárnica del músculo *longissimus dorsi* de las razas Landrace, Duroc, Hampshire y Pietrain, reportaron diferencias significativas entre ellas debidas al efecto raza en la infiltración grasa y en otros parámetros de composición de la canal relacionados como son la humedad y el contenido proteico, aunque no en el contenido en cenizas. La selección hacia mayor contenido magro desarrollada con estas razas porcinas industriales ha llevado pareja una reducción de la infiltración grasa, estimada por Webb (1998) en un 0,07% por cada incremento del 1% en el contenido magro. Esta selección hacia mayor contenido magro está igualmente asociada con una pérdida de la calidad sensorial (Schwab *et al.*, 2006). De hecho, el contenido de grasa intramuscular es uno de los principales factores relacionados con la aceptabilidad en el consumo de carne fresca de Ibérico (Ruíz *et al.*, 2002).

Dentro de la diversidad intrarracial del Cerdo Ibérico, en relación a los datos existentes del efecto de la estirpe sobre la composición química de la carne, los escasos estudios realizados indican que la principal diferencia se encuentra precisamente en este parámetro (infiltración grasa), en el que Torbiscal muestra valores inferiores al resto de las estirpes, como comprobaron Muriel *et al.* (2004) al estudiar las diferencias por estirpe en la composición química de los músculos *masseter* y *longissimus dorsi* (tabla 16).

Tabla 16. Composición por estirpes de los músculos *masseter* y *longissimus dorsi*.

		Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal
Masseter	Humedad (%)	71,5	71,1	70,3	72,6
	Proteína (%)	14,6	14,7	14,2	15,3
	Grasa (%)	4,55 ^a	4,40 ^a	4,46 ^a	2,39 ^b
L. dorsi	Humedad (%)	69,8	67,4	68,8	69,9
	Proteína (%)	17,8	18,2	18,1	18,1
	Grasa (%)	4,84	5,11	4,80	3,67

Adaptado de Muriel *et al.* (2004).

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Por otra parte, el color es uno de los parámetros esenciales en la carne. Se trata del principal atributo determinante de la apariencia de la carne y, por tanto, fundamental en la relación calidad-apariencia que el consumidor establece en el momento de la decisión de compra (Cross *et al.*, 1986; Farber y Dodds, 1995; Kennedy *et al.*, 2004; Luño *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2007; Sørheim *et al.*, 2001). Para tratar de medirlo de modo objetivo, en las últimas décadas se han propuesto diferentes métodos. De entre éstos, el basado en la medida de las coordenadas L^* , a^* y b^* (CIE, 1976) mediante espectrofotómetro probablemente sea el más extendido (Renerre, 1981), siguiéndose para ello el protocolo establecido por Honikel (1998). El color de la carne está influenciado por factores intrínsecos (raza, sexo, tipo de músculo, edad, ejercicio, etc.) y extrínsecos (manejo *ante-mortem*, sacrificio, pH, condiciones y tiempo de almacenamiento, etc.) (Honikel, 1998; Lindahl, 2005). El color de la carne está determinado en gran medida por el contenido y estado de los pigmentos hemínicos (Renerre, 1990), de los que la mioglobina es el principal (Ventanas, 2000) en el músculo *post-mortem*, dado que la hemoglobina, contenida en los vasos sanguíneos, es mayormente eliminada durante el desangrado del sacrificio (Hui *et al.*, 2006). La mioglobina es una proteína globular sarcoplásmica (intracelular) distribuida uniformemente por el músculo, responsable del transporte y almacenamiento del oxígeno dentro del tejido muscular para su empleo por las mitocondrias en el metabolismo celular oxidativo (Stryer, 1981; Lehninger, 1982; Ledward, 1992). La carne procedente de Cerdos Ibéricos presenta un mayor contenido en mioglobina que la procedente de las razas porcinas blancas comerciales (Estévez *et al.*, 2003a). Estos valores más elevados de pigmentos hemínicos en la carne de Cerdo Ibérico en relación a las razas seleccionadas se corresponden con valores más altos de la coordenada a^* , correspondiente al índice rojo-verde (Estévez *et al.*, 2003a y 2006) y menores de luminosidad (índice L^*) (Serra *et al.*, 1998; Estévez *et al.*, 2003a y 2006). En general, las razas porcinas tradicionales, dentro de las que se encuentran las razas grasas no seleccionadas como el Ibérico, presentan un color de la carne más rojo y oscuro que las razas porcinas industriales seleccionadas (Serra *et al.*, 1998; Edwards, 2005; Franci *et al.*, 2005).

A su vez, dentro del grupo de las razas seleccionadas, se han reportado diferencias entre ellas tanto en el contenido en pigmentos hemínicos (Newcom *et al.*, 2004) como en el consecuente color de su carne, reflejándose en diferentes valores de las coordenadas L^* y a^* (Lindahl *et al.*, 2001; Ryu *et al.*, 2008). Por su parte, en Cerdo Ibérico se han encontrado diferencias de color y del contenido en mioglobina entre diferentes tipos de músculos consecuencia de sus distintos metabolismos (Cava *et al.*, 2003). Sin embargo, cuando se estudiaron si existían diferencias en el color de la carne debidas al efecto estirpe, sólo se encontró a nivel de la coordenada a^* , para la que Torbiscal reflejaba el valor más bajo (Muriel *et al.*, 2004), sin que se reseñaran diferencias significativas por estirpes en el contenido de mioglobina (Estévez *et al.*, 2003a).

No obstante, las diferencias de calidad cárnica entre los porcinos magro y graso van más allá del grado de infiltración de grasa intramuscular y del color. Así, la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne, parámetro muy influenciado por el pH y por la relación humedad/proteína, se encuentra íntimamente relacionada con atributos de interés organoléptico como la jugosidad y textura. Tras el sacrificio, parte del agua retenida a nivel de las cadenas de actino-miosina se pierde por evaporación superficial durante el enfriamiento de las canales y por goteo (drip loss) como consecuencia de la proteólisis. Igualmente, el cocinado de la carne determina pérdidas en el contenido acuoso de ésta (cooking loss) debido a la desnaturalización de la matriz proteica. De hecho, las pérdidas por cocinado constituyen las mayores pérdidas de agua que experimenta la carne. Son muy escasos los trabajos que han estudiado las diferencias en CRA entre razas porcinas magras y grasas. Renaudeau y Mourot (2007), al estudiar la capacidad de retención de agua del músculo *longissimus dorsi* de cerdos criollos, en representación de las razas locales grasas, y Large-White, como representante de las razas magras seleccionadas, encuentran que son menores tanto las pérdidas por goteo como por cocinado en los lomos de los cerdos criollos (8,2 % y 28,9 %, respectivamente) que en los lomos de los cerdos de raza Large-White (9,7 % y 30,1 %, respectivamente). En consonancia con estos resultados, Franci *et al.* (2000) encontraron igualmente menores pérdidas de agua en la raza local italiana Cinta Senese en comparación con la raza seleccionada Large-White.

Dentro del grupo de las razas porcinas seleccionadas, industriales o magras, Ryu *et al.* (2008), comparando el músculo *longissimus dorsi* de las razas Berkshire, Landrace, Yorkshire, e híbridos Landrace × Yorkshire × Duroc, encontraron diferencias significativas en las pérdidas por goteo (drip loss) entre ellas, siendo más elevadas en la raza Landrace y menos en Berkshire, con resultados intermedios muy parejos para Yorkshire y los cerdos híbridos. Por su parte, hasta la fecha no hay estudios que analicen las diferencias entre las estirpes de Cerdo Ibérico para este parámetro de capacidad de retención de agua.

En cuanto a la textura de la carne, se trata de una cualidad sensorial determinada por la estructura de la matriz proteica en relación a su contenido en miofibrillas y tejido conjuntivo, que depende de multitud de factores como la especie, raza, sexo, edad, así como de otras variables biológicas y tecnológicas (Beltrán y Roncalés, 2005). Con frecuencia se confunden los términos textura y dureza, siendo la textura una característica sensorial, en tanto que la dureza es un atributo de la textura (Chrystall, 1994). Precisamente la dureza de la carne es el factor más importante en relación a la calidad cárnica para la mayoría de los consumidores occidentales. En relación a la textura, su estimación objetiva siguiendo las directrices marcadas por Honikel (1998) mediante dispositivos mecánicos (texturómetros) dotados de células de penetración, de compresión, o de corte (Warner-Bratzler), es el método más extendido. Si bien son escasos los estudios sobre piezas cárnicas para consumo en fresco que relacionen la textura instrumental de razas magras con razas grasas. Franci *et al.* (2000) compararon las características fisicoquímicas del músculo *longissimus lumborum* entre cerdos de la raza local italiana Cinta Senese y de la raza Large-White, y estudiaron igualmente el efecto del cruce entre ambas razas. Sus resultados ponen de relieve diferencias en la dureza de la carne entre ambas razas, siendo la carne de Cinta Senese más tierna tras el cocinado que la carne de Large-White. Por su parte, Channon *et al.* (2004) estudiaron los parámetros de ternura sensorial e instrumental y la influencia sobre éstos del genotipo, sexo y maduración de la carne, en el músculo *longissimus* de cerdos industriales de las razas Duroc, Large-White y del cruce al 50 % entre ambas, no encontrando diferencias debidas al genotipo en la resistencia al corte con célula de Warner-Bratzler, parámetro que sin embargo se mostró muy influenciado por el periodo de maduración de la carne. Sin embargo, Brewer *et al.* (2002), con anterioridad, al estudiar las características físicas de músculo *longissimus* de las razas industriales Pietrain, Hampshire, Berkshire, Duroc y líneas sintéticas, sí encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar la resistencia al corte de la carne de dichas razas, resultando sensiblemente más “tierna” la carne de Berkshire. Coincidiendo con este resultado, Crawford *et al.* (2010), al estudiar la calidad cárnica de las razas industriales Landrace y Berkshire, encontraron igualmente menor resistencia al corte en la carne del músculo *longissimus* de la raza Berkshire. Por su parte, no hay estudios que comparen la resistencia al corte con célula de Warner-Bratzler en la carne de diferentes estirpes de Cerdo Ibérico. Hasta la fecha, los estudios sobre parámetros instrumentales de textura en porcino Ibérico se han centrado en la relación de éstos con el contenido salino, contenido de humedad y proteólisis en productos curados (Guerrero *et al.*, 1996; Ruiz-Ramírez, 2005; Ruiz-Ramírez *et al.*, 2005; García-Rey *et al.*, 2006; Estévez *et al.*, 2006; Ramírez, 2006; Soto *et al.*, 2009).

Finalmente, en relación al efecto del genotipo sobre la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular (GIM) de la carne, éste puede influir en el perfil lipídico tanto de forma directa como indirecta. Diferencias genéticas en el metabolismo de los lípidos, como puede ser en la capacidad de desaturación-elongación, dan lugar a importantes diferencias entre razas en el contenido en ácidos

grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA). Pero también diferencias en el metabolismo muscular, y por tanto en la composición de los tipos de fibra muscular (oxidativas vs glicolíticas) que constituyen el músculo, carácter relacionado a su vez con diferencias en el contenido en GIM (Cava *et al.*, 2003), influye en el perfil lipídico debido a las variaciones en el contenido relativo de los fosfolípidos de membrana (Wood *et al.*, 2008). Las fibras oxidativas (I), predominantes en músculos oxidativos como el *masseter*, contienen numerosas mitocondrias provistas de membranas lipídicas ricas en fosfolípidos, lo que determinará un contenido mayor en PUFA. En tanto que las fibras glicolíticas (IIB), predominantes en músculos glicolíticos como el *longissimus dorsi*, presentan menor contenido de mitocondrias y por tanto de fosfolípidos, lo que consecuentemente determinará un menor contenido en PUFA que paralelamente supondrá un mayor porcentaje de MUFA y SFA (Cava *et al.*, 2003). A este respecto, Estévez *et al.* (2003a) reportaron mayor contenido en fosfolípidos en el *longissimus dorsi* de cerdos blancos industriales que en el mismo músculo de cerdos ibéricos, lo que se correlaciona, entre otras cosas, con un mayor contenido en PUFA de la GIM del *longissimus dorsi* de los porcinos de genotipo industrial en relación a los ibéricos (Estévez *et al.*, 2003b). En este sentido, diversos estudios han reportado notables diferencias en el perfil lipídico del porcino Ibérico en relación a otras razas debidas no sólo a sus diferentes sistemas de producción y alimentación sino también a factores intrínsecos de la raza. Cava *et al.* (2004) encontraron mayor contenido en ácido oleico y en general en MUFA, y menor contenido en PUFA, en la fracción neutra de la GIM del músculo *longissimus dorsi* de las estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal de Cerdo Ibérico en relación al mismo músculo de cerdos blancos industriales (tabla 17). Estos resultados están en consonancia con los reportados un año antes por Estévez *et al.* (2003b) para la GIM del *longissimus dorsi* de las mismas subpoblaciones porcinas estudiadas por Cava *et al.* (2004).

Tabla 17. Composición lipídica (en %) de la fracción neutra de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos de las estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal, y de cerdos blancos.

	Lampiño	Retinto	Torbiscal	Cerdo blanco
C16:0	26,0	26,2	26,3	24,9
C18:0	12,4	12,6	12,6	12,0
C18:1	46,4 ^a	44,5 ^a	44,7 ^a	39,0 ^b
C18:2	6,11 ^b	7,11 ^b	7,23 ^b	14,23 ^a
SFA	40,7	41,2	41,1	39,2
MUFA	51,7 ^a	49,7 ^a	50,0 ^a	43,4 ^b
PUFA	7,51 ^b	9,15 ^b	8,95 ^b	17,6 ^a

Adaptado de Cava *et al.* (2004)

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

Dentro de las razas seleccionadas también se aprecian diferencias en el perfil lipídico de la grasa intramuscular (GIM) debidas a efectos genéticos. Raj *et al.* (2010), al estudiar la calidad cárnica del músculo *longissimus dorsi* de cerdos de las razas Landrace, Duroc, Hampshire y Pietrain sacrificados a 90, 110 y 130 kg de peso vivo, encontraron diferencias estadísticamente significativas en la composición lipídica de la GIM debidas al efecto peso de sacrificio, al efecto raza y a la interacción entre ambos efectos. En cuanto a las diferencias de origen genético, reportaron menor contenido en C16:0 y mayor en C18:2_{n-6}, C18:3_{n-3} y PUFA en Pietrain en relación a las restantes razas estudiadas, y mayor contenido en C18:1, MUFA y SFA en la carne de Duroc con respecto a las razas Landrace, Hampshire y Pietrain. Asimismo, la raza Pietrain se muestra como la de mayor índice PUFA/SFA, en tanto que la raza Duroc, por el mayor grado de saturación y menor de poliinsaturación de su grasa, refleja el menor valor en este cociente (tabla 18).

Tabla 18. Valores medios de la composición de ácidos grasos (en %) de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* por razas.

	Landrace	Duroc	Hampshire	Pietrain
C14:0	1,33	1,30	1,27	1,21
C16:0	22,7 ^b	22,7 ^b	22,4 ^b	21,3 ^a
C16:1	1,91	2,36	1,90	1,76
C18:0	11,7	11,6	11,9	11,42
C18:1	36,0 ^a	39,8 ^b	37,3 ^c	35,3 ^a
C18:2_{n-6}	19,0 ^a	16,5 ^b	18,5 ^a	21,8 ^c
C18:3_{n-3}	0,94 ^a	0,86 ^b	0,92 ^a	1,05 ^c
C20:4_{n-6}	1,27 ^a	1,24 ^a	1,44 ^a	1,35 ^c
PUFA	21,2 ^a	18,6 ^b	22,0 ^c	24,6 ^d
MUFA	37,9 ^a	42,1 ^b	39,2 ^c	37,0 ^d
SFA	35,7 ^a	36,2 ^b	35,6 ^c	34,0 ^d
PUFA/SFA	0,59 ^a	0,52 ^b	0,61 ^c	0,71 ^d

Adaptado de Raj *et al.* (2010)

a, b, c y d señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

Por su parte, Alonso *et al.* (2009) estudiaron la calidad cárnica de los principales cruces industriales que, a partir de la hibridación de las razas seleccionadas, abastecen el mercado de porcinos magros en nuestro país. Para ello, analizaron diferentes parámetros fisicoquímicos del músculo *semimembranosus* de animales sacrificados tras el cebo obtenidos a partir del cruce de machos finalizadores de

razas “precoces” puras (Large White, Duroc y Pietrain) con madres híbridas Large White × Landrace. Los resultados reflejaron que, además de en los valores de pH a partir de las 24 h *post-mortem* y de infiltración grasa intramuscular, las principales diferencias entre las líneas híbridas estudiadas aparecían precisamente a nivel de la composición en determinados ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo estudiado (tabla 19).

Tabla 19. Parámetros de calidad cárnica en músculo *semimembranosus* de diferentes cerdos híbridos comerciales.

	LW × (LW × LD)	D × (LW × LD)	P × (LW × LD)
pH 45 min	6,29	6,34	6,29
pH 24 h	5,66 ^a	5,71 ^b	5,65 ^a
Grasa (mg/g)	1,69 ^a	2,24 ^b	1,60 ^a
C14:0 (%)	1,07 ^a	1,22 ^b	1,06 ^a
C16:0 (%)	22,3 ^{ab}	22,9 ^b	21,8 ^a
C16:1 (%)	2,88 ^a	3,19 ^b	3,23 ^b
C18:0 (%)	10,5 ^b	10,5 ^b	9,30 ^a
C18:1 _{n-9} (%)	40,1	40,8	39,7
C18:1 _{n-7} (%)	4,03 ^a	4,29 ^b	4,47 ^b
C18:2 _{n-6} (%)	10,7 ^{ab}	9,39 ^a	11,5 ^b
C18:3 _{n-6} (%)	0,07 ^a	0,06 ^a	0,09 ^b
C18:3 _{n-3} (%)	0,61	0,57	0,58
C20:4 _{n-6} (%)	2,09 ^{ab}	1,65 ^a	2,51 ^b
SFA (%)	34,7 ^b	35,4 ^b	32,9 ^a
MUFA (%)	48,4	49,7	48,7
PUFA (%)	15,0 ^{ab}	13,0 ^a	16,4 ^b
PUFA/SFA	0,43 ^{ab}	0,37 ^a	0,50 ^b
n-6/n-3	9,34 ^{ab}	8,97 ^a	9,44 ^b

Adaptado de Alonso *et al.* (2009)

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

n6: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-6

n3: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-3

Dentro de la raza porcina Ibérica, son escasos los estudios que abordan las diferencias de la calidad cárnica de piezas para consumo en fresco por estirpes. No obstante, Muriel *et al.* (2004) llevaron a cabo un completo estudio de los parámetros

fisicoquímicos de los músculos *massester* (oxidativo) y *longissimus dorsi* (glicolítico) de cerdos ibéricos sacrificados a los 150 ± 10 kg de las estirpes Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal. En relación a la composición lipídica de la grasa intramuscular de ambos músculos, estos autores reportan mayor número de diferencias estadísticamente significativas por estirpes en el músculo *massester* (tabla 20) que en el *longissimus dorsi* (tabla 21).

Tabla 20. Composición lipídica (en %) de la grasa intramuscular del Músculo *massester* de cerdos ibéricos de las estirpes Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal.

	Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal
C14:0	0,65	0,64	0,73	0,70
C16:0	18,2	18,7	19,0	18,1
C16:1_{n-7}	2,88 ^b	2,86 ^b	3,26 ^a	3,00 ^b
C18:0	11,6	11,8	11,1	11,7
C18:1_{n-9}	49,6 ^a	50,5 ^a	49,2 ^a	45,0 ^b
C18:2_{n-6}	11,1 ^b	9,93 ^b	10,6 ^b	13,4 ^a
C18:3_{n-3}	0,97	0,76	1,00	1,05
C20:0	0,26	0,22	0,25	0,24
C20:1_{n-9}	1,56	1,52	1,46	1,46
C20:4_{n-6}	2,42 ^b	2,40 ^b	2,61 ^b	4,34 ^a
SFA	31,2	31,7	31,5	31,4
MUFA	54,4 ^a	55,2 ^a	54,2 ^a	49,8 ^b
PUFA	14,4 ^b	13,1 ^b	14,2 ^b	18,8 ^a
n-6	13,5	12,3	13,2	17,7
n-3	0,97	0,76	1,00	1,05
n-6/n-3	14,5	19,3	13,9	17,1

Adaptado de Muriel *et al.* (2004)

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

n6: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-6

n3: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-3

Tabla 21. Composición lipídica (en %) de la grasa intramuscular del Músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos de las estirpes Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal.

	Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal
C14:0	0,88	0,89	0,91	0,92
C16:0	20,6	20,4	20,2	20,7
C16:1_{n-7}	3,97	4,00	4,34	4,05
C18:0	11,9	12,4	11,4	11,7
C18:1_{n-9}	51,7	51,5	51,7	51,2
C18:2_{n-6}	7,60	7,22	7,55	7,96
C18:3_{n-3}	0,42	0,49	0,54	0,41
C20:0	0,22 ^a	0,29 ^a	0,30 ^a	0,17 ^b
C20:1_{n-9}	1,23	1,19	1,25	1,18
C20:4_{n-6}	0,99	1,10	1,10	1,16
SFA	33,9	34,2	33,2	33,8
MUFA	57,1	56,9	57,6	56,6
PUFA	9,01	8,82	9,19	9,53
n-6	8,59	8,32	8,65	9,12
n-3	0,42	0,55	0,54	0,41
n-6/n-3	13,8	14,0	14,5	14,8

Adaptado de Muriel *et al.* (2004)

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

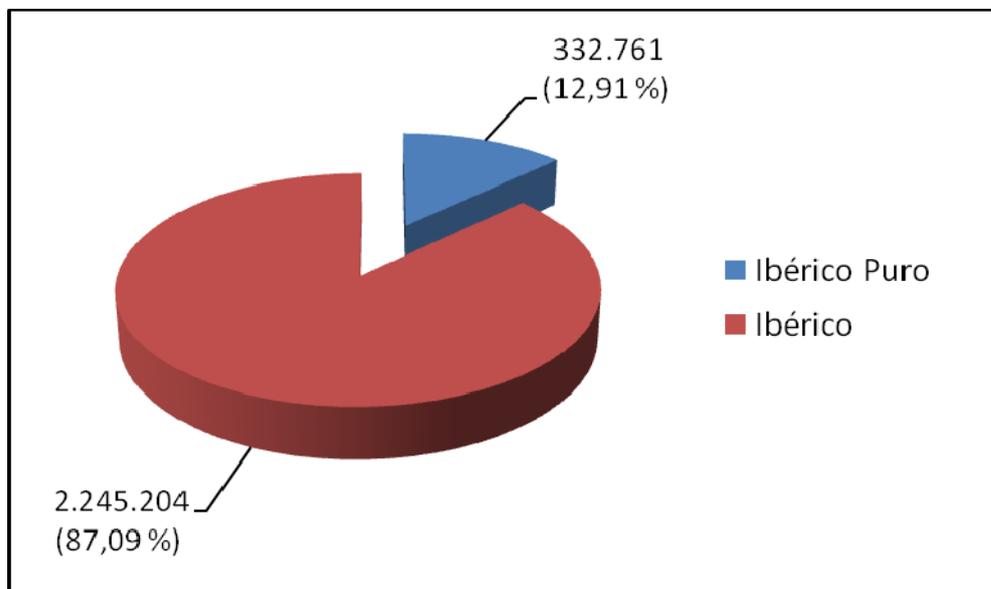
n6: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-6

n3: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-3

Hasta el momento se han reseñado las características de la calidad cárnica de las razas porcinas seleccionadas (magras), de las razas locales (razas generalmente grasas), con especial atención al Ibérico, y las diferencias entre ambos grupos. Igualmente se han abordado las diferencias en los parámetros que definen la calidad cárnica entre distintas razas o estirpes adscritas a estos grupos de porcinos magros y grasos. Sin embargo, dentro del Cerdo Ibérico, el grueso de su producción se sustenta hoy día en el cruce con la raza Duroc (figura 18) que, conforme a la Norma de Calidad del Ibérico (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre), se encuadra dentro de la categoría racial "Ibérico". Por ello, no debemos terminar este apartado sin reparar en

la influencia que este cruce tiene sobre los caracteres fisicoquímicos de la carne de Ibérico.

Fig. 18. Cerdos ibéricos certificados en España por categoría racial en 2010.



Adaptación de datos del MARM (2012)

Dicho cruce con la raza Duroc se lleva a cabo con el objeto de mejorar ciertos parámetros productivos, como el número de lechones destetados, el peso al destete, el crecimiento en cebo o el peso al sacrificio (Aparicio, 1988; López-Bote, 1998). La raza Duroc, como macho finalizador en el cruce industrial con otras razas maternas especializadas, como Large White, Landrace y sus híbridas, conlleva un incremento en el engrasamiento de la canal y en el contenido de grasa intramuscular (Wood, 1993; Alonso *et al.*, 2009). Sin embargo, el cruce Ibérico × Duroc presenta menor contenido en grasa intramuscular que el Ibérico en pureza (Ventanas, 2006; Ventanas *et al.*, 2007; Serrano *et al.*, 2008), indicando una mayor precocidad y por tanto una maduración más temprana de los cerdos de raza Ibérica en pureza (Serrano *et al.*, 2008), lo que conlleva una mayor deposición de grasa a una misma edad, en relación a los cerdos ibéricos cruzados con Duroc. Asimismo, el cruce de Ibérico con la raza Duroc determina un incremento en el porcentaje de proteína y un menor porcentaje de fibras musculares de tipo oxidativo (Serrano *et al.*, 2008). En relación al efecto del cruce de Ibérico × Duroc en el contenido de humedad de la carne, diversos autores han reportado resultados dispares; mientras que Ventanas *et al.* (2006) encontraron mayor contenido de humedad en el músculo *biceps femoris* de cerdos cruzados, Serrano *et al.* (2008) no encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad del *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos puros y cruzados con Duroc (tabla 22).

Tabla 22. Comparación del contenido en humedad, proteína y grasa intramuscular entre la carne de Cerdo Ibérico Puro y del cruce de Ibérico × Duroc.

	Ibérico Puro	Ibérico × Duroc	Músculo	Referencia
Humedad (%)	69,7	70,6	<i>Longissimus dorsi</i>	Serrano <i>et al.</i> , 2008
	69,2 ^b	70,8 ^a	<i>Biceps femoris</i>	Ventanas <i>et al.</i> , 2007
Proteína (%)	21,0 ^b	22,2 ^a	<i>Longissimus dorsi</i>	Serrano <i>et al.</i> , 2008
Grasa (%)	8,8 ^a	6,5 ^b	<i>Longissimus dorsi</i>	Serrano <i>et al.</i> , 2008
	4,2 ^a	2,3 ^b	<i>Biceps femoris</i>	Ventanas <i>et al.</i> , 2007

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Sin embargo, estos autores no discrepan a la hora de definir el efecto del cruce de Ibérico con Duroc sobre el color de la carne (tabla 23), coincidiendo en que dicho cruce determina una carne menos roja (menor índice a^*) y más clara (mayor L^*) que la de Ibérico en pureza (Ventanas *et al.*, 2006; Serrano *et al.*, 2008), correlacionado este dato con un menor contenido en mioglobina en la carne de los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc (Ventanas *et al.*, 2006). Sin embargo, estas diferencias de color (índices L^* y a^*) debidas al efecto del cruzamiento con Duroc no se aprecian en los productos curados (Carrapiso y García, 2005). De igual modo, no se aprecian diferencias entre Ibérico e Ibérico × Duroc en la capacidad de retención de agua estimada como drip loss (Serrano *et al.*, 2008).

Tabla 23. Comparación del color físico (coordenadas CIE, 1976) y del contenido en mioglobina entre la carne de Cerdo Ibérico Puro y del cruce Ibérico × Duroc.

	Ibérico Puro	Ibérico × Duroc	Músculo	Referencia
Cie L^*	39,8 ^b	42,8 ^a	<i>Longissimus dorsi</i>	Serrano <i>et al.</i> , 2008
	39,4 ^b	47,0 ^a	<i>Biceps femoris</i>	Ventanas <i>et al.</i> , 2007
Cie a^*	11,3 ^a	7,6 ^b	<i>Longissimus dorsi</i>	Serrano <i>et al.</i> , 2008
	16,2 ^a	11,3 ^b	<i>Biceps femoris</i>	Ventanas <i>et al.</i> , 2007
Cie b^*	13,6	13,6	<i>Longissimus dorsi</i>	Serrano <i>et al.</i> , 2008
	7,3 ^b	10,8 ^a	<i>Biceps femoris</i>	Ventanas <i>et al.</i> , 2007
Mb (mg/g)	3,8 ^a	2,8 ^b	<i>Biceps femoris</i>	Ventanas <i>et al.</i> , 2007

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

L^* , a^* y b^* : coordenadas tricromáticas (CIE, 1976)

Mb: mioglobina

Por último, debemos señalar que el cruce de Ibérico × Duroc conlleva modificaciones del perfil lipídico de la grasa subcutánea (tabla 24), con mayor porcentaje de MUFA y menor de SFA en Ibérico puro en comparación con el cruzado con Duroc (Ventanas *et al.*, 2006). Si bien, a nivel de la grasa intramuscular de la

carne en fresco (tabla 25), son escasas las diferencias en el perfil lipídico debidas al cruzamiento con la raza Duroc (Tejeda *et al.*, 2002; Ventanas *et al.*, 2006), y lo mismo cabe decirse en relación al perfil lipídico de la grasa intramuscular de productos curados (Petrón *et al.*, 2004).

Tabla 24. Comparación de los índices de composición lipídica (en %) de la grasa subcutánea dorsal entre Cerdo Ibérico Puro y Cerdo Ibérico cruzado con la raza Duroc.

	Ibérico Puro	Ibérico x Duroc
SFA	31,6 ^b	32,7 ^a
MUFA	57,9 ^a	55,5 ^b
PUFA	10,5 ^b	11,9 ^a
n-6	9,98 ^b	10,8 ^a
n-3	0,52 ^b	0,63 ^a
n-6/n-3	19,2 ^a	17,2 ^b

Adaptado de Ventanas *et al.* (2006)

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

Tabla 25. Comparación de la composición lipídica (en %) de la fracción neutra de la grasa intramuscular del músculo *biceps femoris* entre Ibérico Puro e Ibérico cruzado con Duroc.

	Ibérico Puro	Ibérico x Duroc
C14:0	1,34 ^a	1,22 ^b
C16:0	23,6 ^a	22,1 ^b
C16:1	5,02 ^a	4,26 ^b
C18:0	9,39	9,77
C18:1	54,0	54,8
C18:2_{n-6}	4,11 ^b	4,97 ^a
C18:3_{n-3}	0,23 ^b	0,29 ^a
C20:0	0,13	0,12
C20:4_{n-6}	0,25	0,30
SFA	34,7	33,4
MUFA	60,0	60,2
PUFA	5,11 ^b	6,17 ^a
n-6	4,53	5,45
n-3	0,38 ^b	0,44 ^a
n-6/n-3	11,9	12,4

Adaptado de Ventanas *et al.* (2006)

a y b señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

SFA: ácidos grasos saturados

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados

n6: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-6

n3: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-3

Por todo lo visto, resulta evidente la importante influencia que el genotipo tiene sobre los diferentes parámetros fisicoquímicos que definen la calidad cárnica en porcino, principalmente cuando comparamos razas seleccionadas con razas locales, pero también a nivel intrarracial, y que en el caso del Ibérico y sus cruces afectará principalmente al grado de engrasamiento, el color y el contenido en mioglobina.

3.7. NORMA DE CALIDAD

Debemos reseñar que, tras muchos años de ausencia de una regulación específica para la producción y elaboración de los productos del Ibérico, el 15 de octubre de 2001 se publicaba en el BOE el Real Decreto 1083/2001, de 5 de octubre, por el que se aprobaba la norma de calidad para el jamón ibérico, paleta ibérica y caña de lomo ibérico elaborados en España. Esta Norma de Calidad pretendía regular y clarificar el mercado diferenciando los productos nobles curados del Ibérico en función de la raza (*Ibérico puro e Ibérico*) y de la alimentación (*Bellota, Recebo y Cebo*), estableciendo unos requisitos productivos para cada una de las categorías comerciales que contemplaba.

A este primer Real Decreto le siguieron una serie de disposiciones legales a fin de desarrollar y modificar determinados aspectos de esta Norma:

- Real Decreto 144/2003, de 7 de febrero.
- Real Decreto 1781/2004, de 30 de julio.
- Orden APA/213/2003, de 10 de febrero.
- Orden APA/3582/2003, de 11 de diciembre.
- Orden PRE/3844/2004, de 18 de noviembre.

Sin embargo, circunstancias como el hecho de que esta Norma denominara como “Ibérico” a los productos procedentes del cruce con Duroc-Jersey, induciendo a confusión al consumidor y desprotegiendo al Cerdo Ibérico Puro, junto con otras cuestiones como la no acreditación por ENAC de determinadas entidades de inspección y certificación que operaban en el sector, o la controvertida fiabilidad del análisis de ácidos grasos con el que se determinaba la categoría por alimentación, condujeron a una situación de crisis que se resolvió con la suspensión de la norma en 2006 y el sometimiento de la misma a revisión a fin de elaborar una nueva norma de calidad que fuera más eficiente y sobre la que hubiera mayor consenso por parte de los operadores del subsector del Ibérico (Clemente y Moreno, 2010). Así pues, tras consultarse a las comunidades autónomas y a la interprofesional del Ibérico, mediante el Real Decreto 1469/2007, de 2 de noviembre, publicado en el BOE nº 264 del sábado 3 de noviembre de 2007, se aprobaba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos, que derogaba a cuantas disposiciones de igual o inferior rango se oponían a lo dispuesto en dicho real decreto, y en particular al Real Decreto 1083/2001, de 5 de octubre, a la Orden APA/213/2003, de 10 de febrero, y a la Orden APA/3582/2003, de 11 de diciembre. Entraba por tanto en vigor la pretendida nueva Norma de Calidad, actualmente en vigencia, y que, respecto a su predecesora de 2001, incorpora una serie de modificaciones de interés.

En primer lugar, regula no sólo la producción y elaboración de los productos nobles curados (jamón, paleta y caña de lomo) del Cerdo Ibérico, sino también del resto de la canal que se comercializa en fresco, en respuesta a la creciente demanda en el mercado de determinadas piezas cárnicas que han ido adquiriendo en los últimos años un alto valor comercial (solomillo, presa, secreto, pluma, etc). Por otro lado, endurece el control del origen de las producciones “de bellota” y “de recebo”, estableciéndose unos requisitos mínimos tanto para los cerdos como para las dehesas de cebo en montanera. Así, los cerdos deben cumplir unos pesos mínimos de entrada y salida, un tiempo mínimo de permanencia en montanera, una reposición mínima, una carga ganadera limitada a un máximo de dos cerdos por hectárea, una edad mínima de sacrificio de 14 meses, etc. En tanto que las dehesas deben contar con al menos 10 árboles del género *Quercus* en producción por hectárea, estar ubicadas en términos municipales reconocidos como “área de dehesa” en el anexo III del Real Decreto 1469/2007, y figurar como tal en el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrarias (SIGPAC). De igual modo, la analítica de ácidos grasos para la determinación del factor alimentación queda derogada en favor de los controles de campo realizados por las entidades de inspección. A su vez, se crea una diferenciación más según el tipo de alimentación para distinguir los productos de cerdos ibéricos cebados con piensos en campo de los procedentes de naves de cebadero, quedando por tanto cuatro categorías por alimentación que deben ajustarse a una serie de requisitos zootécnicos: *Bellota*, *Recebo*, *Cebo en Campo* y *Cebo* (tabla 26).

Tabla 26. Designaciones de los productos del Ibérico en función del tipo de alimentación de los animales reguladas por la Norma de Calidad (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre).

Categoría	Carga ganadera máxima	Peso medio entrada cebo	Reposición mínima en montanera **	Edad mín. sacrificio	Peso canal mínimo sacrificio
BELLOTA	2 cerdos/Ha	92-115 kg	4 @	14 meses	117 kg
RECEBO	2 cerdos/Ha	92-115 kg	2,5 @	14 meses	117 kg
CEBO EN CAMPO	15 cerdos/Ha	92-115 kg	-----	12 meses	117 kg
CEBO	-----	-----	-----	10 meses	117 kg

** Estancia mínima de 2 meses

Adaptado de Clemente *et al.*, 2008c

En relación a las categorías por el factor racial (“Ibérico Puro” e “Ibérico”), en la vigente Norma de Calidad se mantiene uno de los temas que más controversia levantó ya la anterior Norma, como es la denominación de “Ibérico” para productos cruzados con Duroc, a pesar de que cada vez son más las voces que reclaman para estas producciones la denominación “de cruce de Ibérico” para así evitar el confusiónismo, garantizando de este modo mayor transparencia e información al consumidor (Molina *et al.*, 2008). No obstante, en cuanto a la denominación por raza

(tabla 27), se introduce una modificación importante para adecuarse a la Directiva Comunitaria 88/661 de 19 de diciembre relativa a las normas zootécnicas aplicables a los animales reproductores de la especie porcina; y es que a partir de ahora el término “Ibérico Puro” sólo puede ser empleado por productos procedentes de madre y padre ibéricos inscritos ambos en el Libro Genealógico de la Raza (L.G.), gestionado por la Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico (AECERIBER). Este hecho, que si bien puede suponer un perjuicio para muchos ganaderos cuyos reproductores, siendo ibéricos 100 %, no figuran en el Libro Genealógico, lo que les obliga a comercializar sus productos como de “Ibérico”, al mismo nivel que los procedentes de cerdos ibéricos cruzados con Duroc al 50% y 75% (Molina *et al.*, 2008), también supone la diferenciación, y por tanto protección, de los productos del Cerdo Ibérico de cuya pureza racial hay plenas garantías y que además proceden de reproductores controlados por AECERIBER (Clemente y Moreno, 2010). Esta entidad, como responsable de la gestión del Libro Genealógico de la Raza, debe acreditar que determinado cerdo, cuyos productos se van a comercializar como de “Ibérico Puro”, procede de dos reproductores inscritos en el L.G (Diéguez, 2008). Por lo tanto, este hecho, además de suponer un refuerzo de la importancia de la actividad de la propia asociación de criadores, puede también suponer un apoyo de la necesidad de controles que certifiquen objetivamente el origen racial de los productos y, por ende, garanticen una mayor seguridad para los consumidores (Clemente *et al.*, 2008c).

Tabla 27. Designaciones de los productos del Cerdo Ibérico en función del factor racial reguladas por la Norma de Calidad (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre).

DESIGNACIÓN RACIAL	MADRE	PADRE	PORCENTAJE DE SANGRE IBÉRICA
IBÉRICO PURO	IBÉRICA (inscrita en el LG)	IBÉRICO (inscrito en el LG)	100 %
IBÉRICO	IBÉRICA	IBÉRICO	100 %
		Verraco cruce de Ibérica × Duroc	75 %
		Verraco DUROC	50 %

Asimismo, se crea la “mesa del ibérico” a modo de comisión de seguimiento, coordinación y mejora de la aplicación de la Norma de Calidad, donde se encuentran representadas las CC.AA. y diversas entidades del sector. Finalmente, se extiende la aplicación de la Norma de Calidad a los productos procedentes de cerdos ibéricos portugueses comercializados en España.

No obstante, la Norma de Calidad debe ser entendida como una “norma de mínimos”, un conjunto de requisitos mínimos que deben cumplir los productos de Cerdo Ibérico para comercializarse como tal, dentro de las diferentes categorías comerciales que establece en función de la raza y de la alimentación. Como ya se ha

mencionado, la vigente Norma de Calidad aún conserva la aberrante denominación de “Ibérico” para designar productos que pueden ser tan Ibéricos como Duroc (Clemente y Moreno, 2010) al proceder del cruce al 50 % de ambas razas.

Esta Norma de Calidad se ideó para regular la producción de Ibérico que iba *in crescendo* en las últimas décadas debido a una profunda reconversión dentro del subsector del Ibérico motivado por la gran demanda de estos productos. Así, la tradicional producción de Cerdo Ibérico ligada al aprovechamiento de los recursos de la dehesa ha venido experimentando diferentes transformaciones en los últimos años que han dado lugar a la aparición de explotaciones en las que se sigue un sistema de producción semi-extensivo, semi-intensivo o incluso netamente intensivo (Clemente y Moreno, 2010). Del mismo modo, en las áreas de España caracterizadas por la producción porcina intensiva de cerdos magros industriales (razas blancas), muchas de ellas sin tradición en la explotación de Ibérico, han proliferando granjas intensivas de cerdos ibéricos sin base territorial, en gran medida por la adaptación de las instalaciones ya existentes de porcino blanco. Este modelo productivo ha perseguido la maximización de la producción de Ibérico con el empleo de infraestructuras y técnicas propias del porcino blanco industrial, ajustando los costes unitarios de producción. La base genética animal de esta producción intensiva se ha sustentado de manera fundamental en el empleo del llamado “cruce industrial” con macho de raza Duroc, obteniéndose principalmente los llamados “50 %” (madre Ibérica × padre Duroc), y en menor medida los “75 %” (madre Ibérica × padre del 50%), que, como se ha mencionado, en la Norma de Calidad del Ibérico (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre) quedan englobados dentro de la categoría racial “Ibérico” (Clemente y Moreno, 2010).

El informe ExcelporkTM 2007 (AFI, 2007) revelaba que, en dicho año, más del 60% de las explotaciones intensivas de porcino blanco de España barajaban su conversión total o parcial a explotaciones intensivas de este cruce de Ibérico con Duroc. Este interés por la producción intensiva de porcino Ibérico fue motivado sin duda por la alta cotización que en los últimos años han alcanzado en el mercado los productos del Cerdo Ibérico, merced al reconocimiento de su calidad incluso más allá de nuestras fronteras, tanto de los considerados “productos nobles curados” (jamón, paleta y caña de lomo) como de determinadas piezas cárnicas para consumo en fresco que han ido conquistando las cartas de los mejores restaurantes (presa, pluma, secreto, solomillo...). Asimismo, esta producción intensiva ha permitido romper la estacionalidad en la oferta que tradicionalmente ha caracterizado al Ibérico. Enmarcado en este contexto de valorización de las producciones de Ibérico, las explotaciones tradicionales vinculadas al área de dehesa también aumentaron sus cargas ganaderas y ajustaron sus manejos productivos buscando una mayor rentabilidad por cerda y año y una superación de la estacionalidad de las producciones, que consecuentemente suponía una explotación de la dehesa más allá de la época de montanera.

La principal consecuencia de estas transformaciones, que en los últimos años han supuesto una profunda reconversión del subsector del Ibérico con un importante desarrollo y expansión de modelos productivos intensivos, ha sido el incremento exponencial del censo total de cerdos ibéricos y por tanto de sus productos, englobándose el grueso de esta producción dentro de la categoría “cebo”, conforme a la mencionada Norma de Calidad (R.D. 1469/2007), en tanto que las producciones de calidad vinculadas a la dehesa (bellota y recebo) constituyen una mínima parte que, no obstante, en Andalucía adquiere mayor peso específico en relación a la producción a nivel nacional (tabla 28).

Tabla 28. Jamones certificados en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Categoría comercial		Jamones España	% del total	Jamones Andalucía	% del total regional	% Andalucía respecto total nacional
Ibérico Puro	Bellota	184.815	3,99	151.766	15,69	3,27
	Recebo	55.259	1,19	50.817	5,25	1,10
	Cebo en Campo	488	0,01	0	0	0
	Cebo	9.710	0,21	8.053	0,83	0,17
Ibérico	Bellota	759.907	16,39	225.235	23,28	4,86
	Recebo	52.178	1,13	19.508	2,02	0,42
	Cebo en Campo	16.569	0,36	10.471	1,08	0,23
	Cebo	3.558.478	76,73	501.513	51,84	10,81
TOTAL		4.637.404	100	967.363	100	20,86

Adaptación de datos del MARM (2012)

De acuerdo a estos datos, que son los últimos oficiales publicados por el MARM (2012) y correspondientes a la campaña de 2010, la producción total de jamones ibéricos certificados por la Norma de Calidad asciende a 4.637.404, que contrasta con los 5.160.804 del año anterior. De estos jamones certificados en 2010, el 5,40 % (250.272) pertenecen a la categoría “Ibérico Puro”, mientras que los jamones de categoría “Ibérico” (4.387.132) suponen el 94,60 % del total. Por factor alimentación, la categoría “cebo” (3.568.188) constituye el 76,94 % del total nacional, siendo casi la totalidad de éstos de categoría “Ibérico de cebo” (3.558.478), que suponen el 76,73 % de la producción a nivel nacional. Los jamones certificados como “bellota” ascienden a 944.722, lo que constituye el 20,37 % del total nacional. De ellos, 184.815 lo son “Ibérico Puro de bellota”, que supone el 3,99 % del total de jamones certificados por la Norma de Calidad. Por su parte, las categorías “recebo”, con 107.437 jamones, y la categoría “cebo en campo”, con 17.057 jamones, tienen una presencia testimonial constituyendo tan sólo el 2,32 % y el 0,37 % del total, respectivamente. En relación a la campaña anterior, las categorías “Ibérico Puro de recebo”, “Ibérico de bellota” e “Ibérico de cebo en campo” experimentan un

incremento a nivel nacional, reflejándose una disminución en la producción de las restantes categorías, especialmente en “Ibérico de cebo”. El panorama a nivel andaluz es muy similar con respecto a los incrementos y descensos en las producciones para las diferentes categorías comerciales, con la salvedad de la producción de “Ibérico de cebo”, que contrariamente a lo ocurrido a nivel nacional, en Andalucía experimenta un importante crecimiento en relación a la campaña anterior.

Por su parte, la certificación de paletas (tabla 29) y lomos (tabla 30) en 2010 también experimentó una importante disminución en relación a las campañas anteriores. Así, de las 5.093.889 de paletas ibéricas certificadas por la Norma de Calidad en 2009, pasamos a 4.757.953 paletas en 2010. Más acusado aún es el descenso en las cañas de lomo, que de 4.395.657 certificadas en 2009 se pasa a 3.505.815 en 2010.

Tabla 29. Paletas certificadas en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Categoría comercial		Paletas España	% del total	Paletas Andalucía	% del total regional	% Andalucía respecto total nacional
Ibérico Puro	Bellota	102.981	2,16	68.894	7,15	1,45
	Recebo	79.611	1,67	75.390	7,82	1,58
	Cebo en Campo	621	0,01	0	0	0
	Cebo	11.773	0,25	7.058	0,73	0,15
Ibérico	Bellota	837.403	17,60	259.290	26,90	5,45
	Recebo	47.667	1,00	21.462	2,23	0,45
	Cebo en Campo	23.495	0,49	18.837	1,95	0,40
	Cebo	3.654.402	76,81	512.890	53,21	10,78
TOTAL		4.757.953	100	963.821	100	20,26

Adaptación de datos del MARM (2012)

Tabla 30. Lomos certificados en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Categoría comercial		Lomos España	% del total	Lomos Andalucía	% del total regional	% Andalucía respecto total nacional
Ibérico Puro	Bellota	178.462	5,09	145.091	22,90	4,14
	Recebo	58.863	1,68	58.779	9,28	1,68
	Cebo en Campo	600	0,02	0	0	0
	Cebo	3.699	0,11	3.425	0,54	0,10
Ibérico	Bellota	982.121	28,01	238.125	37,58	6,79
	Recebo	28.654	0,82	12.708	2,01	0,36
	Cebo en Campo	13.321	0,38	7.646	1,21	0,22
	Cebo	2.240.095	63,90	167.833	26,49	4,79
TOTAL		3.505.815	100	633.607	100	18,07

Adaptación de datos del MARM (2012)

Respecto a la carne certificada en 2010, los datos aportados por el MARM (2012) son poco fiables debido a la dificultad para certificar la carne de Ibérico. Las cifras hablan de 23.390,24 toneladas de carne de Ibérico certificadas en 2010, cifra sensiblemente inferior a las 33.828,97 toneladas del año anterior. De estas 23.390,24 toneladas de carne, sólo 3,71 (0,02 %) serían de categoría "Ibérico Puro", en tanto que 23.386,53 toneladas (99,98 %) serían de categoría "Ibérico". Sin duda se trata de cifras muy por debajo de la producción real de carne de Ibérico, pues en la campaña anterior se certificaron 2.948.219 cerdos que habrían sido sacrificados fundamentalmente a lo largo de 2010, lo que señalaría un promedio de 7,93 kg de carne certificada en 2010 por cada animal certificado en 2009. Pero es más, si analizamos los valores por factor racial, las 3,71 toneladas de carne certificada en 2010 como de "Ibérico Puro", en relación a los 383.610 cerdos certificados en 2009 como "Ibérico Puro", supondrían 0,0097 kg de carne certificada por cerdo. Analizando los valores para la categoría "Ibérico", las 23.386,53 toneladas de carne certificada como tal en 2010, en relación a los 2.564.609 cerdos certificados en 2009, suponen 9,12 kg por cerdo; cifras absolutamente desequilibradas.

En relación a los cerdos certificados en la campaña de 2010 (tabla 31), los datos reportados por el MARM (2012) hablan de 2.577.965 cerdos, que contrasta con los 2.948.219 cerdos ibéricos certificados en 2009 y aún más con los 4.171.045 cerdos ibéricos certificados en la campaña anterior de 2008, lo que supone un descenso del 38,19 % en tan sólo dos años, dando una idea de la situación crítica que está atravesando el subsector del Ibérico en el último lustro. De estos cerdos certificados en 2010, el 12,91 % (332.761) eran de categoría "Ibérico Puro" y el 87,09 % (2.245.204) de categoría "Ibérico". En cuanto al factor por alimentación, 613.423 cerdos (23,79 %) fueron certificados como "bellota", 15.817 (0,61 %) como "recebo", 43.087 (1,67 %) como "cebo en campo" y 1.905.638 (73,92 %) como "cebo". Los

cerdos certificados como “Ibérico Puro de bellota”, considerada la categoría de mayor calidad, constituyeron el 9,79 % (252.370) del total, en tanto que los cerdos de categoría “Ibérico de cebo” sumaron un total de 1.833.891, que representa el 71,14 % del total.

Tabla 31. Cerdos ibéricos certificados en España y Andalucía por categoría comercial (raza y alimentación) en 2010 dentro de la Norma de Calidad del Ibérico.

Categoría comercial		España	% del total	Andalucía	% del total regional	% Andalucía respecto total nacional
Ibérico Puro	Bellota	252.370	9,79	214.861	35,93	8,33
	Recebo	3.445	0,13	2.841	0,48	0,11
	Cebo en Campo	5199	0,20	4.154	0,69	0,16
	Cebo	71.747	2,78	55.139	9,22	2,14
Ibérico	Bellota	361.053	14,01	119.517	19,99	4,64
	Recebo	12.372	0,48	4.436	0,74	0,17
	Cebo en Campo	37.888	1,47	14.817	2,48	0,57
	Cebo	1.833.891	71,14	182.265	30,48	7,07
TOTAL		2.577.965	100	598.030	100	23,20

Adaptación de datos del MARM (2012)

Si reparamos en las cifras de Andalucía, del total de 598.030 cerdos certificados a nivel regional en 2010, 276.995 (46,32 %) eran de categoría “Ibérico Puro” y 321.035 (53,68 %) de categoría “Ibérico”. Estos porcentajes contrastan con los datos a nivel nacional, evidenciando la importancia de la categoría “Ibérico Puro” en nuestra región. En cuanto al factor alimentación, el 55,91 % de los cerdos (334.378) pertenecían a la categoría “bellota”, el 1,22 % (7.277) a la categoría “recebo”, el 3,17 % (18.971) eran de “cebo en campo”, en tanto que los cerdos de “cebo” ascendieron a 237.404 (39,70 %). Los cerdos certificados como “Ibérico Puro de bellota”, considerada la categoría de mayor calidad, ascendieron a 214.861, que supone el 35,93 % del total de cerdos certificados en 2010 en Andalucía y un 8,33 % del total nacional. Estas cifras evidencian la importancia de las producciones tradicionales vinculadas a la dehesa en nuestra región, con porcentajes muy superiores a los registrados a nivel nacional para las categorías de mayor calidad.

***MATERIAL Y
MÉTODOS***

4.1. BASE ANIMAL

La base animal con la que se ha trabajado en el presente estudio ha consistido en diez animales de cada una de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico reconocidas oficialmente tanto en el Libro Genealógico de la Raza (Orden APA/3376/2007, de 12 de diciembre) como en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (Orden APA/53/2007, de 17 de enero), es decir, Negro Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal. De ellas, Negro Lampiño y Torbiscal, por sus censos, figuran como variedades del Cerdo Ibérico en peligro de extinción dentro del Catálogo de Razas; en tanto que Retinto y Entrepelado, igualmente por sus censos, figuran como variedades de fomento (Real Decreto 2129/2008, de 26 de diciembre). Ha quedado fuera de este estudio la estirpe Manchado de Jabugo que, aunque ha sido incluida recientemente como variedad del Cerdo Ibérico en peligro de extinción dentro del Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (Orden APA/3628/2007, de 5 de diciembre), no cuenta aún con una descripción diferenciada en el Libro Genealógico de la Raza.

Treinta y cinco animales de cada estirpe fueron preseleccionados por los técnicos de la Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico (AECERIBER), de acuerdo a su genealogía y morfología, de entre los animales que, procedentes de diferentes ganaderías inscritas en el Esquema de Valoración de Reproductores de la Raza Porcina Ibérica (Resolución de 17 de diciembre de 1992, actualizada mediante la Resolución de 30 de diciembre de 1998), conforman el núcleo de control que tutela AECERIBER en cada campaña para completar las pruebas de valoración interganadería mediante el índice genético-económico de ciclo completo. De estos treinta y cinco animales de cada estirpe, se seleccionaron para el estudio los diez que mayor adscripción genética mostraban a la estirpe a la que, *a priori*, fueron asignados. Esta selección genética se basó en la comparación del genotipo de cada animal (para 34 marcadores moleculares de tipo microsatélite) con el perfil genético establecido para su estirpe por el laboratorio de genética molecular del grupo MERAGEM (AGR-158) del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba, como se describe más adelante.

Asimismo, en el presente estudio se incluyó un quinto lote de contraste constituido por diez cerdos ibéricos cruzados al 50 % con la raza Duroc-Jersey, seleccionados de un lote de treinta y cinco cerdos muestreados, procedentes de la explotación La Loma, ubicada en el término municipal de Pozoblanco (Córdoba).

Todos los animales, tanto los cuarenta pertenecientes a las estirpes de Cerdo Ibérico como los diez cruzados con Duroc-Jersey, eran machos castrados.

4.2. MANEJO Y ALIMENTACIÓN

Como ya se ha señalado, en el caso de las estirpes de Cerdo Ibérico, los animales del estudio fueron seleccionados de entre aquellos que cada año le ceden a la Asociación de Criadores las principales ganaderías inscritas en el Esquema de Valoración para completar las pruebas de ciclo completo. Estos animales, machos castrados con 100 ± 10 días de vida y un peso aproximado de 3 @ (34,5 kg), fueron trasladados a la finca que AECERIBER arrienda cada campaña, donde realizaron sus etapas de recría y cebo siguiendo un manejo tradicional extensivo. Durante este periodo, los técnicos de AECERIBER controlaron los índices de crecimiento de los animales, registrando para ello los pesos de los cerdos a su llegada a la finca y una vez finalizaron la etapa de recría, cuando alcanzaron aproximadamente las 7 @ de peso (80,5 kg), en torno a los 8-10 meses de edad. En este periodo los animales fueron alimentados con un pienso de recría (tabla 32), a razón de 1kg por animal y día, aprovechando igualmente los recursos naturales de la finca a libre disposición de los animales. Seguidamente los animales iniciaron la etapa de cebo, alimentándose *ad libitum* con un pienso comercial de cebo (tabla 32), constituido fundamentalmente por cereales y leguminosas, hasta que llegaron a las 13-15 @ de peso vivo (150-170 kg aproximadamente), considerado el peso comercial de sacrificio para el Ibérico y sus cruces con Duroc, momento en el que los animales fueron conducidos al matadero. Con el empleo de estos dos piensos, primero el de recría y posteriormente el de cebo, se unificaba la dieta para todos los animales del estudio, reduciendo así la variación debida a la alimentación. Ambos piensos son formulaciones comerciales que AECERIBER emplea en su finca experimental para las etapas de recría y cebo, emulando así el manejo que, en cuanto a alimentación, se lleva en la mayoría de explotaciones de cebo en extensivo de Ibérico no finalizadas en montanera.

Tabla 32. Composición de los piensos de recría y cebo empleados.

COMPOSICIÓN	PIENSO COMPUESTO	
	RECRÍO	CEBO
Materia seca (%)	91,5	88,6
Humedad (%)	8,50	11,4
S.E.L.N. (% del total)	64,3	64,2
Proteína bruta (% del total)	16,7	14,8
Grasa bruta (% del total)	1,20	3,15
Fibra bruta (% del total)	5,05	2,90
Cenizas (% del total)	4,22	3,46
ÁCIDOS GRASOS		
C16:0 (% sobre grasa bruta)	16,3	18,5
C18:0 (% sobre grasa bruta)	1,94	5,73
C18:1 _{n-9} (% sobre grasa bruta)	20,1	30,8
C18:2 _{n-6} (% sobre grasa bruta)	56,4	39,8
C18:3 _{n-3} (% sobre grasa bruta)	4,61	2,84
SFA (% sobre grasa bruta)	18,5	25,0
MUFA (% sobre grasa bruta)	20,4	32,3
PUFA (% sobre grasa bruta)	61,0	42,6

S.E.L.N.: sustancias extractivas libres de nitrógeno

SFA: sumatorio de los ácidos grasos saturados

MUFA: sumatorio de los ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: sumatorio de los ácidos grasos poliinsaturados

Por su parte, los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc fueron criados en la finca La Loma, ubicada en Pozoblanco (Córdoba), siguiendo igualmente un manejo tradicional extensivo, y alimentándose en la etapa de cebo (desde las 7 @ de peso) con el mismo pienso empleado en el engorde de los cerdos ibéricos de las diferentes estirpes del estudio (tabla 32), hasta que alcanzaron el peso comercial de sacrificio (13-15 @). De este modo, tanto los cerdos de las estirpes de Ibérico como los cerdos ibéricos cruzados con Duroc empleados en este estudio, realizaron un periodo final de cebo en condiciones similares de manejo y alimentación para, así, poder evaluar las diferencias en la calidad cárnica debidas a sus diferentes genotipos.

4.3. ANÁLISIS GENÉTICOS DE ADSCRIPCIÓN A ESTIRPE

Los análisis genéticos se llevaron a cabo en el **Laboratorio de Diagnóstico Genético Veterinario (LDGV)** que el grupo de investigación **MERAGEM (AGR-158)** tiene en el Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba (<http://www.uco.es/genetica/MERAGEM/Indice.htm>).

Obtención y procesado de las muestras

Las muestras biológicas utilizadas para los análisis genéticos consistieron en cartílago auricular extraído por sistema Biopsytec[®]. La extracción del ADN se llevó a cabo mediante un kit de extracción y purificación i-genomic CTB (*Intron Biotechnology* INC).

Amplificación por PCR de los microsatélites y genotipado

Una vez extraído el ADN, se procedió a la amplificación con un panel de 34 marcadores moleculares de tipo microsatélites (tabla 33), localizados a lo largo de todo el genoma porcino, en el que se incluyeron los 27 microsatélites recomendados por la FAO (2004) para la caracterización de poblaciones porcinas.

La amplificación de los microsatélites se llevó a cabo mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) propuesta por Saiki *et al.* (1985), en varias reacciones múltiples, mediante un termociclador Mastercycler EP Gradient[®] de Eppendorf (Alemania) (foto 14), siguiendo las condiciones básicas expuestas en la tabla 34.



Foto 14. Termociclador utilizado para la reacción de PCR.

Tabla 33. Panel de microsatélites empleado para los análisis genéticos.

Nombre	Localización Cromosómica	Primer F (5'-3')	Primer R (5'-3')	Tamaño fragmento	T° hibridación
<i>S0068</i>	13	CCTTCAACCTTTGAGCAAGAAC	AGTGGTCTCTCCTCTTGCT	211-260	55
<i>S0090</i>	12	CCAAGACTGCCTGTAGGTGAATA	GCTATCAAGTATTGTACCATTAGG	244-251	55
<i>S0101</i>	7	GAAGCCCAAGAGACAACCTGC	GTCTCCCTCACACTTACCGCAG	197-216	60
<i>S0155</i>	1q	TGTTCTCTGTTTCTCTGTTTG	AAAGTGGAAAGAGTCAATGGCTAT	150-166	55
<i>S0178</i>	8	TAGCCTGGGAACCTCCACACGCTG	GGCACCAGGAATCTGCAATCCAGT	110-124	58
<i>S0215</i>	13	TAGGCTCAGACCCTGCTGCAT	TGGGAGGCTGAAGGATTGGGT	135-169	55
<i>CGA</i>	1p	GAACCTTTCACATCCCTAAGGTCTGT	ATAGACATTATGTCCGTTGCTGAT	250-320	55
<i>IGF1</i>	5	GCTTGGATGGACCATGTTG	CATATTTTCTGCATAACTTGAACCT	197-209	58
<i>S0002</i>	3q	GAAGCCCAAGAGACAACCTGC	GTTCTTTACCCACTGAGCCA	190-216	62
<i>S0005</i>	5	TCCTTCCCTCCTGGTAACTA	GCACTTCTGATTCTGGGTA	205-248	58
<i>S0026</i>	16	AACCTTCCCTTCCCAATCAC	CACAGACTGCTTTTACTCC	92-106	55
<i>S0225</i>	8	GCTAATGCCAGAGAAATGCAGA	CAGGTGGAAGAATGGAATGAA	170-196	55
<i>S0226</i>	2q	GCACTTTTAACTTTCATGATACTCC	GGTAAACTTTTNCCTCAATACA	181-205	55
<i>S0227</i>	4	GATCCATTATAATTTTAGCACAAAGT	GCATGGTGTGATGCTATGTCAAGC	231-256	55
<i>S0228</i>	6	GGCATAGGCTGGCAGCAACA	AGCCACCTCATCTTATCTACT	222-249	55
<i>S0355</i>	15	TCTGGCTCCTACTCCTTCTTGATG	TTGGGTGGGTGCTGAAAAATAGGA	243-277	55
<i>S0386</i>	11	TCCTGGGTCTTATTTCTA	TTTTTATCTCCAACAGTAT	156-174	48
<i>SW122</i>	6	TTGTCTTTTATTTTGCTTTTGG	CAAAAAAGGCAAAAGATTGACA	110-122	55
<i>SW24</i>	17	CTTTGGGTGGAGTGTGTGC	ATCCAAATGCTGCAAGCG	96-121	58
<i>SW240</i>	2p	AGAAATTAGTGCTCAAATGG	AAACCATTAAGTCCCTAGCAAA	96-115	55
<i>SW632</i>	7	TGGGTGAAAGATTTCCCAA	GGAGTCAGTACTTTGGCTTGA	159-180	58
<i>SW72</i>	3p	ATCAGAACAGTGCCTGCT	TTTGAAATGGGTGTTTCC	100-116	58
<i>SW857</i>	14	TGAGAGGTGAGTTACAGAAGACC	GATCCTCTCCAAATCCCAT	144-160	55
<i>SW911</i>	9	CTCAGTTCTTTGGACTGAACC	CATCTGTGGAAAAAAGGCC	153-177	55
<i>SW936</i>	15	TCTGGAGCTAGCATAAGTGCC	GTGCAAGTACACATGCAGGG	80-117	58
<i>SW951</i>	10	TTTCACAACCTCTGGCACCAG	GATCGTGCCCAATGGAC	125-133	58
<i>S0071</i>	11	GACATGGAATCAGGTTGCTCAA	CCAGAAGCAGGTTTTGAGATGA	170-201	55
<i>S0106</i>	12	GCGGCCACCGCTCAAGGGCTGTGC	CTCAGGAGTCCGTCCGCCGAGTTG	120-150	55
<i>SW1057</i>	6	TCCCTGTGTACAGATTGATG	TCCAATCCAAGTCCACTAGC	158-190	58
<i>SW1111</i>	15	AGGTCTACTGTCCATCACAGG	GAAGCAGAGTTGGCTTACAGTG	165-181	55
<i>SW210</i>	14	TCATCACCATCATACCAAGATG	AATTCTGCCAAGAAGAGAGCC	218-250	55
<i>SW2419</i>	6	AGGGCGTGCTCTTCTAAGT	TGACTCAGCATCTCCTGCC	107-173	55
<i>SW787</i>	18	CTGGAGCAGGAGAAAGTAAGTTC	GGACAGTTACAGACAGAAGAAGG	150-166	55
<i>SW874</i>	12	AAAAGAACCCAACTACAGCAGC	TTTATGAGGTATCCTGACACC	191-219	55

Esta reacción de amplificación consta de 3 fases:

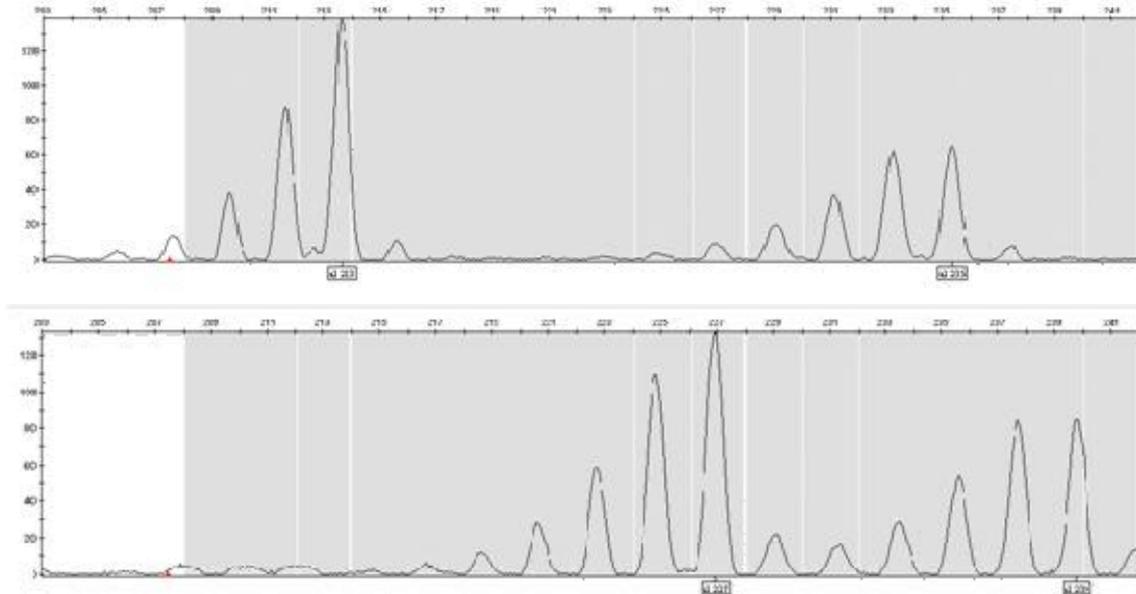
- 1) Un paso de desnaturalización inicial del ADN durante 5 minutos a 95° C.
- 2) Seguidamente se inician 35 ciclos de amplificación que constan a su vez de:
 - a. Un paso de desnaturalización durante 30 segundos a 95° C.
 - b. Le sigue la hibridación de los cebadores al ADN molde durante 30 segundos a una temperatura de entre 55° y 65° C, dependiendo del cebador.
 - c. Posteriormente un paso final de extensión durante 30 segundos a 72° C, en el que la ADN-polimerasa va elongando la cadena añadiendo nucleótidos a partir de los cebadores.
- 3) Para finalizar se hace un paso de extensión final a 72 ° C durante 30 minutos.

Tabla 34. Composición estándar de la mezcla de PCR (en orden de adición) para amplificaciones múltiples de marcadores microsatélites del ADN.

Componente	Tubo de reacción	
	Concentración	Volumen (µl)
Amortiguador 10X (Biotools)	–	2,5
MgCl ₂	50mM	0,75
dNTP	4mM	1,2
Cebadores directos	5µM	1
Cebadores reversos	5µM	1
Polimerasa de ADN	5000 U/ml	0,1 (0,5 U)
Agua	–	14,45
ADN	≈20 ng/µl	4 (50 a 100 ng)

Los productos de la PCR fueron comprobados en gel de agarosa al 2% y posteriormente se sometieron a electroforesis en un secuenciador automático capilar ABI3730 de Applied Biosystems (Foster City, CA, EE.UU.). Sus resultados fueron analizados con el software GeneScan v.3.7., el cual, mediante un análisis de regresión en función del estándar de tamaños utilizado, estima el tamaño de los fragmentos (alelos) que seguidamente serán tipificados (figura 19) mediante el software *GeneMapper v4.0.1*.

Figura 19. Electroferogramas del marcador S0068 en 2 cerdos ibéricos heterocigotos.



Análisis de variabilidad genética, distancia genética y asignación a estirpe

Para el cálculo de las frecuencias alélicas, la estimación de los diferentes parámetros relacionados con la variabilidad genética (heterocigosidad esperada y observada, número medio de alelos por locus, etc.), los estadísticos F de Wright (1978) (F_{ST} , F_{IS} y F_{IT}), el flujo genético (Nm) entre subpoblaciones, así como para realizar el Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) en 3D (Benzecri, 1973), se empleó el software *Genetix v 4.0.5*. (Belkhir *et al.*, 2001).

Se define la **heterocigosidad (H)** como el porcentaje promedio de loci heterocigóticos por individuo, siendo la **heterocigosidad esperada (H_e)** la que cabría esperar si los apareamientos se hicieran al azar, y la **heterocigosidad observada (H_o)** la encontrada tras el genotipado de los individuos.

F_{ST} (índice de fijación): mide la reducción de la heterocigosidad de una subpoblación con respecto a la población total debida a la deriva genética entre subpoblaciones. Es decir, mide los efectos de la subdivisión en subpoblaciones, o dicho de otro modo, explica los cambios en la heterocigosidad debido a la subdivisión poblacional y deriva genética, indicando el grado de diferenciación existente estimado entre las subpoblaciones que constituyen la población. Puede igualmente interpretarse como la consanguinidad promedio de la subpoblación con relación a la población total.

$$F_{ST} = (Het - Hes) / Het$$

Het: heterocigosidad promedio esperada en la población total.

Hes: heterocigosidad promedio esperada en la subpoblación.

Según Wright (1978):

F_{ST} :

0,0 a 0,05.....baja diferenciación genética

0,05 a 0,15...moderada diferenciación genética

0,15 a 0,25...gran diferenciación genética

> 0,25.....muy elevada diferenciación genética

F_{IS} (coeficiente de consanguinidad o distancia a la panmixia): mide la reducción media de heterocigosidad de un individuo dentro de una subpoblación debida a apareamientos no aleatorios (procesos de selección). El valor de F_{IS} mide el déficit total de heterocigotos presentes en una subpoblación, siendo un estimador de la desviación al equilibrio de Hardy-Weinberg en cada subpoblación y del grado de consanguinidad de los individuos dentro de las subpoblaciones.

$$F_{IS} = (He - Ho) / He$$

He: heterocigosidad promedio esperada de la subpoblación.

Ho: heterocigosidad promedio observada en un individuo.

F_{IT} (índice de fijación total): mide la reducción en la heterocigosidad media de los individuos con respecto a la heterocigosidad de la población total, tomando en cuenta conjuntamente los efectos de los apareamientos no aleatorios dentro de las subpoblaciones (procesos de selección) y los efectos de deriva genética de la subdivisión en subpoblaciones. Por tanto, considera la contribución tanto de F_{ST} como de F_{IS} . Puede interpretarse como el coeficiente de consanguinidad del individuo respecto a la población total.

$$F_{IT} = 1 - Ho / Het$$

Ho: heterocigosidad promedio observada en un individuo.

Het: heterocigosidad promedio esperada en la población total.

Nm (número de migrantes por generación): estima el flujo genético entre las poblaciones analizadas a partir del F_{ST} .

$$Nm = \frac{1}{4} (1/F_{ST} - 1)$$

Del mismo modo, a partir de las frecuencias alélicas de los individuos analizados se llevó a cabo un análisis factorial de correspondencias (AFC), con el que se

representó en el espacio tridimensional la distribución de estos individuos, asignados *a priori* a las diferentes subpoblaciones de Cerdo Ibérico del estudio, de acuerdo a sus genotipos (Benzecri, 1973), empleándose para ello el software *Genetix v 4.0.5*. (Belkhir *et al.*, 2001).

Para determinar la distancia genética entre las diferentes subpoblaciones analizadas se calculó la matriz de distancia de Reynolds (Reynolds *et al.*, 1983), ya que se considerada la mejor medida de distancia genética para el estudio de poblaciones que han divergido recientemente en el tiempo, como es el caso de las estirpes del Cerdo Ibérico. Estas distancias se representaron mediante un cladograma utilizando el algoritmo UPGMA usando para ello el software *Phylip v3.65* (Felsenstein, 2005).

El estudio de adscripción de cada individuo a las subpoblaciones de Cerdo Ibérico de referencia (las cuatro estirpes objeto de este estudio) se llevó a cabo a partir de los genotipos para los 34 microsatélites de los animales analizados mediante el método de asignación bayesiana de Rannala y Mountain (1997) y el algoritmo de Paetkau *et al.* (2004), implementado con el software *GeneClass 2.0* (Piry *et al.*, 2004). Este programa determina las probabilidades de asignación de cada individuo a las diferentes poblaciones de referencia, estirpes de Ibérico en este caso, a partir de la comparación del genotipo de cada animal problema analizado con el perfil genético de las diferentes estirpes de contraste. Las frecuencias alélicas que constituyen el perfil genético característico de cada una de las estirpes estudiadas fueron obtenidas previamente por el grupo de investigación MERAGEM (AGR-158) a partir de las ganaderías de referencia empleadas en el Convenio específico de colaboración firmado entre la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y la Universidad de Córdoba (a través del grupo MERAGEM - PAI AGR - 158 y PAI AGR - 248), para la realización de un “*Estudio genómico del Porcino ibérico que permita la identificación de secuencias génicas distintivas para la catalogación, certificación del origen, trazabilidad y control de calidad*” (Código 013/C/2005), al que se sumó posteriormente AECERIBER.

A partir de los resultados de este análisis se seleccionaron los 10 individuos de cada lote de 35 animales que reflejaron mayor probabilidad de adscripción a la subpoblación a la que, *a priori*, por criterios morfológicos y genealógicos, habían sido asignados. Estos 10 individuos de cada lote con mayor probabilidad de asignación a su estirpe fueron los empleados en el estudio de los parámetros fisicoquímicos que definen la calidad de la carne.

En la tabla 35 se presentan los principales parámetros genéticos de variabilidad y de diferenciación de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico objeto de la presente Tesis, obtenidos previamente por el grupo MERAGEM (PAI AGR-158) a partir de los estudios de caracterización genética de las subpoblaciones del Cerdo Ibérico contenidos dentro de los trabajos desarrollados en el anteriormente mencionado

convenio específico de colaboración suscrito con la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Tabla 35. Principales indicadores derivados de las frecuencias alélicas de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico obtenidos a partir de un panel de 34 microsatélites.

	Ho	He	Hn.b.	P(0.95)	P(0.99)	Nº medio alelos/locus
Lampião	0,443	0,534	0,538	0,968	0,968	5,161
Entrepelado	0,526	0,622	0,633	0,968	0,968	5,194
Retinto	0,521	0,621	0,623	0,968	1,000	6,355
Torbiscal	0,529	0,543	0,550	1,000	1,000	4,258
Theta (F_{ST})						
	Torbiscal		Lampião		Retinto	
Entrepelado	0,151		0,176		0,056	
Torbiscal			0,203		0,146	
Lampião					0,155	

Ho: Heterocigosidad observada

He: Heterocigosidad esperada

Hn.b.: Heterocigosidad esperada estimada sin sesgo

P(0.95): Proporción de marcadores polimórficos donde ningún alelo presenta una frecuencia ≥ 0.95

P(0.99): Proporción de marcadores polimórficos donde ningún alelo presenta una frecuencia ≥ 0.99

Theta (F_{ST}): F_{ST} de Weir y Cockerham (1984)

4.4. SACRIFICIO Y MUESTREO

Debido a las diferentes tasas de crecimiento de las subpoblaciones del estudio (Clemente *et al.*, 2007b), y por tanto a la variación prevista en los pesos de los animales a una misma edad, se optó por fijar el momento de sacrificio cuando los animales alcanzaron el “peso comercial de sacrificio” (generalmente establecido en el Ibérico y sus cruces entre los 150-170 kg de peso vivo), independientemente de la edad. De esta manera, las canales que se obtuviesen serían representativas de las que se comercializan de forma cotidiana en el mercado del Ibérico.

Los cerdos adscritos a las cuatro estirpes del estudio se sacrificaron en el matadero de Señorío de Montanera, localizado en el término municipal de Salvaleón (Badajoz), ya que se trata del establecimiento que colabora con AECERIBER para el control del rendimiento individual *post-mortem* de los animales de las pruebas de recría y cebo que realiza AECERIBER dentro del Esquema de Valoración de Reproductores. La dinámica de trabajo en este matadero con los animales del Esquema de Selección garantiza la completa trazabilidad de todas las piezas cárnicas, para lo cual a su vez se contó con la asistencia de los técnicos de AECERIBER. Este matadero dista aproximadamente unos 70 km de la finca de engorde arrendada por AECERIBER de la que procedían los animales. Debido a la diferente tasa de crecimiento, los individuos de la estirpe Torbiscal se sacrificaron a principios de junio, cuando tenían aproximadamente 12 meses de edad. Los cerdos de las estirpes Retinto y Entrepelado fueron sacrificados a finales del mes de junio, con una edad aproximada de 14 meses, en tanto que los cerdos de la estirpe Lampiño fueron sacrificados a finales de julio, cuando contaban con aproximadamente 16 meses de edad.

Por su parte, los cerdos ibéricos cruzados con Duroc-Jersey fueron sacrificados en el matadero de COVAP, en Pozoblanco (Córdoba). Responsables técnicos de COVAP y de AECERIBER participaron en el control de la trazabilidad individual de las piezas cárnicas de los cerdos del estudio. Tanto la explotación de origen de los cerdos cruzados con Duroc como el matadero de COVAP se encuentran en el mismo término municipal, Pozoblanco, distando apenas unos pocos kilómetros. El sacrificio de estos cerdos se llevó a cabo en la primera semana de junio, cuando los animales contaban con 10 meses de edad.

En ambos casos, matadero de Señorío de Montanera y matadero de COVAP, los cerdos fueron recepcionados al final de la tarde previa al sacrificio, permaneciendo en los corrales de reposo aproximadamente unas 8 horas antes del comienzo del sacrificio, mantenidos en ayuno aunque disponiendo en todo momento de acceso libre a agua. La jornada de sacrificio comenzó a las 5 am en ambos mataderos, siendo los cerdos del estudio los primeros en entrar en la línea de sacrificio y procesado. Previo al desangrado, los animales fueron aturdidos en cámara de CO₂,

conforme a lo recogido en el anexo C del Real Decreto 54/1995, de 20 de enero, sobre protección de los animales en el momento de su sacrificio o matanza. Todas las canales fueron pesadas para estimar el rendimiento canal, y tras la inspección veterinaria de las mismas fueron despiezadas en caliente, sometiéndose las diferentes piezas cárnicas a posterior refrigeración.

Las muestras tomadas consistieron en el solomillo izquierdo de cada animal, constituido por los músculos *iliopsoas* y *psaos menor*. Se trata de las primeras piezas cárnicas que se extraen en el despiece de la canal del Cerdo Ibérico. En el propio matadero, los solomillos fueron divididos en diferentes fragmentos con destino a las distintas pruebas fisicoquímicas, siguiéndose para ello un mismo protocolo de fragmentación en todos los solomillos (figura 20).

Figura 20. Patrón de fragmentación de los solomillos.



Cada fragmento de carne se envasó e identificó individualmente, refrigerándose a 2° C hasta las 72 horas *post-mortem*. Las muestras para el análisis de ácidos grasos de la grasa intramuscular, del porcentaje de grasa y proteína, y de la textura instrumental, se envasaron al vacío, mediante una envasadora de campana Henkovac E-153 (s-Hertogenbosch, Holanda), en el momento de su recogida, y tras permanecer las 72 horas a 2° C para su maduración, fueron congeladas a -20° C para su conservación hasta el momento de los análisis. Las muestras para las pruebas a realizar en fresco (CRA, colorimetría, cenizas, pigmentos hemínicos y humedad) se envasaron sin cierre al vacío durante las 72 horas de maduración a 2° C, para, seguidamente, ser analizadas. Por su parte, las muestras para la estimación de las pérdidas por cocinado (cooking loss) fueron envasadas sin vacío para su maduración durante las 72 horas a 2° C, tras lo cual se procedió a su envasado al vacío y congelación a -20° C para conservarlas hasta el momento de los análisis.

4.5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS REALIZADOS

Las pruebas laboratoriales se desarrollaron en los laboratorios de calidad cárnica del grupo MERAGEM AGR-158 y del IFAPA, CIFA Las Torres. Éstas consistieron en la determinación de la composición proximal (humedad, cenizas, proteína y grasa), el perfil lipídico de la grasa intramuscular, el color, el contenido en pigmentos hemínicos, la capacidad de retención de agua (CRA), la pérdida de agua por cocinado (cooking loss), y finalmente la textura instrumental. Previamente a estas pruebas fisicoquímicas, se midió el pH tanto a las 24 horas *post-mortem* como a las 72 horas, una vez transcurrida la maduración, con un pH-metro portátil Crison pH-meter 507 (Crison Instruments S.A., Barcelona, España) provisto de sondas de penetración de pH y de temperatura, de cara a comprobar que el proceso de maduración se desarrolló correctamente (foto 15).

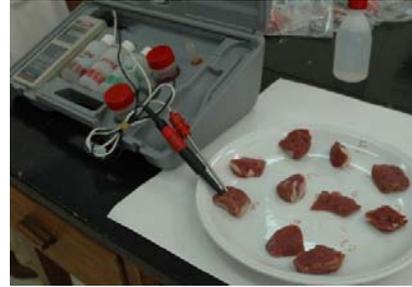


Foto 15. Medición de PH.

Humedad:

La Humedad se determinó por el método referenciado en “Métodos de Análisis de Productos Cárnicos” (Orden de 31 de julio de 1979) e ISO R-1442 (ISO, 1997). En primer lugar, un fragmento de cada solomillo fue picado con un masticador manual de la marca 3 Claveles (Bueno Hermanos S.A., Logroño, España) (foto 16) realizando para ello 30 pulsos por muestra. Cada muestra se hizo por duplicado. De esta carne picada se pesaron aproximadamente 5 g. Se tomó una cápsula desecada con 15-20 g de arena de mar y se pesó (PC). A continuación se introdujo en la cápsula la carne y se pesó nuevamente (PI). Seguidamente se añadieron 5 ml de etanol al 95 %, removiéndose la mezcla. Tras esto, la cápsula fue colocada en un baño a 70° C hasta que el etanol se evaporó. Por último, la cápsula con la muestra se introdujo en una estufa a 102 ± 2° C durante 24 horas. Se enfrió en un desecador y se pesó la cápsula con la muestra deshidratada (PF). El porcentaje de humedad se calculó por aplicación de la fórmula:



Foto 16. Masticador.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{PI - PF}{PI - PC} \times 100$$

PI: Peso Inicial; PF: Peso Final; PC: Peso de la Cápsula

Cenizas:

El contenido de cenizas se determinó por incineración en horno mufla siguiendo el método referenciado en “Métodos de Análisis de Productos Cárnicos” (Orden de 31 de julio de 1979) e ISO R-936 (ISO, 1998). De cada solomillo se tomó una muestra que fue picada con el masticador manual de la marca 3 Claveles (Bueno Hermanos S.A., Logroño, España), ejerciendo para ello 30 pulsos. Cada muestra se hizo por duplicado. De la carne picada se pesaron aproximadamente 5 g. Se tomó una cápsula vacía y seca y se pesó (PC). En esta cápsula se introdujo la carne picada y nuevamente se pesó (PI). La cápsula con la carne picada fue introducida en el horno mufla a 550° C durante 24 horas. Tras enfriarse, se volvió a pesar el conjunto resultante (PF). El contenido de ceniza se determinó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{PF - PC}{PI - PC} \times 100$$

PI: Peso Inicial; PF: Peso Final; PC: Peso de la Cápsula

Proteína Total:

La Proteína Total fue calculada siguiendo el método normalizado en “Métodos de Análisis de Productos Cárnicos” (Orden de 31 de julio de 1979) e ISO R-937 (ISO, 1978) (método Kjeldahl), que consiste en hallar el contenido total de Nitrógeno y multiplicar éste por la constante 6,25 para obtener el contenido total en proteína. Para ello, se picó la carne con un masticador manual de la marca 3 Claveles (Bueno Hermanos S.A., Logroño, España), se tomó 1 g de carne, por duplicado, de cada solomillo, y se sometieron las muestras a digestión con sulfato potásico, sulfato amónico y selenio, todo ello disuelto en ácido sulfúrico. Por último, se valoró el contenido en nitrógeno del material resultante mediante el analizador 2300 Kjeltex (Analyzer Unit) de la empresa Foss Tecator AB (Höganäs, Suecia).

Contenido graso:

La técnica empleada para la extracción de la grasa intramuscular (IM) fue el método Soxhlet, referenciado en “Métodos de Análisis de Productos Cárnicos” (Orden de 31 de julio de 1979) e ISO R-1443 (ISO, 1973). Se picó la carne con un masticador manual de la marca 3 Claveles (Bueno Hermanos S.A., Logroño, España), pesándose aproximadamente 3 g de carne (PM), por duplicado, procedente de cada solomillo. Seguidamente la muestra se sometió a una hidrólisis durante una hora con 75 ml de agua destilada y 25 ml de ácido clorhídrico (3N) de Panreac

Química S.A. (Barcelona, España). El material obtenido (“pasta”) fue enfriado, filtrado y lavado con agua. Un papel de filtro fue desecado durante una hora y media a 95-98° C. El conjunto (papel de filtro + “pasta”) se introdujo en un cartucho de extracción del equipo Soxtec 2050 de la empresa Foss Tecator AB (Höganäs, Suecia) procediéndose a la extracción de la grasa por arrastre con éter de petróleo. Los vasos de recogida de la grasa fueron desecados y pesados previamente (PI), y volvieron a ser desecados durante una hora y media a 75° C, enfriados y vueltos a pesar (PF) después del ensayo. Los cálculos para determinar el porcentaje de grasa IM se obtuvieron por aplicación de la fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{PF} - \text{PI}}{\text{PM}} \times 100$$

PI: Peso Inicial; PF: Peso Final; PM: Peso de la Muestra

Color:

Para la medición del color se utilizó un espectrocolorímetro Minolta CM-2500d (Konica Minolta, Sensing Inc., Tokio, Japón) (foto 17), midiéndose las coordenadas tricromáticas L^* , a^* y b^* (CIE, 1976), siguiéndose para ello el protocolo establecido por Honikel (1998). Las mediciones se realizaron a las 72 horas *post-mortem*, sobre la superficie de un fragmento de solomillo de 4 cm de grosor, tras al menos una hora de oxigenación (blooming) en refrigeración, evitando tejido conectivo y grasa. Se promediaron los valores de tres lecturas. El iluminante utilizado fue el D65 a 10° de ángulo de visión (Albertí, 2000).



Foto 17. Espectrocolorímetro.

Pigmentos hemínicos:

La determinación química del color de la carne se fundamenta en la medida del contenido en pigmentos hemínicos del músculo, en concreto de Mioglobina (Mb), mediante la técnica propuesta por Hornsey (1956). Para ello, se tomaron por duplicado 5 g de carne procedente de cada solomillo, picándose con un masticador manual de la marca 3 Claveles (Bueno Hermanos S.A., Logroño, España), y depositándose en tubos de ensayo de 40 ml de capacidad. A cada uno de estos tubos se les añadió 4,5 ml de agua destilada, 20 ml de acetona y 0,5 ml de ácido clorhídrico al 35 %, de calidad laboratorial de Panreac Química S.A. (Barcelona, España). La mezcla se removió enérgicamente, tapándose posteriormente los tubos y dejándose en reposo en absoluta oscuridad durante 24 horas a 4° C. Una vez transcurrido este tiempo, el contenido de los tubos se filtró con papel Whatman nº 5 (filtrado lento, gramaje 98 g/m², espesor 0,200 mm, poro 2,5 µm, de Whatman

International Ltd., Springfield Mill, Reino Unido). El filtrado fue recogido en una cubeta de cuarzo de 1 ml y se llevó a un espectrofotómetro BioMate 3S uv-visible Spectrophotometer de Thermo Fisher Scientific Inc. (Waltham, Massachusetts, EE.UU.) a 512 nm para su lectura, tras ser calibrado con un blanco (20 ml de acetona, 1 ml de agua destilada y 0,5 ml de ácido clorhídrico al 35 %). El contenido en pigmentos hemínicos (Mb) se determinó a partir de la absorbancia leída a 512 nm mediante la aplicación de la fórmula:

$$\text{mg Mioglobina / g músculo fresco} = \frac{\text{D.O.} \times (25 \text{ ml} \times 652 \times 1 \text{ kg}) \times 0,026}{(9,52 \times 10^3 \times 5 \text{ g} \times 10^{-3} \text{ g})}$$

D.O.: Absorbancia a 512 nm

Capacidad de Retención de Agua (método de compresión):

La capacidad de retención de agua (CRA) fue determinada por el método de Grau y Hamm (1953) modificado por Sierra (1973). Una vez transcurridas las 72h de maduración *post-mortem*, una muestra de cada solomillo fue picada con un masticador manual de la marca 3 Claveles (Bueno Hermanos S.A., Logroño, España), ejerciendo para ello 30 pulsos consecutivos sobre la muestra. Se pesaron por duplicado aproximadamente 5 g de carne triturada de cada solomillo (PI) y fueron colocados entre dos papeles de filtro Filter-Lab nº 1238 (papel de filtro para análisis cuantitativo, filtración rápida, gramaje 80 g/m², espesor 0,180 mm, cenizas <0,01 % y poro 20-25 µm) de Filtros Anovia, S.A. (Barcelona, España), tarados. A continuación, sobre cada muestra se colocó un peso de 2.250 g durante 5 minutos (foto 18). Transcurrido este tiempo, se retiró el peso y la muestra fue de nuevo pesada (PF). Una vez obtenidos los dos valores (peso inicial y peso final), se calculó la CRA como porcentaje de agua liberada (y absorbida por los papeles de filtro) al ser sometida la carne a una presión constante, empelándose para ello la siguiente fórmula:



Foto 18. Prueba de CRA.

$$\text{CRA (\%)} = \frac{(\text{PI} - \text{PF})}{\text{PI}} \times 100$$

CRA: Capacidad de Retención de Agua; PI: Peso Inicial; PF: Peso Final

Capacidad de Retención de Agua (método de pérdida por cocinado):

La pérdida por cocinado (cooking loss) se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita en Cañeque y Sañudo (2005), para lo cual se tomó un fragmento de cada solomillo, se pesó y se cocinó dentro de una bolsa de vacío sin sellar en baño térmico a 75° C hasta que la temperatura interna alcanzó los 72° C. Seguidamente la muestra fue extraída del baño térmico, secada con papel absorbente, y se pesó nuevamente, expresándose la diferencia de peso como pérdida de agua en tanto por ciento, empleándose para ello la fórmula:

$$\text{Pérdida por cocinado (\%)} = \frac{(PI - PF)}{PI} \times 100$$

PI: Peso Inicial; PF: Peso Final

Textura instrumental de la carne:

La estimación de la textura instrumental de la carne se llevó a cabo mediante la determinación de la resistencia máxima al corte con un texturómetro TA-XT Plus (Stable Microsystems, UK) provisto de sonda de Warner-Brätzler (foto 19). Este ensayo se realizó por quintuplicado a partir de las muestras de cada solomillo que, destinadas a esta prueba, permanecían almacenadas a -20° C. Por ello, en primer lugar se procedió a su descongelación por inmersión durante una hora en agua tibia en continuo recambio. Seguidamente, las muestras, dentro de sus bolsas, fueron cocidas al baño María a 75° C hasta que el interior de la carne alcanzó una temperatura de 72° C. De las muestras se obtuvieron al menos cinco porciones prismáticas de dimensiones 10 x 10 x 30 mm (altura, anchura y longitud), en las que el eje longitudinal era paralelo a la dirección de las fibras musculares, de modo que la cuchilla de Warner-Brätzler incidiera sobre la muestra de manera perpendicular a la dirección de las fibras. Las condiciones del ensayo fueron las que se detallan en la tabla 36.



Foto 19. Texturómetro.

Tabla 36. Condiciones de ensayo de medidas de textura.

Modo	Compresión
Velocidad Pre-ensayo	2,00 mm/seg
Velocidad Ensayo	2,00 mm/seg
Velocidad Post-ensayo	10,00 mm/seg
Modo Objetivo	Distancia
Distancia	30,00 mm
Tipo Comienzo	Auto (Fuerza)
Fuerza Comienzo	10,0 g
Tarar	Auto

La Fuerza Máxima o de resistencia al corte se determinó mediante el programa Texture Analyzer 32 version 2.0.0.8 (Stable Microsystems, 2003), y los valores fueron expresados como kg / cm².

Composición de ácidos grasos:

El análisis de la composición de ácidos grasos mediante cromatógrafo de gases (foto 20), que hasta la publicación de la Norma de Calidad (R.D. 1469/2007) era la técnica oficial para la determinación de la composición de ácidos grasos de los lípidos totales del tejido adiposo subcutáneo de cerdos ibéricos (Orden PRE/3844/2004, de 18 de noviembre), se realizó a partir de los depósitos grasos IM (intramuscular) de la carne de los solomillos. Para ello se recurrió a la metodología propuesta por Aldai *et al.* (2006), ya que este método no produce isomerizaciones durante la extracción o metilación de los ácidos grasos.

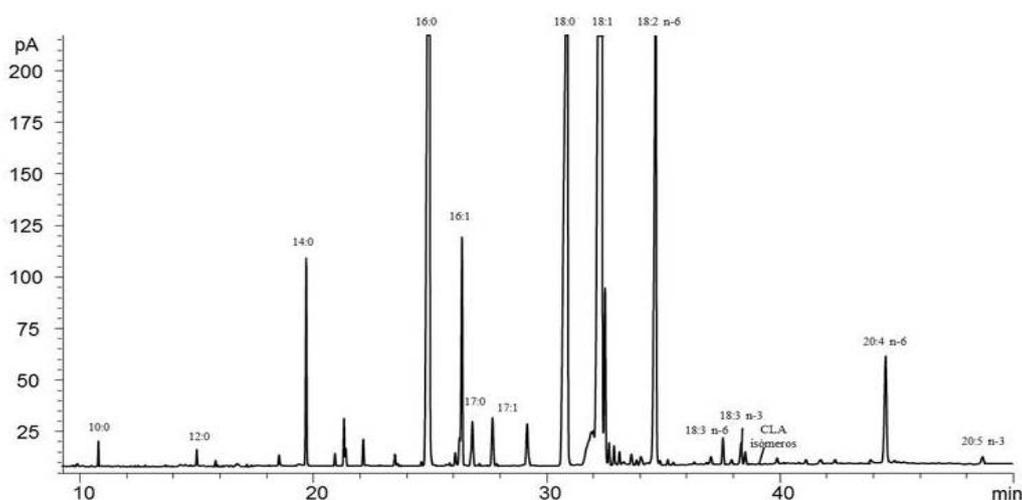


Foto 20. Cromatógrafo de gases.

Se pesaron por duplicado 1 g de carne finamente picada de cada solomillo. Se añadió como patrón interno el ácido graso metilado C19:0 (ácido tuberculoesteárico) a una concentración de 10 mg/ml. Tras mezclar con 6 ml de solución saponificable, se agitó y se introdujo en un baño de agua a 60° C durante una hora. Con ello se separaron los ácidos grasos saponificables de los insaponificables. Se añadió cloruro sódico al 0,5% y éter de petróleo para incrementar las fases, y unas gotas de etanol para decantar antes de centrifugar a 800 g (3.500 rpm) durante 5 minutos. El sobrenadante se retiró (y con ello la fracción insaponificable).

Mediante ácido acético glacial se rompieron las saponificaciones. Nuevamente se añadió éter de petróleo y etanol, y se volvió a centrifugar (3.500 rpm durante 5 minutos). En esta ocasión se recogió el sobrenadante, y nuevamente se repitió el proceso (doble extracción). A este sobrenadante se le añadió 2,2 dimetoxipropano con objeto de facilitar la evaporación del agua, y se desecó con N_2 a $40^\circ C$. Con los datos de las pesadas de los tubos antes y después de añadir la muestra, se pudo calcular el contenido en lípidos, para disolver en metanol:tolueno (2:1), hasta obtener una concentración de 30-50 mg de lípidos/ml. A esta concentración se le añadieron 150 μl de tri-metil-silil-diazometano y se incubó a $40^\circ C$ durante 10 minutos. Transcurrido ese tiempo, se redujo con N_2 y se añadió n-hexano con BHT (para evitar la oxidación de la grasa). Los reactivos empleados en el procedimiento descrito son comercializados por Panreac Química S.A. (Barcelona, España). La muestra se centrifugó para eliminar impurezas y se procedió a la inyección inmediata en el cromatógrafo de gases o bien a su almacenamiento en congelación a una temperatura de $-80^\circ C$ hasta el momento de su inyección al cromatógrafo. La separación y cuantificación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases (GC, Agilent 6890N, Agilent Technologies España, S. L., Madrid) equipado con un detector de ionización de llama y dotado con una columna capilar BPX-70 (100 m, 0,25 mm i.d., 0,2 μm , SGE, Australia). El hidrógeno fue el gas portador elegido. Los ácidos grasos individuales se identificaron como sus correspondientes ésteres metílicos al comparar sus tiempos de retención con los de varios estándares comerciales (figura 21). El perfil lipídico de los depósitos grasos intramusculares de los solomillos se expresaron como porcentaje del total de ácidos grasos identificados y fueron agrupados en relación de ácidos grasos saturados (SFA), relación de ácidos grasos mono-insaturados (MUFA), relación de ácidos grasos poli-insaturados (PUFA), relación de ácidos grasos insaturados (UFA), relación de ácidos grasos de las series n-3 y n-6, y total de isómeros conjugados del ácido linoleico (CLA total). Igualmente, se calcularon los índices PUFA/SFA, UFA/SFA y n-6/n-3.

Figura 21. Cromatograma con los principales ácidos grasos identificados.



4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se estimaron los parámetros de posición y de dispersión, y se determinó el nivel de significación del efecto de la estirpe sobre las distintas variables laboratoriales fisicoquímicas analizadas mediante modelos ancova multivariados en los que se incluyó el peso de la canal como covariable, dadas las diferencias existentes entre las diferentes estirpes analizadas.

La comparación entre las subpoblaciones analizadas se realizó mediante una prueba de comparación de las medias mínimo-cuadráticas correspondientes para cada una de las variables analizadas.

Finalmente se realizó un análisis clúster de agrupamiento de las estirpes analizadas y la subpoblación de Ibérico cruzado con Duroc, utilizando para ello el algoritmo de Neighbor-Joining para las variables analizadas (pruebas fisicoquímicas realizadas).

El tratamiento estadístico se llevó a cabo mediante el programa informático *Statistica 7.0 for Windows* (**Stat Soft Inc., 2006**).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LAS ESTIRPES ESTUDIADAS

Para la caracterización genética de las subpoblaciones seleccionadas, se llevó a cabo en primer lugar un análisis de la variabilidad genética que retienen mediante la estimación de los valores de heterocigosidad. En la tabla 37 se reflejan los valores de la heterocigosidad media observada y esperada de cada subpoblación. Igualmente se exponen los valores medios de alelos por locus encontrados en cada subpoblación.

Se puede observar una variabilidad en general media-baja, en consonancia con la situación de la mayoría de las subpoblaciones en pureza de esta raza (Clemente *et al.*, 2008b). También destaca el hecho de que, en las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico, la heterocigosidad esperada (H_e) reflejó un valor muy superior al de la heterocigosidad observada (H_o), evidenciando así la pérdida de heterocigosidad en cada una de ellas debida al fenómeno de diferenciación genética en estas subpoblaciones. Para Fabuel *et al.* (2004), este hecho podría deberse a la heterogeneidad existente entre las subpoblaciones de porcino Ibérico. Por su parte, y en sentido contrario, destaca igualmente el elevado valor de heterocigosidad observada (0,702) en relación a la heterocigosidad esperada (0,581) en la subpoblación de cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc, lo que es indicativo de que este grupo de cerdos no se corresponde con una subpoblación genéticamente definida.

Tabla 37. Heterocigosidad esperada (H_e), heterocigosidad observada (H_o) y número medio de alelos por locus para las subpoblaciones analizadas mediante un panel de 34 microsatélites.

Población	H_e .	H_o .	Nº medio de alelos/locus
Lampiño	0,577	0,512	4,32
Entrepelado	0,621	0,526	5,19
Retinto	0,585	0,528	4,82
Torbiscal	0,571	0,507	4,26
Cruzados (Ibérico x Duroc)	0,581	0,702	3,40

Asimismo, los valores obtenidos para el número medio de alelos por locus, que para las estirpes de Cerdo Ibérico estudiadas oscilaron entre 4,26 de Torbiscal y 5,19 de la estirpe Entrepelado, junto con los valores de H_o , permiten aventurar una situación de menor variabilidad en las estirpes Lampiño y Torbiscal, lo que a su vez estaría en consonancia con sus reducidos censos y su consecuente catalogación como variedades en peligro de extinción (R.D. 2129/2008, de 26 de diciembre). Por su parte, la subpoblación de cerdos ibéricos cruzados con Duroc mostró el menor valor (3,40) para el número medio de alelos por locus, lo que se explicaría por el

sistema de producción para obtener estos cerdos ibéricos cruzados al 50 %, en el que un verraco Duroc sirve a numerosas hembras de porcino Ibérico.

En la tabla 38 se exponen los estadísticos F de Wright medios para las estirpes de Cerdo Ibérico estudiadas (sin incluir los animales cruzados).

Tabla 38. Valores de los estadísticos F de Wright medios para las estirpes de Cerdo Ibérico estudiadas.

Estadístico F	Valor	Intervalo de confianza (95 %)
F_{ST}	0,18	0,158 – 0,209
F_{IS}	0,13	0,084 – 0,200
F_{IT}	0,29	0,248 – 0,351

Se observa que el estadístico F_{ST} , estimador clásico para estudios de diferenciación genética entre subpoblaciones relacionadas, reflejó un valor alto (0,18) que indica que la variabilidad genética total se debe en gran medida a las diferencias entre las cuatro estirpes analizadas. El valor de este parámetro está en consonancia con el reportado por San Cristóbal *et al.* (2006) al estudiar las mismas subpoblaciones de Cerdo Ibérico e igualmente es muy similar al reportado por Clemente *et al.* (2008a) quienes analizaron diferentes estirpes y líneas de Cerdo Ibérico entre las que se incluían las cuatro estirpes objeto de esta Tesis. Asimismo, este valor de F_{ST} avala la indiscutible existencia en el Cerdo Ibérico de una elevada riqueza intrarracial (organizada en forma de estirpes, y líneas). Por su parte, el valor medio del estadístico F_{IT} (0,29) reflejó una importante pérdida de heterocigosidad media de los individuos respecto de la población total, debido tanto a efectos de apareamientos no aleatorios como a la deriva genética, en tanto que el valor del estadístico F_{IS} (0,13) alertó de una situación de consanguinidad moderada-alta, expresada como reducción de la heterocigosidad individual respecto de las subpoblaciones, debido a los apareamientos no aleatorios realizados en el seno de estas estirpes.

En la tabla 39 se exponen los coeficientes de diferenciación genética F_{ST} entre las subpoblaciones estudiadas (las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico y la subpoblación de cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc) y el número de migrantes estimado por generación (Nm), como apreciación del “flujo genético” acumulado entre ellas.

Tabla 39. Coeficiente de diferenciación genética (F_{ST}) (sobre la diagonal) y número de migrantes por generación (Nm) (bajo la diagonal), entre las subpoblaciones estudiadas.

$Nm \backslash F_{ST}$	LAM	ENT	RET	TOR	CRU
LAM	-----	0,15	0,24	0,17	0,20
ENT	1,41	-----	0,11	0,14	0,13
RET	0,73	1,94	-----	0,25	0,19
TOR	1,20	1,51	0,75	-----	0,19
CRU	1,00	1,62	1,03	1,08	-----

LAM: Lampiño; ENT: Entrepelado; RET: Retinto; TOR: Torbiscal;
CRU: cerdos ibéricos cruzados con Duroc.

Cabe destacar que, en general, se encontraron elevados valores de diferenciación genética (F_{ST}) entre las subpoblaciones analizadas. Los mayores valores fueron los encontrados entre las estirpes Retinto y Torbiscal (0,25) y entre Retinto y Lampiño (0,24), en tanto que, en sentido contrario, debemos destacar la mayor proximidad genética encontrada entre las estirpes Retinto y Entrepelado (0,11), lo que también tiene su reflejo en un mayor número de migrantes por generación (1,94), resultado que también ha sido descrito por otros autores (Martínez *et al.*, 2000; Ovilo *et al.*, 2000; Fabuel *et al.*, 2004). Asimismo, destaca el elevado número de migrantes por generación (1,62) entre la subpoblación de cerdos ibéricos cruzados y la estirpe Entrepelado, que podría deberse a que cerdas de esta estirpe fueron las que, por cruzamiento con machos Duroc, dieron lugar a los cerdos cruzados analizados en el presente estudio.

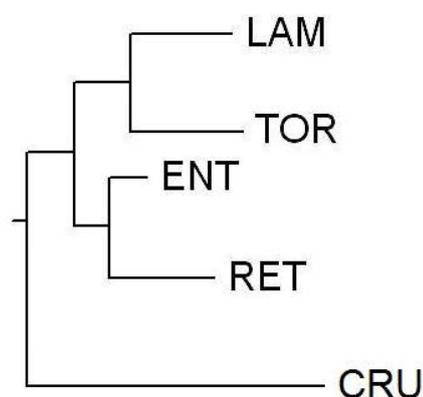
Por su parte, en la figura 22 se muestra un dendrograma obtenido mediante el algoritmo UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean) a partir de la matriz de distancias genéticas de Reynolds computadas mediante el genotipado con los 34 microsatélites del ADN. Se aprecia que las subpoblaciones estudiadas se distribuyeron en dos grupos poblacionales principales, uno constituido exclusivamente por los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc, en tanto que el otro estuvo constituido por las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico estudiadas. Dentro de éste último, las subpoblaciones de Ibérico se subdividieron a su vez en otros dos subgrupos formados, respectivamente, por las estirpes Retinto y Entrepelado, por un lado, y Lampiño y Torbiscal, por otro. Este patrón de distribución de las estirpes de Cerdo Ibérico podría ser explicado por el hecho de que la estirpe Lampiño contribuyó a la formación de Torbiscal (Fernández *et al.*, 2002; Rodrigáñez y Rodríguez, 1998), mientras que Retinto hizo lo propio con la estirpe Entrepelado (Rodrigáñez y Rodríguez, 1998). Un resultado similar a éste fue reportado por Martínez *et al.* (2000), Ovilo *et al.* (2000) y Fabuel *et al.* (2004).

Del mismo modo, a partir del genotipado con el panel de 34 microsatélites se realizó un análisis factorial de correspondencias (AFC) para representar en el espacio

tridimensional la distribución de los individuos analizados (figura 23) en función de los alelos mostrados para cada marcador. Los 35 animales de cada subpoblación se distribuyeron espacialmente agrupándose y constituyendo con claridad las cinco subpoblaciones a las que habían sido asignados *a priori*, apreciándose la gran definición genética de las estirpes Torbiscal y Lampiño, así como la proximidad genética ya referida entre las estirpes Retinto y Entrepelado, entremezclándose algunos de sus componentes.

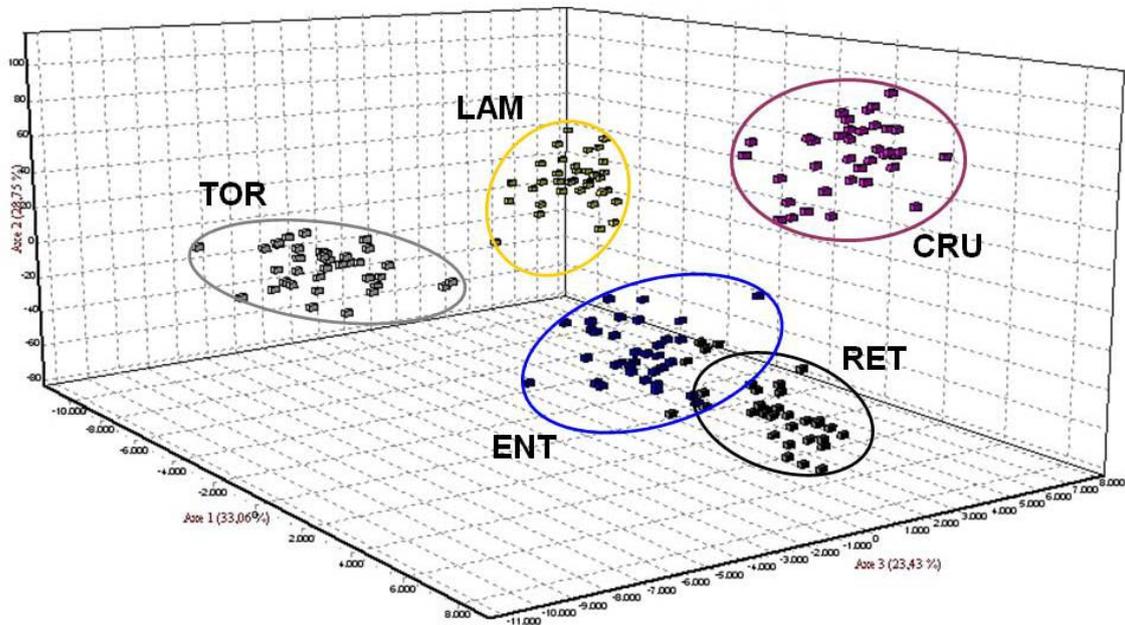
Por último, en función de los genotipos de cada animal analizado, y partiendo de los perfiles genéticos característicos de las estirpes de Cerdo Ibérico, se seleccionaron los 10 individuos de cada estirpe con mayor probabilidad de adscripción, que fueron empleados para los estudios de caracterización de la calidad de la carne. Las probabilidades de asignación a su subpoblación para los 10 individuos seleccionados del lote de la estirpe Lampiño oscilaron entre 1,000 y 0,998. Por su parte, las probabilidades de asignación a su estirpe de los 10 individuos seleccionados del grupo de Entrepelado oscilaron entre 0,999 y 0,977. De otro lado, las probabilidades de asignación a su estirpe de los 10 individuos seleccionados oscilaron entre 1,000 y 0,981. Por último, las probabilidades de asignación a su estirpe de los 10 individuos Torbiscal seleccionados oscilaron entre 1,000 y 0,997.

Figura 22. Dendrograma de las distancias genéticas entre las subpoblaciones analizadas.



LAM: lampiño; ENT: entrepelado; RET: retinto; TOR: torbiscal; CRU: cerdos ibéricos cruzados con Duroc.

Figura 23. Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) de los animales analizados a partir del genotipado para 34 microsatélites del ADN.



LAM: lampiño; ENT: entrepelado; RET: retinto; TOR: torbiscal; CRU: cerdos ibéricos cruzados con Duroc.

5.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA Y FÍSICOQUÍMICA DE LOS SOLOMILLOS

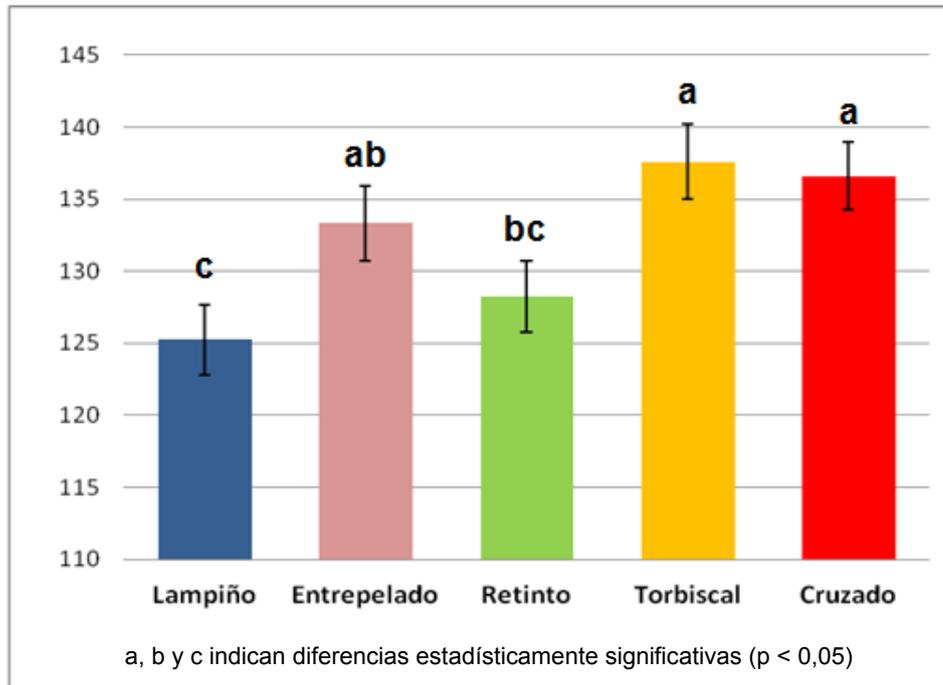
La exposición de los resultados, así como la discusión de los mismos, se ha dividido en tres bloques:

1) características de la canal, 2) rendimiento de los solomillos, y 3) finalmente y de manera más notoria, las características fisicoquímicas que definen la calidad cárnica de los solomillos, cuyo estudio es el objetivo principal de la presente Tesis Doctoral.

5.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL POR ESTIRPE

En la figura 24 se expone el peso canal medio por subpoblación resultante del sacrificio de los animales al peso comercial de sacrificio (160 ± 10 kg). Este peso fue alcanzado por las subpoblaciones analizadas a distintas edades, lo que denota diferencias en la velocidad de crecimiento entre estas subpoblaciones estudiadas, hecho ya señalado por estudios anteriores (Benito *et al.*, 1998; Clemente *et al.*, 2007). Se encontraron diferencias significativas entre el peso de la canal de las subpoblaciones analizadas ($p < 0,01$). Lampiño, con un peso de $125,3 \text{ kg} \pm 2,50$ y 16 meses de edad al sacrificio, reflejó menor peso canal que los cerdos ibéricos cruzados con Duroc ($136,6 \text{ kg} \pm 2,32$ y 10 meses de edad al sacrificio) y que las estirpes Entrepelado ($133,3 \text{ kg} \pm 2,60$ y 14 meses de edad al sacrificio) y Torbiscal ($137,6 \text{ kg} \pm 2,60$ y 12 meses de edad al sacrificio) ($p < 0,01$, $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente). Sin embargo, la estirpe Lampiño no se diferenció ($p > 0,05$) de Retinto ($128,2 \text{ kg} \pm 2,50$ y 14 meses de edad al sacrificio), que a su vez se diferenció de Torbiscal ($p < 0,05$) y de los cerdos cruzados ($p < 0,01$), aunque no de Entrepelado ($p > 0,05$). Por su parte, destaca el hecho de que los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc, en relación a su peso canal, se agruparon estadísticamente ($p > 0,05$) con Torbiscal, lo que da una idea del potencial productivo de esta estirpe.

Figura 24. Peso canal medio (Kg) por subpoblación.



Como ha sido reflejado en numerosos estudios (Benito *et al.*, 1998; Clemente *et al.*, 2007), los pesos medios de las canales de las subpoblaciones de Cerdo Ibérico están en relación a sus pesos medios de sacrificio, que en este estudio estuvieron dentro del rango de pesos demandados por las industrias del subsector del Ibérico, entre los 150 y 170 kg (datos no mostrados). La consideración conjunta de las diferencias entre los pesos de la canal y las edades de sacrificio, evidencia los diferentes potenciales productivos de las subpoblaciones analizadas. Los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc al 50 %, debido a la mejora en parámetros productivos que este cruce conlleva en la F1 por efecto del acoplamiento de razas, mostraron el mejor rendimiento, alcanzando el peso comercial a una edad más temprana. Estadísticamente emparejado ($p > 0,05$) con este cruce en relación al peso canal, aunque con dos meses más de edad al sacrificio, se situó la estirpe Torbiscal. Como ya se ha señalado, estos resultados reflejan que se trata de la estirpe de Cerdo Ibérico que mejor rendimiento productivo presenta, caracterizada por una mayor tasa de crecimiento en la etapa de cebo final que además determina un mayor peso de sus piezas nobles al sacrificio, principalmente jamones y lomos (Benito *et al.*, 1998; Forero, 1999; Clemente *et al.*, 2007). Este hecho se debe a que se trata de la única estirpe con la que se ha llevado a cabo un proceso de selección reglado encaminado a mejorar su rendimiento cárnico (Rodrigáñez *et al.*, 1999). Por su parte, y en sentido opuesto a Torbiscal, la estirpe Lampiño mostró los peores datos productivos, con el

menor peso canal y la mayor edad de sacrificio. Este hecho refleja que se trata de una estirpe que muestra una tasa de crecimiento baja, lo que obliga a prolongar en el tiempo su cebo para alcanzar el peso mínimo de sacrificio, reportando a su vez las piezas nobles más pequeñas aunque con mejor rendimiento porcentual respecto a la canal (Clemente *et al.*, 2007). Datos intermedios entre los de Lampiño y Torbiscal, en relación al peso canal y edad de sacrificio, mostraron las estirpes Retinto y Entrepelado. Se trata de las estirpes de Cerdo Ibérico más extendidas, siendo las únicas que no se encuentran en peligro de extinción (R.D. 2129/2008 de 26 de diciembre), y caracterizadas por una tasa de crecimiento intermedia durante el cebo y un buen rendimiento de paletas (Clemente *et al.*, 2007).

Por tanto, la tasa de crecimiento en Ibérico, que determinará junto con la edad de sacrificio el peso de sacrificio y por tanto el peso canal, tiene una importante influencia genotípica. Se trata de un carácter que se afecta por el efecto de acoplamiento de razas (o de estirpes) en cruzamiento, y que, sin embargo, no responde a efectos de heterosis. De hecho, Benito *et al.* (1998) comprobaron mejores tasas de crecimiento en el cebo de Torbiscal en pureza que en diferentes cruces entre estirpes, algunos de los cuales incluían a Torbiscal (Retinto × Lampiño; Torbiscal × Retinto; Torbiscal × Lampiño).

5.2.2. RENDIMIENTO DE LOS SOLOMILLOS POR ESTIRPE

En relación al peso de los dos solomillos de cada animal y al rendimiento de éstos respecto de la canal, en la tabla 40 se exponen los resultados del peso medio y del rendimiento medio a la canal por subpoblación.

Tabla 40. Peso de los dos solomillos (izquierdo y derecho) y rendimiento de los dos solomillos respecto al peso canal por estirpe.

	Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Cruzado	Sig.
Peso solomillos (g)	717,85 ± 27,799 ^b	671,63 ± 26,942 ^b	672,93 ± 26,154 ^b	632,75 ± 28,343 ^b	796,87 ± 25,145 ^a	***
Rendimiento solomillos (%)	0,55 ± 0,021 ^{ab}	0,51 ± 0,021 ^{bc}	0,51 ± 0,020 ^{bc}	0,48 ± 0,022 ^c	0,60 ± 0,019 ^a	**

a, b y c señalan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)

Sig.: nivel de significación estadística; ** p<0,01; *** p<0,001

De las cinco subpoblaciones estudiadas, la constituida por los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc, con un peso medio de 796,87 ± 25,145 g, fue la que mostró los solomillos más pesados (p<0,001). Como ya se ha señalado, el cruce de Ibérico × Duroc se lleva a cabo para mejorar la conformación del producto que va a matadero, incrementando el rendimiento cárnico. Por su parte, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas (p>0,05) entre el peso de los solomillos de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico. Por tanto, en relación al tamaño de los solomillos, el estudio arroja una clara diferenciación genética en dos grupos,

quedando por un lado los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc y por otro lado el Cerdo Ibérico en pureza, representado en este caso por las cuatro estirpes analizadas.

Sin embargo, los resultados difieren cuando analizamos el rendimiento a la canal de los solomillos de las cinco subpoblaciones estudiadas. En este sentido, los cerdos ibéricos cruzados reflejaron mayor rendimiento de solomillos que las estirpes Entrepelado ($p < 0,01$), Retinto ($p < 0,05$) y Torbiscal ($p < 0,001$), pero no llegaron a diferenciarse estadísticamente ($p > 0,05$) de los individuos de la estirpe Lampiño. De hecho, si en el carácter peso de los solomillos no encontrábamos diferencias entre las estirpes de Cerdo Ibérico, ahora, en el rendimiento de los solomillos en relación a la canal, la estirpe Lampiño se diferenció estadísticamente de Torbiscal ($p < 0,01$), aunque no de las estirpes Entrepelado y Retinto ($p > 0,05$). Sin duda, esta diferenciación entre Lampiño y Torbiscal en cuanto al rendimiento de solomillos respecto de la canal, es resultado del peso de sus solomillos y del ya comentado menor peso canal ($p < 0,01$) de Lampiño en relación a Torbiscal, que, como se ha mencionado, mostró un mayor rendimiento cárnico que se vio reflejado en un peso canal superior.

Con estos datos, resulta interesante comprobar que la selección llevada a cabo sobre la estirpe Torbiscal para mejorar su rendimiento productivo, y que queda reflejada en su rendimiento cárnico (peso canal), no ha supuesto una mejora paralelamente del tamaño de sus solomillos. Sin embargo, se aprecia que el cruzamiento del Cerdo Ibérico con Duroc reporta a la F1 una mejora tanto del peso canal como del peso y rendimiento de los solomillos. Asimismo, los resultados sugieren que la estirpe Lampiño, a pesar de sus rendimientos productivos con un pobre peso canal, muestra solomillos de un tamaño considerable (foto 21), lo que la hizo alinearse junto a los cerdos ibéricos cruzados en cuanto a los rendimientos de esta pieza cárnica respecto del peso canal. Dicho de otro modo, el tamaño relativo de los solomillos de Lampiño no se vio penalizado por el menor peso canal de la estirpe.



Foto 21. Solomillos de Lampiño.

5.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS SOLOMILLOS POR ESTIRPE

COMPOSICIÓN PROXIMAL

Entrando ya en los parámetros fisicoquímicos que definen la calidad cárnica, en la tabla 41 se expone la composición proximal (humedad, proteína, grasa y cenizas) del solomillo por estirpes, mostrando valores similares a los reportados para el *longissimus dorsi* de Cerdo Ibérico por Cava *et al.* (2004), Estévez *et al.* (2003a) y Muriel *et al.* (2002, 2003 y 2004). Sin embargo, no hay estudios previos que analicen el efecto estirpe sobre la composición química de la carne del solomillo de Ibérico, ya que los estudios previos que comparan la calidad cárnica de diferentes estirpes de Cerdo Ibérico se han centrado mayoritariamente en el músculo *longissimus dorsi* y, en menor medida, en otros músculos como *masseter* (Muriel *et al.*, 2003 y 2004).

Tabla 41. Composición proximal de la carne del solomillo de Cerdo Ibérico por estirpe.

	Lampión	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Cruce	Sig.
Humedad (%)	74,21 ± 0,456 ^a	73,21 ± 0,434 ^b	74,23 ± 0,447 ^a	74,79 ± 0,451 ^a	74,92 ± 0,442 ^a	**
PROTEÍNA (%)	23,75 ± 0,527 ^a	21,87 ± 0,502 ^b	22,49 ± 0,517 ^b	23,35 ± 0,521 ^{ab}	19,79 ± 0,512 ^c	***
GIM (%)	5,28 ± 0,255 ^a	4,86 ± 0,234 ^b	4,47 ± 0,446 ^b	4,45 ± 0,450 ^b	3,92 ± 0,442 ^c	***
Cenizas (%)	1,03 ± 0,037 ^c	1,24 ± 0,035 ^b	1,37 ± 0,036 ^a	1,17 ± 0,037 ^b	1,03 ± 0,036 ^c	***

a, b y c señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Sig.: nivel de significación estadística; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

GIM: contenido de grasa intramuscular

En relación al contenido de humedad de los solomillos, destaca el menor valor obtenido en los solomillos de la estirpe Entrepelado en relación al resto de subpoblaciones. Este resultado contrasta con los obtenidos por Muriel *et al.* (2004) y Estévez *et al.* (2003a), quienes no observaron diferencias en el contenido de humedad del *longissimus dorsi* entre las diferentes estirpes de Cerdo Ibérico. *A priori*, un menor contenido en humedad influiría en el resto de componentes que podrían verse incrementados porcentualmente. Asimismo, una carne con diferente contenido acuoso podría dar lugar a diferencias en la percepción de la jugosidad de la misma por parte de los consumidores.

Respecto al contenido proteico de los solomillos de las subpoblaciones analizadas, se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p < 0,001$), donde los solomillos del lote constituido por los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc presentaron el menor contenido en proteína ($p < 0,001$) de las cinco subpoblaciones analizadas. Este resultado contrasta con lo reportado por Serrano *et al.* (2008) para el contenido proteico del lomo de cerdos ibéricos cruzados con Duroc, ya que estos autores encontraron mayor contenido proteico en el *longissimus* de estos cerdos cruzados que en el lomo de cerdos ibéricos puros. Esta disparidad en

los resultados podría deberse tanto a la selección genética hacia el magro de los verracos Duroc empleados mediante inseminación artificial en el estudio de Serrano *et al.* (2008), procedentes de una empresa española y otra danesa que llevan a cabo exhaustivos procesos de mejora genética encaminada hacia un mayor contenido proteico, como a los diferentes sistemas de explotación llevados a cabo en uno y otro estudio. En el caso de Serrano *et al.* (2008), los animales se criaron en estricto sistema intensivo para el que las razas seleccionadas y sus cruces están mejor adaptadas que el Cerdo Ibérico. Finalmente, debemos recordar que se trata de músculos diferentes (*longissimus* vs *illiopsoas* y *psoas menor*) y, por tanto, con metabolismos diferentes.

Por su parte, dentro de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico, Lampiño mostró mayor contenido proteico ($p < 0,001$) en sus solomillos que las estirpes Retinto y Entrepelado, no diferenciándose estadísticamente ($p > 0,05$) de Torbiscal. Este hecho es interesante, pues Lampiño, tratándose de una estirpe no seleccionada y con una importante tendencia al engrasamiento, presentó resultados similares en contenido proteico a Torbiscal, estirpe con la que en cambio se ha llevado a cabo un proceso de selección hacia mayor contenido magro y rendimiento cárnico en general.

En relación al contenido de grasa intramuscular (GIM), la carne de los solomillos de las estirpes de Cerdo Ibérico presentó mayor contenido de GIM ($p < 0,001$) que la carne de los solomillos de los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc. Estos resultados están en consonancia con los aportados por Ventanas *et al.* (2006) y Serrano *et al.* (2008), quienes para los músculos *biceps femoris* y *longissimus dorsi*, respectivamente, encontraron igualmente menor infiltración grasa en los cerdos ibéricos cruzados en comparación con los cerdos ibéricos puros. Sin embargo, otros estudios llevados a cabo igualmente sobre el músculo *biceps femoris* de cerdos ibéricos e ibéricos cruzados con Duroc (Andrés *et al.*, 2001; Tejada *et al.*, 2002), no revelaron efecto del cruzamiento sobre la cantidad de GIM infiltrada.

Dentro de las estirpes de Ibérico, Lampiño destacó por el mayor contenido de GIM ($p < 0,001$) de sus solomillos, distanciándose de Entrepelado, Retinto y Torbiscal, que no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre sí para el contenido en GIM de sus solomillos. Este hecho se muestra discordante con los resultados por estirpes encontrados en el *longissimus dorsi* por Estévez *et al.* (2003a) y Muriel *et al.* (2003 y 2004), quienes no hallaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las estirpes. No obstante, Muriel *et al.* (2003 y 2004) sí encontraron ligeras diferencias ($p < 0,05$) entre las estirpes al analizar el contenido en GIM del músculo *masseter*, reportando menor contenido en Torbiscal. Las diferencias en GIM tienen una importante influencia genética (Poto *et al.*, 2007), cada incremento debido a la selección genética del 1 % en el contenido magro reduce la GIM aproximadamente un 0,07 % (Webb, 1998). Por su parte, otros autores han destacado la importante influencia que la edad del animal tendría también sobre el contenido de GIM (Asenjo *et al.*, 2005). En este sentido, debemos tener en cuenta que Lampiño, debido a su

menor tasa de crecimiento, alcanzó el peso de sacrificio a una edad superior que el resto de las subpoblaciones analizadas, es decir, con un mayor estado de madurez tisular, lo que también justificaría una mayor infiltración grasa de su carne. En los últimos años, el estudio del contenido de grasa infiltrada en la carne de Ibérico ha adquirido relevancia, ya que se trata de uno de los principales factores que afectan a la aceptabilidad por parte de los consumidores tanto de la carne de Ibérico para consumo en fresco (Ruiz *et al.*, 2002) como de los productos curados de Ibérico (Ventanas *et al.*, 2007).

Por último, dentro de la composición proximal de la carne de los solomillos, Retinto fue la subpoblación que mayor contenido de cenizas (contenido mineral) mostró, seguido de las estirpes Entrepelado y Torbiscal, con valores muy parejos; en tanto que la estirpe Lampiño y los cerdos cruzados con Duroc reflejaron los menores contenidos en ceniza. No se dispone de datos sobre el contenido en ceniza de la carne de Ibérico en estudios previos. Sin embargo, los valores encontrados en el presente estudio estuvieron en consonancia con los reportados para el músculo *longissimus dorsi* de porcinos criollos por Ramos (2008), de cerdos de raza Hampshire por Goerl *et al.* (1995) y de cerdos de cruces blancos industriales por Mörlein *et al.* (2005).

COLOR FÍSICO Y PIGMENTOS HEMÍNICOS

En relación al color de la carne de los solomillos de las distintas subpoblaciones (tabla 42), analizados tras 72 horas de maduración y después de 60 minutos de blooming a temperatura de refrigeración, se puede observar como las estirpes Entrepelado, Lampiño y Retinto presentaron menor L^* (luminosidad) y mayor a^* (índice de rojo-verde) que la carne de Torbiscal y de cruce de Ibérico \times Duroc ($p < 0,001$). Este dato se relaciona con la cantidad y el estado químico del pigmento muscular hemínico mioglobina, superior ($p < 0,001$) igualmente en las estirpes Entrepelado, Lampiño y Retinto, seguidas a distancia por Torbiscal, presentando la carne de los cerdos cruzados el menor contenido en mioglobina de las cinco subpoblaciones analizadas (tabla 42).

Tabla 42. Coordenadas tricromáticas (CIE, 1976) y contenido en pigmentos hemínicos (mioglobina) de la carne del solomillo de las subpoblaciones analizadas.

	Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Cruce	Sig.
L^*	31,37 \pm 0,639 ^b	31,58 \pm 0,608 ^b	30,06 \pm 0,626 ^b	36,99 \pm 0,632 ^a	38,28 \pm 0,620 ^a	***
a^*	12,87 \pm 0,529 ^b	14,25 \pm 0,504 ^{ab}	14,53 \pm 0,518 ^a	10,11 \pm 0,523 ^c	10,24 \pm 0,513 ^c	***
b^*	9,54 \pm 0,356 ^b	12,54 \pm 0,339 ^a	12,36 \pm 0,349 ^a	5,04 \pm 0,352 ^d	6,89 \pm 0,346 ^c	***
Mb (mg/g)	4,94 \pm 0,182 ^{ab}	5,26 \pm 0,173 ^a	4,81 \pm 0,178 ^b	3,80 \pm 0,180 ^c	3,25 \pm 0,177 ^d	***

a, b, c y d señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Sig.: nivel de significación estadística; *** $p < 0,001$

Mb: mioglobina

Debemos tener en cuenta que el color es el principal atributo determinante de la apariencia de la carne y, por tanto, tiene una importancia fundamental en la decisión de compra por parte del consumidor (Cross *et al.*, 1986). Diversos autores (Fernández *et al.*, 1999; Leseigneur-Meynier y Gandemer, 1991) han relacionado un color más rojo de la carne (mayor a^*) con un mayor contenido de mioglobina, lo que conlleva a su vez un mayor contenido de hierro en la misma. Lawrie (1998) relacionó el contenido en mioglobina del Ibérico con su sistema de producción y con la edad de los animales al sacrificio, mientras que Carrapiso y García (2005), Ventanas *et al.* (2006) y Serrano *et al.* (2008) destacaron la mayor concentración de fibras oxidativas en los músculos de Ibérico en relación a otras razas menos rústicas como la Duroc. En consecuencia, este hecho justificaría el menor contenido en pigmentos hemínicos, el mayor índice L^* y menor a^* , encontrados en la carne de cerdos ibéricos cruzados con Duroc en relación a cerdos ibéricos puros (Ventanas *et al.*, 2006). En este sentido, Estévez *et al.* (2003a) encontraron en el *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos de las estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal menor índice L^* y mayor índice a^* , así como mayor contenido de mioglobina, que en el *longissimus dorsi* de cerdos industriales. El estudio de Estévez *et al.* (2003a) no mostró diferencias significativas entre las estirpes de Ibérico para las coordenadas de color y el contenido en mioglobina. Sin embargo, en nuestros datos, Torbiscal se diferenció del resto de las estirpes de Ibérico tanto en el contenido en mioglobina como en el color de la carne. De hecho, al igual que los cerdos ibéricos cruzados con Duroc, Torbiscal presentó mayor índice L^* y menor a^* que las estirpes Lampiño, Entrepelado y Retinto, de las que podría decirse que muestran una carne más roja y oscura. Un resultado similar al nuestro fue reportado por Muriel *et al.* (2004). Estas diferencias entre estirpes podrían deberse no sólo a la menor edad de sacrificio (Lawrie, 1998) de los cerdos de la estirpe Torbiscal en relación a la edad de sacrificio de los cerdos de las otras tres estirpes de Ibérico analizadas, sino también a que se trata de la única estirpe de Ibérico con la que se ha llevado a cabo una selección hacia un menor contenido de grasa (Rodrigáñez *et al.*, 1999), ya que la selección hacia el magro en porcino se ha relacionado con una modificación en el porcentaje de las fibras musculares oxidativas y glicolíticas (o anaeróbicas), con un incremento de éstas últimas (Karlsson *et al.*, 1993; Brocks *et al.*, 1998), lo que justificaría un menor contenido de mioglobina en la carne de los solomillos de Torbiscal, generando por tanto una carne menos oscura y menos roja (mayor índice L^* y menor índice a^*) que la del resto de las estirpes de Ibérico no seleccionadas.

TEXTURA Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

En la tabla 43 se exponen los valores de pH a las 24 horas y los resultados de las pruebas físicas de capacidad de retención de agua (CRA) por el método de compresión y por el método de pérdida por cocinado, expresadas en tanto por ciento de peso en forma de agua perdida, así como los resultados para el estudio con texturómetro de la resistencia máxima al corte con célula de Warner-Bratzler.

Tabla 43. Parámetros físicos (pH, CRA por el método de compresión y por el método de pérdida por cocinado, y resistencia al corte con cuchilla de Warner-Bratzler) de la carne del solomillo de las subpoblaciones analizadas.

	Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Cruce	Sig.
pH _{24h}	6,12 ± 0,037	6,13 ± 0,031	6,10 ± 0,040	6,14 ± 0,029	6,09 ± 0,032	n.s.
CRA (%)	17,06 ± 0,748 ^a	14,98 ± 0,712 ^{ab}	16,54 ± 0,733 ^{ab}	12,86 ± 0,739 ^{bc}	12,53 ± 0,726 ^c	***
Pérdida por cocinado (%)	9,57 ± 1,074 ^{bc}	13,23 ± 0,911 ^a	12,13 ± 0,939 ^{ab}	8,85 ± 0,945 ^c	8,99 ± 0,927 ^c	**
Warner-Bratzler (kg/cm ²)	4,56 ± 0,313	4,63 ± 0,298	4,53 ± 0,306	4,98 ± 0,309	4,89 ± 0,303	n.s.

a, b y c señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Sig.: nivel de significación estadística; n.s. $p > 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

CRA: capacidad de retención de agua por el método de compresión (Grau y Hamm, 1953).

Respecto a los valores de pH de los solomillos a las 24 horas, que oscilaron entre 6,09 y 6,14, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las estirpes. Estos valores de pH fueron similares a los reportados para el solomillo y para el músculo *semimembranosus* de Ibérico por Morcuende *et al.* (2007) y Serrano *et al.* (2008), respectivamente. Igualmente, cabe mencionarse que las subpoblaciones analizadas tampoco reflejaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre sí en la resistencia máxima al corte con célula de Warner-Bratzler. Los valores encontrados son inferiores a los reportados por Brewer *et al.* (2002) para el músculo *longissimus* de las razas porcinas Pietrain y Hampshire, estando en consonancia con los valores que estos mismos autores observaron para Duroc, aunque siendo inferiores a los reportados para el *longissimus* de esta misma raza y de la raza Large-White por Juárez *et al.* (2011). No tenemos referencias bibliográficas de estudios de esta naturaleza en carne de Ibérico y sus cruces con Duroc, aunque sí en productos curados (Ramírez y Cava, 2007b), donde tampoco se encontraron diferencias en la resistencia al corte con célula de Warner-Bratzler debidas al genotipo. Por su parte, Ellis *et al.* (1998), trabajando con cuatro tipos de porcinos híbridos comerciales, relacionaron diferentes grados de infiltración grasa del *longissimus dorsi* con diferencias en la resistencia al corte con célula de Warner-Bratzler. Sin embargo, en el estudio que centra esta Tesis, a pesar de encontrarse diferencias significativas entre las subpoblaciones estudiadas para la GIM ($p < 0,001$), como ya se ha mencionado, no se encontraron en la resistencia al corte ($p > 0,05$).

Sí se encontraron importantes diferencias estadísticamente significativas entre las subpoblaciones analizadas tanto para la CRA ($p < 0,001$) como para las pérdidas por cocinado ($p < 0,01$) de los solomillos. Ambos son parámetros influenciados por diversos factores, entre ellos por la composición química de la carne, con especial atención al contenido y distribución de la GIM, pues ésta reduce el coeficiente de difusión del agua dentro de la carne (Arnau *et al.*, 1997; Gou, 1998; Muriel *et al.*, 2004). En general, las estirpes de Cerdo Ibérico presentaron mayores valores de

CRA ($p < 0,001$) y de pérdidas por cocinado ($p < 0,01$) que los cerdos ibéricos cruzados con Duroc, con la excepción de la estirpe Torbiscal, que mostró resultados similares a los cerdos cruzados para ambos parámetros ($p > 0,05$), tal vez debido a la diferente composición de las fibras musculares que la selección hacia mayor desarrollo cárnico ha potenciado en esta estirpe. Ramírez y Cava (2007a), estudiando los parámetros de calidad cárnica en diferentes cruces de Ibérico \times Duroc, también encontraron diferencias significativas en las pérdidas por cocinado debidas al genotipo en el músculo *longissimus dorsi* aunque no en *biceps femoris*. En este mismo sentido, Jeremiah *et al.* (1999), al estudiar el músculo *longissimus* de diferentes razas porcinas industriales, también encontraron importantes diferencias en las pérdidas por cocinado debidas al genotipo, mostrando en cualquier caso valores muy superiores a los reportados en la presente Tesis Doctoral para las estirpes de Cerdo Ibérico y los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc.

Por su parte, Lampiño, que fue la estirpe con mayor contenido en GIM, mostró mayor CRA ($p < 0,001$) que los cerdos cruzados con Duroc, que a su vez fue la subpoblación con menor GIM. De igual modo, Entrepelado, que fue la estirpe cuya carne presentó menor contenido de agua, fue la que mayores pérdidas por cocinado mostró, agrupándose para este carácter con la estirpe Retinto ($p > 0,05$) y diferenciándose de manera significativa ($p < 0,01$) tanto de los cerdos cruzados con Duroc como de la estirpe Torbiscal. El hecho de que el solomillo de la estirpe Entrepelado posea un menor contenido de agua y además pierda mayor cantidad durante el cocinado podría determinar una carne menos jugosa que la de las restantes subpoblaciones analizadas. Por su parte, la baja tasa de pérdidas por cocinado de la estirpe Torbiscal y de los cerdos cruzados con Duroc, nuevamente podría ser debida a diferencias en la composición fibrilar de sus músculos.

En relación al perfil lipídico de la grasa intramuscular de los solomillos de las subpoblaciones analizadas (tabla 44), observamos que los valores encontrados son similares a los reportados por Estévez *et al.* (2003a) para la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de las estirpes Lampiño, Retinto y Torbiscal. El ácido oleico (C18:1 n-9) fue el ácido graso presente en mayor porcentaje, seguido del ácido palmítico (C16:0), del esteárico (C18:0) y del linoleico (C18:2 n-6). Respecto a estos cuatro ácidos grasos mayoritarios, cuya determinación por cromatografía de gases a partir del tejido adiposo subcutáneo de la rabadilla del Cerdo Ibérico ha sido empleado como método oficial para definir el régimen alimenticio (Orden PRE/3844/2004, de 18 de noviembre), no hubo diferencias, entre las estirpes de Cerdo Ibérico analizadas y los cerdos cruzados con la raza Duroc, para el oleico, el esteárico y el linoleico ($p > 0,05$), en consonancia con lo reportado por Muriel *et al.* (2004) al estudiar el músculo *longissimus dorsi* de estas mismas cuatro estirpes. Sin embargo, a diferencia de lo encontrado por Muriel *et al.* (2004), la carne del solomillo de Torbiscal presentó mayor porcentaje de ácido palmítico (C16:0) que la carne de los solomillos de las restantes estirpes ($p < 0,001$). Igualmente, los solomillos de los

cerdos cruzados también presentaron mayor porcentaje de ácido palmítico que los solomillos de las estirpes Lampiño, Entrepelado y Retinto ($p < 0,001$).

Las estirpes de Cerdo Ibérico presentaron menor porcentaje de C12:0 ($p < 0,001$) en la grasa intramuscular de los solomillos que los cerdos cruzados con Duroc. Los valores encontrados (tabla 44) son similares a los reportados por Cava *et al.* (2003) para el músculo *longissimus dorsi* de cerdos ibéricos, y menores a los hallados por estos mismos autores en los músculos *serratus ventralis* y *masseter*, también de Ibérico. Por su parte, no se encontraron diferencias ($p > 0,05$) entre las estirpes de Cerdo Ibérico para el contenido en este ácido graso, como ya observaran Estévez *et al.* (2003a) al estudiar el músculo *longissimus dorsi* de Lampiño, Retinto y Torbiscal, y Muriel *et al.* (2004) al estudiar los músculos *masseter* y *longissimus dorsi* de las mismas cuatro estirpes estudiadas en esta Tesis. Sin embargo, los valores referidos por Estévez *et al.* (2003a) para el *longissimus dorsi* son superiores a los hallados por Cava *et al.* (2003) para el mismo músculo y superiores a los encontrados en el solomillo de nuestro estudio. Del mismo modo, las estirpes de Cerdo Ibérico presentaron menor porcentaje de C14:0 ($p < 0,01$) en la grasa intramuscular de los solomillos que los cerdos cruzados con Duroc. En este caso, los valores encontrados son similares a los reportados por Cava *et al.* (2003) para los músculos *longissimus dorsi* y *serratus ventralis*, y superiores a los encontrados por estos mismos autores en el músculo *masseter* de Cerdo Ibérico. Cabe destacar que se encontraron diferencias entre las estirpes de Cerdo Ibérico para el contenido de este ácido graso, donde Retinto presentó el menor ($p < 0,01$) porcentaje, sin que hubiera diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para este ácido graso entre las estirpes Lampiño, Entrepelado y Torbiscal. Este hecho no coincide con lo reportado por Estévez *et al.* (2003a), que no encontraron diferencias entre Retinto, Lampiño y Torbiscal al estudiar el músculo *longissimus dorsi*, aportando, eso sí, valores superiores a los hallados para el solomillo en el presente estudio, e igualmente no está en consonancia con los datos de Muriel *et al.* (2004), quienes tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas para el contenido en C14:0 en los músculos *longissimus dorsi* y *masseter* de las estirpes Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal. El C12:0 y C14:0 son dos ácidos grasos de cadena corta cuyo consumo se considera perjudicial desde el punto de vista de la salud cardiovascular.

Asimismo, las estirpes de Cerdo Ibérico presentaron en su carne mayor porcentaje de C22:0 ($p < 0,001$) y C20:3 n-6 ($p < 0,05$). Los valores encontrados (tabla 44) para el C22:0 son similares a los reportados por Tejerina *et al.* (2012) para los músculos *longissimus dorsi* y *serratus ventralis* de cerdos ibéricos. Sin embargo, los valores hallados para el C20:3 n-6 en los solomillos de las estirpes son superiores a los encontrados por Tejeda *et al.* (2002) y Ventanas *et al.* (2006) en el músculo *biceps femoris* tanto de cerdos ibéricos puros como cruzados con Duroc. En sus estudios, Tejeda *et al.* (2002) y Ventanas *et al.* (2006) no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de C20:3 n-6 en el músculo *biceps femoris* debidas al genotipo, lo que contrasta con nuestro estudio en el que sí se han

apreciado diferencias ($p < 0,05$) en el porcentaje de dicho ácido graso en el solomillo debidas al factor racial.

Por otra parte, los solomillos de Torbiscal y de los cerdos cruzados con Duroc, además de presentar mayor porcentaje de palmítico, presentaron menores porcentajes de C18:3 n-6 ($p < 0,001$) y C22:2 ($p < 0,001$), que los solomillos de las estirpes Lampiño, Entrepelado y Retinto. En discordancia con estos datos, Estévez *et al.* (2003a) no encontraron diferencias entre las estirpes para el porcentaje de C18:3 de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi*.

Del mismo modo, se hallaron diferencias entre las estirpes para los porcentajes de C16:1 ($p < 0,01$), C20:0 ($p < 0,001$) y C22:6 n-3 (DHA) ($p < 0,001$), pero no para el porcentaje de C20:5 n-3 (EPA). Al respecto, y en contraposición a estos resultados, Estévez *et al.* (2003a) no encontraron diferencias significativas entre las estirpes para el contenido en C16:1 de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de cerdos sacrificados con 90 kg de peso vivo, aunque, en consonancia con los datos aportados en esta Tesis, sí hallaron diferencias entre las estirpes para el C20:0. Por su parte, Muriel *et al.* (2004) encontraron diferencias al estudiar las mismas estirpes para el C16:1 en la grasa intramuscular del músculo *masseter* pero no en la del *longissimus dorsi*, y de manera inversa, hallaron diferencias entre las estirpes para el C20:0 en el *longissimus dorsi* pero no en el *masseter*. Por su parte, Ventanas *et al.* (2006), al estudiar el efecto del genotipo (Ibérico Puro vs Ibérico × Duroc) sobre el perfil lipídico de la grasa intramuscular del músculo *biceps femoris*, y en consonancia con nuestros resultados, encontraron diferencias debidas al genotipo en el C16:1 y en el C22:6 n-3 (DHA), pero no en el C20:5 n-3 (EPA).

Tabla 44. Porcentajes de los ácidos grasos de la grasa intramuscular de los solomillos de las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico y de los cerdos del cruce Ibérico x Duroc.

	Lampión	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Cruce	Sig.
C10:0	0,06 ± 0,006	0,07 ± 0,005	0,06 ± 0,005	0,09 ± 0,005	0,08 ± 0,005	n.s.
C12:0	0,06 ± 0,003 ^b	0,07 ± 0,003 ^b	0,06 ± 0,003 ^b	0,06 ± 0,003 ^b	0,09 ± 0,003 ^a	***
C12:1	0,19 ± 0,034	0,13 ± 0,032	0,25 ± 0,033	0,14 ± 0,033	0,18 ± 0,033	n.s.
C14:0	1,23 ± 0,067 ^b	1,28 ± 0,064 ^b	1,10 ± 0,066 ^c	1,31 ± 0,067 ^b	1,50 ± 0,065 ^a	**
C14:1	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,001	n.s.
C15:0	0,05 ± 0,004 ^b	0,06 ± 0,004 ^a	0,06 ± 0,004 ^a	0,05 ± 0,004 ^b	0,04 ± 0,004 ^b	**
C16:0	23,42 ± 0,474 ^b	23,23 ± 0,452 ^b	22,19 ± 0,465 ^b	24,69 ± 0,469 ^a	25,37 ± 0,460 ^a	***
C16:1	3,48 ± 0,179 ^{ab}	3,62 ± 0,170 ^a	3,09 ± 0,175 ^b	3,61 ± 0,177 ^a	3,54 ± 0,173 ^{ab}	**
C17:0	0,24 ± 0,021	0,28 ± 0,020	0,30 ± 0,020	0,24 ± 0,020	0,22 ± 0,020	n.s.
C17:1	0,19 ± 0,013	0,21 ± 0,012	0,21 ± 0,013	0,21 ± 0,013	0,18 ± 0,012	n.s.
C18:0	12,84 ± 0,306	13,13 ± 0,292	13,85 ± 0,300	13,62 ± 0,303	13,79 ± 0,297	n.s.
C18:1 n-9	40,92 ± 1,002	39,32 ± 0,955	39,25 ± 0,982	38,75 ± 0,991	40,23 ± 0,973	n.s.
C18:2 n-6	9,86 ± 0,930	10,84 ± 0,886	10,93 ± 0,912	10,77 ± 0,920	9,37 ± 0,903	n.s.
C20:0	0,18 ± 0,006 ^b	0,19 ± 0,005 ^b	0,23 ± 0,006 ^a	0,19 ± 0,006 ^b	0,18 ± 0,006 ^b	***
C18:3 n-6	1,13 ± 0,071 ^b	1,38 ± 0,068 ^a	1,42 ± 0,070 ^a	0,77 ± 0,070 ^c	0,89 ± 0,069 ^c	***
C18:3 n-3	0,68 ± 0,025	0,65 ± 0,024	0,64 ± 0,024	0,66 ± 0,025	0,72 ± 0,024	n.s.
C20:1	0,28 ± 0,014	0,27 ± 0,013	0,26 ± 0,014	0,28 ± 0,014	0,30 ± 0,014	n.s.
C20:2	0,21 ± 0,030	0,22 ± 0,029	0,28 ± 0,030	0,26 ± 0,030	0,19 ± 0,029	n.s.
C22:0	0,13 ± 0,035 ^a	0,20 ± 0,033 ^a	0,21 ± 0,034 ^a	0,14 ± 0,034 ^a	0,01 ± 0,034 ^b	***
C20:4 n-6	2,86 ± 0,424	2,69 ± 0,404	3,17 ± 0,415	2,47 ± 0,419	1,72 ± 0,411	n.s.
C20:3 n-6	0,14 ± 0,023 ^b	0,21 ± 0,022 ^a	0,16 ± 0,023 ^{ab}	0,13 ± 0,023 ^b	0,06 ± 0,023 ^c	*
C22:2	0,25 ± 0,045 ^b	0,30 ± 0,042 ^b	0,44 ± 0,044 ^a	0,11 ± 0,044 ^c	0,10 ± 0,043 ^c	***
C20:5 n-3	0,50 ± 0,074	0,59 ± 0,070	0,71 ± 0,072	0,32 ± 0,073	0,22 ± 0,071	n.s.
C22:6 n-3	0,23 ± 0,038 ^b	0,22 ± 0,036 ^b	0,24 ± 0,037 ^b	0,34 ± 0,037 ^a	0,24 ± 0,036 ^b	***
C24:1	0,10 ± 0,014	0,07 ± 0,014	0,10 ± 0,014	0,05 ± 0,014	0,06 ± 0,014	n.s.

a, b y c señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Sig.: nivel de significación estadística; n.s. $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

En la tabla 45 se exponen los principales índices lipídicos de la grasa intramuscular de los solomillos de las subpoblaciones analizadas. Los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc y la estirpe Torbiscal fueron los que mostraron mayor

($p < 0,01$) saturación de la grasa (SFA), no apreciándose diferencias significativas en el grado de saturación de la grasa entre las estirpes Lampiño, Entrepelado y Retinto ($p > 0,05$). En desacuerdo con estos resultados, ni Estévez *et al.* (2003a) ni Muriel *et al.* (2004) encontraron diferencias entre Torbiscal y las restantes estirpes de Ibérico para el porcentaje total de ácidos grasos saturados de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi*. De igual modo, Muriel *et al.* (2004) tampoco hallaron diferencias entre las estirpes para el porcentaje total de ácidos grasos saturados en el músculo *masseter*.

En relación al porcentaje total de ácidos grasos mono-insaturados (MUFA), no se encontraron diferencias ($p > 0,05$) entre las cinco subpoblaciones analizadas. Estos resultados están en consonancia con los aportados por Ventanas *et al.* (2006), quienes no encontraron diferencias debidas al genotipo en el contenido en MUFA al estudiar la grasa del músculo *biceps femoris* de cerdos ibéricos puros y cruzados con Duroc, e igualmente en consonancia con los aportados por Estévez *et al.* (2003a) y Muriel *et al.* (2004), quienes tampoco encontraron diferencias entre las estirpes para el contenido en MUFA de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi*. Sin embargo, en su estudio, Muriel *et al.* (2004) sí encontraron diferencias por estirpes para el contenido total de MUFA en la grasa del músculo *masseter*, donde Torbiscal presentó menor contenido que el resto de las estirpes de Ibérico.

En cuanto al contenido total en ácidos grasos poli-insaturados (PUFA) de la grasa del solomillo, los cerdos cruzados con Duroc presentaron el menor porcentaje ($p < 0,05$) de las cinco subpoblaciones analizadas, sin que se apreciaran diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para este parámetro entre las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico. En consonancia con estos resultados, tanto Estévez *et al.* (2003a) como Muriel *et al.* (2004) no apreciaron diferencias entre estirpes para el porcentaje total de poli-insaturados en la grasa del músculo *longissimus dorsi*. Sin embargo, Muriel *et al.* (2004) sí apreciaron diferencias entre Torbiscal y las restantes estirpes de Ibérico en el porcentaje de PUFA de la grasa del músculo *masseter*. En general, las razas con menor contenido en GIM presentan mayor porcentaje de PUFA en su GIM, como ha quedado patente en numerosos estudios (Serra *et al.*, 1998; Cava *et al.*, 2004; Raj *et al.*, 2010). Sin embargo, resulta interesante comprobar que las estirpes de Cerdo Ibérico presentaron mayor contenido de GIM y al mismo tiempo mayor porcentaje de PUFA en esta GIM que los cerdos ibéricos cruzados con Duroc, lo cual es favorable desde el punto de vista nutricional, y podría sugerir un metabolismo en el Ibérico hacia una mayor deposición de estos PUFA. Las autoridades sanitarias internacionales recomiendan un valor superior a 0,4 para la relación poli-insaturados/saturados (PUFA/SFA) de la grasa (COMA, 1984; Department of Health, 1994). Al respecto, los cerdos cruzados con Duroc ofrecieron el menor ratio PUFA/SFA ($p < 0,05$) de las cinco subpoblaciones analizadas, siendo a su vez la única que no superó el referenciado valor umbral (0,4), diferenciándose así de las estirpes de Ibérico, entre las que no se encontraron diferencias ($p > 0,05$) para el valor de este índice PUFA/SFA.

De otra parte, la estirpe Torbiscal y el cruce de Ibérico x Duroc expresaron un menor valor ($p < 0,01$) en la relación insaturados/saturados (UFA/SFA), reflejando un mayor porcentaje de saturación general de la grasa, lo que se relaciona con sus mayores índices SFA, constituyendo, por tanto, un aspecto negativo desde el punto de vista de la salud cardiovascular en relación al consumo de esta carne.

Tabla 45. Principales índices lipídicos de la grasa intramuscular por subpoblación.

	Lampión	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Cruce	Sig.
SFA (%)	38,24 ± 0,680 ^b	38,55 ± 0,648 ^b	38,09 ± 0,667 ^b	40,42 ± 0,673 ^a	41,32 ± 0,660 ^a	**
MUFA (%)	45,22 ± 1,072	43,68 ± 1,020	43,21 ± 1,050	43,08 ± 1,060	44,54 ± 1,040	n.s.
PUFA (%)	16,53 ± 1,175 ^a	17,76 ± 1,105 ^a	18,69 ± 1,145 ^a	16,48 ± 1,159 ^a	14,13 ± 1,131 ^b	*
PUFA/SFA	0,43 ± 0,043 ^a	0,46 ± 0,041 ^a	0,49 ± 0,043 ^a	0,41 ± 0,043 ^a	0,34 ± 0,042 ^b	*
UFA/SFA	1,61 ± 0,044 ^a	1,60 ± 0,042 ^a	1,62 ± 0,043 ^a	1,47 ± 0,043 ^b	1,42 ± 0,042 ^b	**
CLA (%)	0,41 ± 0,028	0,42 ± 0,026	0,42 ± 0,027	0,41 ± 0,027	0,42 ± 0,027	n.s.
n6 (%)	14,12 ± 1,324 ^{ab}	15,23 ± 1,261 ^{ab}	15,79 ± 1,298 ^a	14,26 ± 1,310 ^{ab}	12,14 ± 1,285 ^b	*
n3 (%)	1,43 ± 0,096 ^{abc}	1,48 ± 0,091 ^{ab}	1,61 ± 0,094 ^a	1,33 ± 0,095 ^{bc}	1,19 ± 0,093 ^c	*
n6/n3	9,73 ± 0,556	10,29 ± 0,529	9,78 ± 0,544	10,46 ± 0,550	10,42 ± 0,539	n.s.

a, b, c y d señalan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Sig.: nivel de significación estadística; n.s. $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

SFA: sumatorio de ácidos grasos saturados

MUFA: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: sumatorio de ácidos grasos poli-insaturados

UFA: sumatorio de ácidos grasos insaturados (MUFA + PUFA)

CLA: sumatorio de los isómeros de ácido linoleico conjugado

n6: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-6

n3: sumatorio de ácidos grasos de la serie omega-3

Por otro lado, los valores de CLA, que se reportan por vez primera para las estirpes de Ibérico, fueron similares ($p > 0,05$) para las cinco subpoblaciones analizadas. Estos saludables ácidos grasos (Ha *et al.*, 1987; Ip *et al.*, 1994) se han encontrado en mayores niveles en la leche y grasa de rumiantes (Chin *et al.*, 1992; Kramer *et al.*, 1998). Sin embargo, la carne de cerdo contiene menores niveles, dependiendo de la dieta, como reportan Dhiman *et al.* (1999) y Raes *et al.* (2004). Fernández-Fígares *et al.* (2008) llevaron a cabo un pequeño estudio acerca del efecto de la inclusión de CLA en la dieta sobre el crecimiento y la composición de la canal de cerdos ibéricos. No obstante, parece que las dietas ricas en C18:1 producen un incremento de CLA en la carne de cerdo (Juárez *et al.*, 2005; Lauridsen *et al.*, 2005). Las dietas para los porcinos ibéricos tienen elevado contenido de C18:1, lo que podría explicar los niveles que se han encontrado en la presente Tesis.

En relación al contenido en ácidos grasos de las series omega 6 (n-6) y omega 3 (n-3), se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) debidas al genotipo, mostrando la estirpe Retinto y los cerdos cruzados con Duroc los valores extremos para ambas familias de ácidos grasos. Por su parte, Ventanas *et al.* (2006) no hallaron diferencias debidas al genotipo para los n-6 al estudiar la grasa del músculo *biceps femoris* de cerdos ibéricos puros y cruzados con Duroc, aunque sí en la serie n-3. En sentido contrario a lo reportado por Ventanas *et al.* (2006), Tejada *et al.* (2002) sí encontraron efecto del genotipo en el contenido en n-6 de la grasa del músculo *biceps femoris* de cerdos ibéricos puros y cruzados.

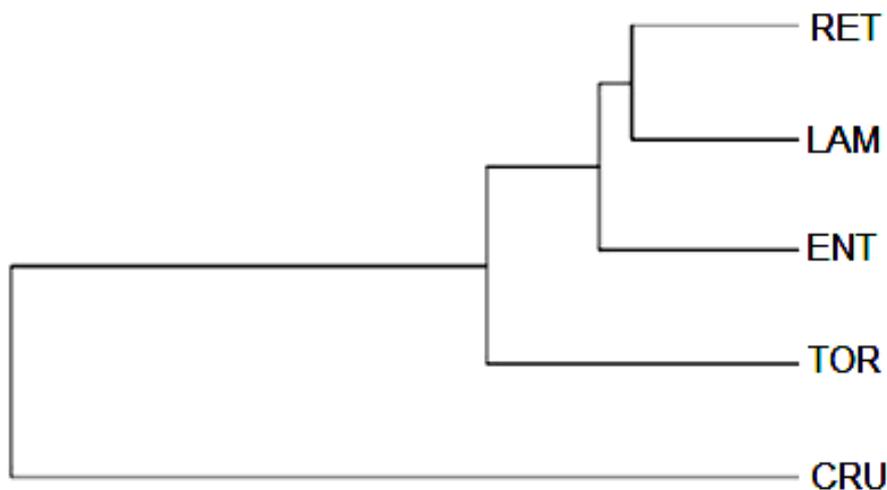
Dentro de las estirpes de Cerdo Ibérico, no se apreciaron diferencias ($p > 0,05$) entre ellas para el contenido en n-6, sin embargo, en el caso de los n-3, Retinto y Torbiscal mostraron valores diferentes ($p < 0,05$). En contraposición, Muriel *et al.* (2004), en la grasa del músculo *masseter*, encontraron diferencias entre Torbiscal y el resto de las estirpes de Ibérico para el sumatorio de los ácidos grasos de la serie n-6, pero no hallaron diferencias entre las estirpes para el contenido total en n-3. Estos mismos autores no hallaron diferencias entre estirpes para ninguna de las dos familias lipídicas en la grasa del músculo *longissimus dorsi*. En relación al cociente n6/n3, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las cinco subpoblaciones analizadas. Estos resultados están en consonancia con los aportados por Ventanas *et al.* (2006), quienes tampoco encontraron diferencias debidas al genotipo en la relación n-6/n-3 al estudiar la grasa del músculo *biceps femoris* de cerdos ibéricos puros y cruzados con Duroc, e igualmente en consonancia con los aportados por Estévez *et al.* (2003a) y Muriel *et al.* (2004), quienes tampoco encontraron diferencias entre las estirpes de Cerdo Ibérico para el cociente n-6/n-3 de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi*. Debemos señalar que los valores encontrados para este cociente n-6/n-3 en el solomillo son inferiores a los reportados por otros autores para los músculos *biceps femoris* (Ventanas *et al.*, 2006), *longissimus dorsi* (Estévez *et al.*, 2003a; Muriel *et al.*, 2004) y *masseter* (Muriel *et al.*, 2004).

Por último, en la figura 25 se expone el dendrograma construido a partir del análisis clúster de las subpoblaciones estudiadas a partir de los valores de los parámetros de calidad de la carne analizados. En él se aprecia una clara subdivisión en dos principales troncos constituidos, respectivamente, por los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc, por un lado, y por las cuatro estirpes de Cerdo Ibérico, por el otro, lo que supone que existen diferencias significativas para los caracteres de calidad cárnica entre los cerdos ibéricos cruzados y los ibéricos puros (representados en este caso por las cuatro estirpes estudiadas). Es decir, por sus parámetros de calidad de la carne, los cerdos ibéricos puros se diferencian de los cerdos ibéricos cruzados con la raza Duroc. Dentro ya del grupo constituido por las estirpes de Ibérico, Torbiscal aparece separado del resto, mientras que, de las tres restantes estirpes, Lampiño y Retinto aparecen, por los valores encontrados en los caracteres fisicoquímicos de su carne, más cercanas entre sí que a la estirpe Entrepelado.

La distribución ofrecida por los parámetros fisicoquímicos de la carne del solomillo difiere de la reflejada por las distancias genéticas de Reynolds estimadas a partir del genotipado con los 34 marcadores moleculares de tipo microsatélites del ADN. De hecho, por sus caracteres fisicoquímicos de calidad cárnica, Lampiño y Retinto aparecen más próximos entre sí que con la estirpe Entrepelado, mientras que la distancia genética de Reynolds, la diferenciación genética (F_{ST}) y el Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) a partir de las frecuencias alélicas, denotaba una elevada proximidad genética entre Retinto y Entrepelado, y una mayor diferenciación entre Lampiño y Retinto. Por su parte, Torbiscal, desde el punto de vista de la calidad cárnica, se separa del resto de las estirpes de Ibérico en mayor medida que genéticamente, lo que podría explicarse por los procesos de selección hacia mayor conformación muscular que con esta estirpe se han llevado a cabo (Rodrigáñez *et al.*, 1999).

Los diferentes patrones de distribución genética y fenotípica (parámetros fisicoquímicos de calidad cárnica) observados muestran que los marcadores moleculares microsatélites, de naturaleza neutra, son útiles para diferenciar subpoblaciones muy relacionadas, pero no presentan relación directa con las características de calidad de la carne o ésta está limitada a subpoblaciones muy diferenciadas (cerdos ibéricos cruzados vs Ibérico Puro).

Figura 25. Dendrograma de distancias fenotípicas (análisis clúster) entre las subpoblaciones analizadas a partir de los parámetros de calidad cárnica.



RET: Retinto; LAM: Lampiño; ENT: Entrepelado; TOR: Torbiscal; CRU: cruce Ibérico × Duroc.

CONCLUSIONES

Tras el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La raza porcina Ibérica exhibe una importante diversidad intrarracial que queda reflejada en los valores de diferenciación genética (F_{ST}) hallados entre las subpoblaciones analizadas. Las mayores diferencias genéticas se encuentran entre Retinto y Torbiscal, y entre Retinto y Lampiño; mientras que, como cabría esperar, la mayor proximidad genética se observa entre Retinto y Entrepelado.

- De acuerdo a sus valores de heterocigosidad y número medio de alelos por locus, Lampiño y Torbiscal muestran una menor variabilidad genética que las estirpes Retinto y Entrepelado, en consonancia con sus menores censos.

- El cruce Ibérico × Duroc supone una mejora productiva que en este estudio queda relegada por la consecución del peso comercial de sacrificio a una edad más temprana, así como por el mayor peso de sus solomillos.

- Existen importantes diferencias en la calidad cárnica de las subpoblaciones estudiadas debidas al genotipo, no sólo por efecto del cruzamiento con la raza Duroc, sino también entre las estirpes de Cerdo Ibérico. Así, los solomillos procedentes de las estirpes de Cerdo Ibérico presentan mayor contenido de GIM y de proteína, y dentro de éstas, la estirpe Lampiño destaca sobre las demás para dichos caracteres, así como por sus superiores valores para la CRA por el método de compresión.

- La carne de las estirpes Lampiño, Retinto y Entrepelado es más oscura que la de Torbiscal y la de los cerdos cruzados con Duroc, debido a un mayor contenido en pigmentos hemínicos (Mioglobina), lo que a su vez se relaciona con un mayor aporte de hierro.

- La GIM del solomillo de Torbiscal y de los cerdos cruzados con Duroc presenta mayor saturación (mayor SFA) que la grasa de Lampiño, Entrepelado y Retinto. Asimismo, el contenido en PUFA de la GIM de los cerdos cruzados con Duroc es menor. Ambas circunstancias resultan perjudiciales desde el punto de vista de la salud cardiovascular.

- El análisis clúster diferencia claramente los cerdos cruzados con Duroc de las estirpes de Cerdo Ibérico en lo relativo a las características fisicoquímicas de su carne, lo que apoya la necesidad de una mejor diferenciación comercial de ambos tipos de carne (ibérico cruzado vs Ibérico Puro).

- Dentro de las estirpes de Cerdo Ibérico, Lampiño, Retinto y Entrepelado, por las características fisicoquímicas de su carne, se posicionan muy próximas entre sí,

distanciándose algo de la estirpe Torbiscal que, para determinados parámetros fisicoquímicos, se asemeja más a los cerdos cruzados con Duroc.

- Dentro de las estirpes de Cerdo Ibérico, Lampiño y Torbiscal son las que muestran mayores diferencias entre sí, lo que podría apoyar una comercialización diferenciada de sus producciones, de calidades diferentes, que a su vez favorecería su conservación y explotación en pureza, y más teniendo en cuenta que de las cuatro estirpes estudiadas, son las que hoy día se encuentran en peligro de extinción.

***REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS***

- AFI (Analistas Financieros Internacionales). (2007). Informe Excelpork™ 2007. Clima, posicionamiento y tendencias del sector porcino español, elaborado para ELANCO (división agroalimentaria de la farmacéutica Lilly).
- Albertí, P. (2000). Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medición del color. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Coordinado por Cañeque, V. y Sañudo, C. Monografías INIA: Ganadera Nº 1. Ed. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, España, pp. 11-16.
- Alberdi, M.T.; Azanza, B.; Cerdeño, E. & Prado, J.L. (1997). Similarity relationship between mammal faunas and biochronology from latest Miocene to Pleistocene in Western Mediterranean area. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 90, 115-132.
- Aldai, N.; Osoro, K.; Barron, L.J.R. & Najera, A.I. (2006). Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids (cis9-trans11 and trans10-cis12 isomers) and long-chain (n-3 or n-6) polyunsaturated fatty acids - Application to the intramuscular fat of beef meat. *Journal of Chromatography A*, 1110, 133-139.
- Alonso, V.; Campo, M.M.; Español, S.; Roncalés, P. & Beltrán, J.A. (2009). Effect of crossbreeding and gender on meta quality and fatty acid composition in pork. *Meat Science*, 81, 209-217.
- Alves, E.; Óvilo, C.; Rodríguez, M.C. & Silió, L. (2003). Mitochondrial DNA sequence variation and phylogenetic relationship among Iberian pigs and other domestic and wild pig populations. *Animal Genetics*, 34, 319-324.
- Alves, E.; Fernández, A.I.; Rodríguez, M.C.; Ovilo, C. y Silió, L. (2008). Tres pesquisas sobre el origen del Manchado de Jabugo. *ITEA* (2008), vol. 104 (2), 308-313.
- Andrés, A.I.; Cava, R.; Mayoral, A.I.; Tejeda, J.F.; Morcuende, D. & Ruiz, J. (2001). Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science*, 59, 39-47.
- Antelo, A. (2005). El Cerdo Ibérico gana madurez. *Alimarket*. 188, 227-244.
- Aparicio, G. (1944). Zootecnia Especial. Etnología Compendiada. 1ª edición, Córdoba.
- Aparicio, G. (1960). Zootecnia Especial. Etnología Compendiada. 4ª edición, Imprenta Moderna, Córdoba, 412-472.
- Aparicio, J.B. (1988). El Cerdo Ibérico, premio de investigación de 1987 convocado por Sánchez Romero Carvajal Jabugo S.A. (Huelva), pp. 40 y 61.
- Aparicio, M.A. (2005). Aplicación de las nuevas tecnologías a la montanera del Cerdo

- Ibérico. *Conferencia de ingreso en la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España*, pronunciada el 2 de noviembre de 2005.
- Apple, J.K. (2007). Effects of nutritional modifications on the water-holding capacity of fresh pork: a review. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 124, 43-58.
- Aragó, B. (1902). *Cría Lucrativa del Cerdo*. Ed. por Hijos de Cuesta, Madrid, 26-38.
- Arán, S. (¿1925?). *Ganado de Cerda. Explotación e industrialización del cerdo*. Cuarta edición corregida y ampliada. Editada por Huelves y Compañía, Madrid, 41-98.
- Arnau, J.; Guerrero, L. & Sarraga, C. (1997). Effects of temperatura during the last month of ageing and of salting time on dry-cured ham aged for six-months. *Journal of Science Food and Agriculture*, 74, 193-198.
- Asenjo, B.; Miguel, J.A.; Ciria, J. y Calvo, J.L. (2005). Factores que influyen en la calidad de la canal. En *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.
- Asociación General de Ganaderos del Reino (1908). Convocatoria, Programa, Reglamento del Concurso de Ganados y Maquinaria de 1908, 32-33.
- Asociación General de Ganaderos del Reino (1914). Memoria del III Concurso Nacional de Ganados de 1913, 191-207.
- Asociación General de Ganaderos del Reino (1923). Memoria del IV Concurso Nacional de Ganados de 1922, 177-181.
- Asociación General de Ganaderos del Reino (1926). Programa Reglamento del V Concurso Nacional de Ganados de 1926, 153-160.
- Asociación General de Ganaderos del Reino (1930). Catálogo Oficial del VI Concurso Nacional de Ganados de 1930, 275-290.
- Asociación General de Ganaderos (1931). Memoria del VI Concurso Nacional de Ganados de 1930, 187-198.
- Bañón, S.; Andreu, C.; Laencina, J. & Garrido, M.D. (2004). Fresh and eating pork quality from entire versus castrate heavy males. *Food Quality and Preference*, 15, 293-300.
- Barba, C. (1999). Caracterización productiva de las variedades del cerdo ibérico como base para su conservación. Tesis Doctoral, Departamento de Genética, Universidad de Córdoba.
- Becker, T. (2000). Consumer perceptions of fresh meat quality: a framework for analysis. *British Food Journal*, 102(3), 158-176.
- Belkhir, K.; Borsa, P.; Chikhi, L.; Raufaste, N. & Bonhomme, F. (2001). GENETIX 4.02, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire

- génome, populations, interactions: CNRS UMR 5000. Montpellier, France. Université de Montpellier II.
- 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., INIA, pp. 237-242.
- Benito, J.; Vázquez, C.; Menaya, C.; Ferrera, J.L.; García, J.M.; Silió, L.; Rodrigáñez, 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).
- Benzecri, J.P. (1973). L'Analyse des Données. In *L'analyse des Correspondances*. Ed. Dunod, Paris, France, vol 2, pp. 50-54.
- Blázquez, J.M. (1957). La economía ganadera en la España Antigua a la luz de las fuentes literarias griegas y romanas. *Emerita*, 25(1), 159-184.
- Borges de Freitas, A. (2006). El sector porcino. Máster de Producción Animal (Azores, 2006). Dpto. de Zootecnia. Universidad de Évora.
- Brewer, M.S.; Jensen, J.; Sosnicki, A.A.; Fields, B.; Wilson, E. & McKeith, F.K. (2002). The effect of pig genetics on palatability, color and physical characteristics of fresh pork loin chops. *Meat Science*, 61, 249–256.
- Brocks, L.; Hulsegge, B. & Merkus, G. (1998). Histochemical characteristics in relation to meat quality properties in the *longissimus lumborum* of fast and lean growing lines of large white pigs. *Meat Science*, 50, 411-420.
- Bryhni, E.A.; Byrne, D.V.; Rødbotten, M.; Møller, S.; Claudi-Magnussen, C.; Karlsson, A.; Agerhem, H.; Johansson, M. & Martens, M. (2003). Consumer and sensory investigations in relation to physical/chemical aspects of cooked pork in scandinavia. *Meat Science*, 65, 737-748.
- Buxadé, C. (1984). Ganado Porcino: sistemas de explotación y técnicas de producción. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- Cabello, A.; León, J.M. y Barba, C. (2007). Contribución a la diferenciación morfológica de las variedades del cerdo ibérico como base para su conservación. En *El Cerdo Ibérico. Caracterización de sus variedades*. Editado por la Diputación Provincial de Córdoba, pp. 31-87.
- Cameron, N.D. & Enser, M.B. (1991). Fatty acid composition of lipid in *longissimus dorsi* muscle of duroc and british landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Science*, 29, 295-307.
- Cañeque, V. y Sañudo, C. (2005). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Monografías INIA: serie ganadera nº 3. Ed. Instituto Nacional de Investigación y

Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, España.

- Carpenter, C.; Cornforth, D. & Whittier, D. (2001). Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science*, 57, 359-363.
- Carrapiso, A.I. & García, D. (2005). Instrumental colour of Iberian ham subcutaneous fat and lean (*Biceps femoris*): influence of crossbreeding and rearing system. *Meat Science*, 71, 284–290.
- Castejón, R. (1932). Memoria del Concurso Provincial de Ganados, Aves de Corral e Industrias derivadas y complementarias de la Ganadería, celebrado en Córdoba en mayo de 1932, pp. 50 y 51.
- Cava, R.; Estevez, M.; Ruiz, J. & Morcuende, D. (2003). Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Science*, 63, 533-541.
- Cava, R.; Ferrer, J.M.; Estévez, M.; Morcuende, D. & Toldrá, F. (2004). Composition and proteolytic and lipolytic enzyme activities in muscle *longissimus dorsi* from Iberian pigs and industrial genotype pigs. *Food Chemistry*, 88, 25–33.
- Channon, H.A.; Payne, A.M. & Warner, R.D. (2002). Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science*, 60, 63-68.
- Channon, H.A.; Kerr, M.G. & P.J. Walker. (2004). Effect of Duroc content, sex and ageing period on meat and eating quality attributes of pork loin. *Meat Science*, 66, 881-888.
- Chen, K.; Baxter, T.; Muir, W.M.; Groenen, M.A. & Schokk, L.B. (2007). Genetic resources, genome mapping and evolutionary genomics of the pig (*Sus scrofa*). *International Journal of Biological Sciences*, 3(3), 153-165.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L. & Pariza, M.W. (1992). Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185-197.
- Chrystall, B. (1994). Meat texture measurement. In *quality attributes and their measurement in meat, poultry, and fish products*, eds. Pearson, A.M. & Dutson, T.R. Glasgow. Chapman y Hall, U.K.
- CIE (1976). Commission International de l'Éclairage. Committee TC.13. Proposal for study of color spaces and color difference equations. *Journal of the Optical Society of America*, 64, 896-897.
- Clemente, I. (2006). Diferenciación de las producciones del cerdo ibérico de cara al futuro del sector. *FEAGAS*, 30, 114-121.

- Clemente, I. (2009). El Cerdo Ibérico autóctono de Los Pedroches: la variedad Negro de Los Pedroches o Pelón de Belalcázar. *Solo Cerdo Ibérico*, 22, 7-24.
- Clemente, I.; Membrillo, A.; Azor, P.J.; Dorado, G.; Rodero, A. y Molina, A. (2006). Algunas consideraciones sobre las diferentes clasificaciones del tronco porcino ibérico: una propuesta integradora. *Solo Cerdo Ibérico*, 16, 7-18.
- Clemente, I.; Diéguez, E. y Forero, F.J. (2007a). Las razas porcinas autóctonas andaluzas: El Cerdo Ibérico y sus estirpes. El Manchado de Jabugo. En el volumen II (Las Razas Ganaderas de Andalucía) de *Patrimonio Ganadero Andaluz*, editado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, 367-410.
- Clemente, I.; Membrillo, A.; Diéguez, E.; García, J.; Ureta, P.; Álvarez, F.; Lara, H. y Molina, A. (2007b). Caracterización productiva en montanera y rendimientos *postmortem* de las estirpes de Cerdo Ibérico reconocidas en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España y en el Libro Genealógico de la Raza. *FEAGAS*, 32, 150-153.
- Clemente, I.; Membrillo, A.; Azor, P.J.; Polvillo, O.; Juárez, M.; Santos, E.; Jiménez, A.M.; Diéguez, E.; García, J. y Molina, A. (2008a). Caracterización de la diversidad genética intrarracial del Cerdo Ibérico. *ITEA*, vol. 104 (2), 314-322.
- Clemente, I.; Azor, P.J.; Membrillo, A.; Jiménez, A.; Santos, E.; Diéguez, E. y Dorado, G. (2008b). El Cerdo Ibérico: una agrupación racial caracterizada por su elevada diversidad genética. *Solo Cerdo Ibérico*, 19, 21-28.
- Clemente, I.; Polvillo, O.; Avilés, C.; Romero, F.; Lara, H.; Juárez, M. (2008c). El Cerdo Ibérico puro: perspectivas de futuro ante las últimas modificaciones legales. *Ganadería (Tierras de Castilla y León)*, 144, 96-105.
- Clemente I. y Moreno, R. (2010). La Producción de Carne de Cerdo en Andalucía. En *La Producción de Carne en Andalucía*. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 195-244.
- Clemente, I.; Pastor, J.M.; Jiménez, J.M.; Torres, R. & Molina, A. (2010) Recovery program Cadiz's golden iberian pig strain (Dorado Gaditano). 7th International Symposium of the Mediterranean Pig. Options Méditerranéennes. Ser. A. Séminaires Méditerranéennes. Eds: De Pedro E.J. y Cabezas A. Edita: Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. (In Press).
- COMA (1984). Committee on the Medical Aspects of Food Policy, Diet and Cardiovascular Disease. Department of Health and Social Security, Her Majesty's Stationer Office, London.
- Costa, J.C.; Martín, A.; Fernández, R. y Estirado, M. (2006). Dehesas de Andalucía. Caracterización Ambiental. Ed. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

- Crawford, S.M.; Moeller, S.J.; Zerby, H.N.; Irvin, K.M.; Kuber, P.S.; Velleman, S.G. & Leeds, T.D. (2010). Effects of cooked temperature on pork tenderness and relationships among muscle physiology and pork quality traits in loins from Landrace and Berkshire swine. *Meat Science*, 84, 607- 612.
- Cross, H.R.; Durland, P.R. & Seideman, S. (1986). Sensory qualities of meat. *Muscle as food* (Ed.: Bechtel P.). Academic Press, Orlando.
- Cruz, J. (2009a). La industria cárnica española sigue creciendo. *EUROCARNE* nº 175: 1-13 (abril de 2009).
- Cruz, J. (2009b). El sector del ibérico atraviesa momentos difíciles por la caída en la demanda y la sobreproducción. *EUROCARNE* nº 180: 1-9 (octubre de 2009).
- Daszkiewicz, T.; Denaburski, J. y Sáiz-Cidoncha, F. (2004). Efecto de la grasa intramuscular sobre la calidad sensorial de la carne. *Avances en Tecnología Porcina*, 1 (7-8), 4-12.
- DBK (2006). Jamón Curado. Estudio sectores de DBK S.A. <http://www.dbk.es>. Acceso en octubre de 2007.
- Delgado, B. (1951). El ganado porcino extremeño; su sustitución y abolición de la montanera, en el *II Congreso Internacional Veterinario de Zootecnia*, celebrado en Madrid por la Sociedad Veterinaria de Zootecnia del 21 al 28 de octubre de 1951.
- Delgado, J.V.; Barba, C.; Diéguez, E. y Cañuelo, P. (2000). Caracterización exteriorista de las variedades del cerdo ibérico basada en caracteres cualitativos. *Archivos de Zootecnia*, volumen 49, nº 185-186, 201-207.
- Department of Health (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease. Her Majesty's Stationer Office, London: *Report on Health and Social Subjects*, 46, 37-46.
- Dhiman, T.R.; Anand, G.R.; Setter, L.D. & Pariza, M.W. (1999). Conjugated from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science*, 82, 2146–2156.
- Díaz, R. (1965). Ganado Porcino. Tercera edición. Salvat Editores S.A. Barcelona, pp. 93-165.
- Diéguez, E. (1992). Historia, Evolución y Situación Actual del Cerdo Ibérico. En *El Cerdo Ibérico, la Naturaleza, la Dehesa*. Simposio de Cerdo Ibérico (Zafra, 30 septiembre y 1 octubre). Editado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, pp. 9-35.
- Diéguez, E. (2001). Base Animal: pasado, presente y futuro. En *Porcino Ibérico: aspectos claves*. Coordinado por Carlos Buxadé y Argimiro Daza. Ediciones Mundi Prensa, pp. 49-81.
- Diéguez, E. (2008). Un análisis del sector del cerdo ibérico: el ibérico puro. *Solo Cerdo Ibérico*, 20, 7-15.

- Dirección General de Ganadería del Ministerio de Agricultura (1953). Compendio de Prototipos Raciales Españoles. Madrid, pp. 45-54.
- Directiva 88/661/CEE del Consejo de 19 de diciembre de 1988 relativa a las normas zootécnicas aplicables a los animales reproductores de la especie porcina. DOUE de 31 de diciembre de 1988.
- Dorado, G.; Molina, A.; Clemente, I.; Membrillo, A.; Azor, P.J.; Peña, F.; Valera, M.; Rodero, A.; Cañuelo, P.; Plasencia, I.; Fernández, J.C. y Ambrona, F.J. (2005). Identificación y trazabilidad del Cerdo Ibérico y productos derivados mediante técnicas genómicas. *FEAGAS*, 28, 126-131.
- Edwards, S.A. (2005). Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science*, 94, 5-14.
- Ellis, M.; Brewer, M.S.; Sutton, D.S.; Lan, H.Y.; Johnson, R.C. & McKeith, F.K. (1998). Aging and cooking effects on sensory traits of pork from pigs of different breed lines. *Journal of Muscle Foods*, 9, 281-291.
- Escribano, L. (1954). El Ganado Porcino en España. Memoria de la ponencia número 21, I Congreso Nacional Ganadero. Madrid, del 7 al 14 de noviembre de 1954. Ed. Sindicato Nacional de Ganadería, 3-27.
- Estévez, M.; Morcuende, D. & Cava, R. (2003a). 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, 499-506.
- Estévez, M.; Morcuende, D. & Cava, R. (2003b). Oxidative and color changes in meat from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and from industrial pig during refrigerated storage. *Meat Science*, 65, 1139-1146.
- Estévez, M.; Morcuende, D. & Cava, R. (2006). Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared White pigs for the manufacture of frankfurters. *Meat Science*, 72, 356-364.
- Farber, J. & Dodds, L. (1995). Principles of modified atmosphere and sous vide product packaging, Technomic Publishing Company, Inc.
- Fabuel, E.; Barragán, C.; Silió, L.; Rodríguez, M.C. & Toro, M.A. (2004). Analysis of genetic diversity and conservation priorities in Iberian pigs based on microsatellite markers. *Heredity*, 93, 104-113.
- Falguéres, C.; Bahain, J.; Yokoyama, Y.; Arsuaga, J.L.; Bermúdez de Castro, J.M.; Carbonell, E.; Bischoff, J.L. & Dolo, J.M. (1999). Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 37: 343-352.

- Fang, M. & Andersson, L. (2006). Mitochondrial diversity in European and Chinese pigs is consistent with population expansions that occurred prior to domestication. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273, 1803-1810
- FAO (1998). Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk. FAO. Rome, Italy.
- FAO (2004). Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans. Measurement of domestic animal diversity (MoDAD): recommended microsatellite markers. Rome, Italy.
- FAO (2007). Perspectivas alimentarias. Análisis del mercado mundial. Carne y productos cárnicos. Noviembre de 2007. Depósito de documentos de la FAO. <http://www.fao.org>.
- FAO (2009). Perspectivas alimentarias. Análisis de los mercados mundiales. Carne y productos cárnicos. Junio de 2009. Depósito de documentos de la FAO. <http://www.fao.org>.
- FAOSTAT (2008). Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Datos de 2003. <http://faostat.fao.org>. Acceso en septiembre de 2008.
- FAOSTAT (2010). Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). <http://faostat.fao.org>. Acceso en enero de 2010.
- FAPRI (2008). World Meat. Archive of Agricultural Outlooks. <http://www.fapri.iastate.edu>. Acceso en enero de 2008
- FAPRI (2009). World Meat. Archive of U.S and World Agricultural Outlooks. <http://www.fapri.iastate.edu>. Acceso en enero de 2009.
- Felsenstein, J. (2005). PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.6. Distributed by the author. Department of Genome Sciences, University of Washington, Seattle.
- Fernández, A.; Rodrigáñez, J.; Toro, M.A.; Rodríguez, M.C. & Silió, L. (2002). Inbreeding effects on the parameters of the growth function in three strains of Iberian pigs. *Journal of Animal Science*, 80, 2267–2275.
- Fernández, X.; Monin, G.; Talmant, A.; Mouro, J. & Lebret, B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat — 2. Consumer acceptability of m. *longissimus lumborum*. *Meat Science*, 53, 67-72.
- Fernández-Fígares, I.; Conde-Aguilera, J.A.; Nieto, R.; Lachica, M. & Aguilera, J.F. (2008). Synergistic effects of betaine and conjugated linoleic acid on the growth

- and carcass composition of growing Iberian pigs. *Journal of Animal Science*, 86, 102–111.
- Forero, F.J. (1999). Estudio comparativo de cinco estirpes de Cerdo Ibérico. Editado por la Excm. Diputación Provincial de Huelva.
- Fortin, A.; Clowes, E.J. & Schaefer, A.L. (2003). Gestational and lactational feeding strategies for gilts: Growth, carcass characteristics and meat quality of the progeny. *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 205-211.
- Fotoaleph, Centro de documentación fotográfica y visual. (2007). Verracos. Arte escultórico de los celtas.
<http://www.fotoaleph.com/Exposiciones/Verracos/Verracos-texto.html#Verracos>.
Acceso en marzo de 2007.
- Franci, O.; Bozzi, R.; Pugliese, C.; Acciaioli, A.; Campodoni, G. & Gandini, G. (2005). Performance of Cinta Senese pigs and their crosses with Large White. 1. Muscle and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science*, 69, 545-550.
- Franci, O.; Pugliese, C.; Acciaioli, A.; Campodoni, G.; Bozzi, R. & Gandini, G. (2000). Chemical and physical characteristics of meat from Cinta Senese, Large White and related cross pigs reared indoors. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*, 41, 201-204.
- Franck, M.; Figwer, P.; Godfraind, C.; Poirel, M.T.; Khazzaha, A. & Ruchoux, M.M. (2007). Could the pale, soft, and exudative condition be explained by distinctive histological characteristics? *Journal of Animal Science*, 85, 746-753.
- Franzen, J.L.; Gliozzi, E.; Jellinek, T.; Scholger, R. & Weidenfeller, M. (2000). The late Early Pleistocene fossil lagerstaette Dorn-Durkheim 3 and its significance for reconstructing the development of the Rhenish fluvial system. *Senckenbergiana Lethaea*, 80, Issue 1, 305-353.
- FUNDECYT. 2008. Fundación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Extremadura. Centro tecnológico virtual del Cerdo Ibérico. <http://www.redfue.es/guiabp/images/PDF/TICS/CERDO.PDF>. Acceso en febrero de 2008
- Furman, M.; Malovrh, S.; Sever, S. & Kovač, M. (2007). The effect of genotype and sex on pork quality. *Poljoprivreda*, 13, 51-54.
- García-Rey, R.M.; Quiles-Zafra, R. & Luque de Castro, M.D. (2006). Relationships of genotype and slaughter time with the appearance and texture of dry-cured hams. *Food Chemistry*, 94, 271-277.
- Giuffra, E.; Kijas, J.M.; Amarger, V.; Carlborg, O.; Jeon, J.T. & Andersson, L. (2000). The origin of the domestic pig: independent domestication and subsequent introgression. *Genetics*, 154, 1785-1791.

- Goerl, K.F.; Eilert, S.J.; Mandigo, R.W.; Chen, H.Y. & Miller, P.S. (1995). Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels. *Journal of Animal Science*, 73, 3621-3626.
- Gou, P. (1998). Dinámica del secado del jamón curado. In: *Proceedings eurocarne, II symposium of cured ham*. Barcelona, Spain, pp. 90–106.
- Grau, R. & Hamm, R. (1953). Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung in muskel. *Naturwissenschaften*, 40, 29-30.
- Guerrero, L.; Gou, P.; Alonso, P. & Arnau, J. (1996). Study of the physicochemical and sensorial characteristics of dry-cured ham in three pig genetic lines. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 70 (4), 526-530.
- Guo, Q.; Richert, B.T.; Burgess, J.R.; Webel, D.M.; Orr, D.E.; Blair, M.; Grant, A.L. & Gerrard, D.E. (2006). Effect of dietary vitamin E supplementation and feeding period on pork quality. *Journal of Animal Science*, 84(11), 3071-3078.
- Ha, Y.L.; Grimm, N.K. & Pariza, M.W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: Heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8, 1881–1887.
- Hambrecht, E.; Eissen, J.J.; Nooijent, R.I.; Ducro, B.J.; Smits, C.H. den Hartog, L.A. & Versteegen, M.W. (2004). Preslaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. *Journal of Animal Science*, 82, 1401-1409.
- Harris, J.M. & Li-Ping, L. (2007). Superfamily Suoidea. En: Prothero, D.R. y Foss, S.E. En *The Evolution of Artiodactyls*. Ed. Johns Hopkins University Press, 130-146.
- Hergueta, L. (1950). La cría del cerdo. 2ª edición. Instituto Editorial Reus. Madrid, 101 y 102.
- Hewitt, G. (2000) The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature*, 405, 907–913.
- Honeyman, M.S. (2005). Extensive bedded indoor and outdoor pig production systems in USA: current trends and effects on animal care and product quality. *Livestock Production Science*, 94, 15-24.
- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49, 447-457.
- Hornsey, H.C. (1956). The color of cooked cured pork. 1. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7, 534-540.
- Huff-Lonergan, E.; Baas, T.J.; Malek, M.; Dekkers, J.; Prusa, K. & Rothschild, M.F. (2002). Correlations among selected pork quality traits. *Journal of Animal Science*, 80, 617-627.

- Hui, Y.H.; Nip, W.K.; Nollet, L.M.L.; Paliyath, G. & Simpson, B. K. (2006). *Food Biochemistry and Food Processing*. Ed. Wiley-Blackwell, p. 339.
- IBERGOUR. 2008. El jamón español. Acceso en junio de 2008: <http://www.iber gour.com/es/jamon/>
- Ip, C.; Scimeca, J.A. & Thompson, H.J. (1994). Conjugated linoleic acid: a powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cancer*, 194, 1050–1054.
- ISO (1973). Determination of total fat content: ISO-1443. In: *International Standards Meat and Meat Products*. International Organization for Standardization. Ginebra. Suiza.
- ISO (1978). Determination of nitrogen content: ISO-937. In: *International Standards Meat and Meat Products*. International Organization for Standardization. Ginebra. Suiza.
- ISO (1997). Determination of moisture content: ISO-1442. In: *International Standards Meat and Meat Products*. International Organization for Standardization. Ginebra. Suiza.
- ISO (1998). Determination of ash content: ISO-936. In: *International Standards Meat and Meat Products*. International Organization for Standardization. Ginebra. Suiza.
- Jaturasitha, S.; Srikanchai, T. & Kreuzer, M. (2007). Efficiency of tuna oil to modify meat quality and fatty acid profile in pork as affected by gender and slaughter weight. *Journal of Applied Animal Research*, 32, 125-131.
- Jeremiah, L.E.; Gibson, J.P.; Gibson, L.L.; Ball, R.O.; Aker, C. & Fortin, A. (1999). The influence of breed, gender, and PSS (halothane) genotype on meat quality, cooking loss, and palatability of pork. *Food Research International*, 32 (1), 59-71.
- Jones, G.F. (1998). Genetic aspects of domestication, common breeds and their origin. In *The genetics of the pig* (ed. M.F. Rothschild & A. Ruvinsky). *Wellingford, Oxon: CAB International*, 17-50.
- Jovellanos, M.G. (1795). Informe de la Sociedad Económica de esta Corte al Real y Supremo Consejo de Castilla en el expediente de Ley Agraria, Imprenta de Sacha, Madrid. Edición digitalizada del fondo bibliográfico de la biblioteca de la Facultad de Derecho de la Universidad de Sevilla.
- Juárez, M.; Caine, W.R.; Dugan, M.E.R.; Hidiroglou, N.; Larsen, I.L.; Uttaro, B. & Aalhu, J.L. (2011). Effects of dry-ageing on pork quality characteristics in different genotypes. *Meat Science*, 88, 117–121.
- Juárez, M.; Dugan, M.E.R.; Aldai, N.; Aalhus, J.L.; Patience, J.F.; Zijlstra, R.T. & Beaulieu, A.D. (2010). Feeding co-extruded flaxseed to pigs: Effects of duration

- and feeding level on growth performance and backfat fatty acid composition of grower-finisher pigs. *Meat Science*, 84, 578-584.
- Juárez, M.; Marco, A.; Brunton, N.; Wasilewski, P.; Troy, D.J.; Kehiri, M. & Mullen, A.M. (2005). Breakfast sausages prepared from pork with CLA dietary supplementation: impact on fatty acid levels. *The Science of Food: Safety and Nutrition Conference*. Dublín (Irlanda), 109-109.
- Juárez, M.; Marco, A.; Brunton, N.; Lynch, B. Troy, D.J. & Mullen, A.M. (2009). Cooking effect on fatty acid profile of pork breakfast sausages enriched in conjugated linoleic acid by dietary supplementation or direct addition. *Food Chemistry*, 117, 393-397.
- Karlsson, A.; Enfält, A.C.; Essén-Gustavsson, B.; Lundström, K.; Rydhmer, L. & Stern, S. (1993) Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *Journal of Animal Science*, 71, 930-938.
- Kennedy, O.B.; Stewart-Knox, B.J.; Mitchell, P.C. & Thurnham, D.I. (2004). Consumer perceptions of poultry meat: a qualitative analysis. *Nutrition and Food Science* 34(3), 122-129.
- Kerth, C.R.; Carr, M.A.; Ramsey, C.B.; Brooks, J.C.; Johnson, R.C.; Cannon, J.E. & Miller, M.F. (2001). Vitamin-mineral supplementation and accelerated chilling effects on quality of pork from pigs that are monomutant or noncarriers of the halothane gene. *Journal of Animal Science*, 79, 2346-2355.
- Kijas, J.M.H. & Andersson, L. (2001). A phylogenetic study of the origin of the domestic pig estimated from the near-complete mtDNA genome. *Journal of Molecular Evolution*, 52, 302-308.
- Kim, S.Y.; Jung, E.Y.; Yuk, J.S.; Kim, Y.S.; Kim, J.M. & Suth, H.L. (2007). Meat quality of belly and shoulder loin according to various producing district. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 27, 216-221.
- Kramer, J.K.G.; Parodi, P.W.; Jensen, R.G.; Mossoba, M.M.; Yurawecz, M.I. & Adlof, R.O. (1998). A proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids*, 33, 835-845.
- Laguna, E. (1991). El ganado español, un descubrimiento para América. Editado en Madrid por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Laguna, E. (1998a). El Cerdo Ibérico en el próximo milenio. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, 17-52.
- Laguna, E. (1998b). El Cerdo Ibérico en la colonización y en el poblamiento porcino de América. *Solo Cerdo Ibérico*, 1, 7-13.
- Laguna, E. (1999). El Cerdo Ibérico y los encinares un apoyo mutuo multiseccular, en las *I Jornadas sobre el Cerdo Ibérico y sus productos*. Guijuelo (Salamanca), 22-25 de junio de 1999.

- Lambooj, E.; Hulsegge, B.; Klont, R.E.; Winkelman-Goedhart, H.A.; Reimert, H.G.M. & Kranen, R.W. (2004). Effects of housing conditions of slaughter pigs on some post mortem muscle metabolites and pork quality characteristics. *Meat Science*, 66, 855-862.
- Lammens, V.; Peeters, E.; Maere, H.D.; Mey, E.D.; Paelinck, H.; Leyten, J. & Geers, R. (2007). A survey of pork quality in relation to pre-slaughter conditions, slaughterhouse facilities, and quality assurance. *Meat Science*, 75, 381-387.
- Larson, G.; Dobney, K.; Albarella, U.; Fang, M.; Matisoo-Smith, E.; Robins, J.; Lowden, S.; Finlayson, H.; Brand, T.; Willerslev, E.; Rowley-Conwy, P.; Andersson, L. & Cooper, A. (2005). Worldwide phylogeography of wild boar reveals multiple centers of pig domestication. *Science*, 307, 1618-1621.
- Larson, G.; Albarella, U.; Dobney, K.; Rowley-Conwy, P.; Schibler, J.; Tresset, A.; Vigne, J.D.; Edwards, C.J.; Schlumbaum, A.; Dinu, A.; Balacescu, A.; Dolman, G.; Tagliacozzo, A.; Manaseryan, N.; Miracle, P.; Van Wijngaarden-Bakker, L.; Masseti, M.; Bradley, D.G. & Cooper, A. (2007). Ancient DNA, pig domestication, and the spread of the Neolithic into Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 104, 15276–15281.
- Latorre, M.A.; Lázaro, R.; Valencia, D.G.; Medel, P. & Mateos, G.G. (2004). The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *Journal of Animal Science*, 82, 526-533.
- Lauridsen, C.; Mu, H. & Henckel, P. (2005). Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter- and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows. *Meat Science*, 69, 393–399.
- Lawrie, R.A. (1998). The eating quality of meat. In: *Meat science (6th ed.)*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Ledward, D.A. (1992). Colour of raw and cooked meat. In: *The chemistry of muscle-based foods*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, pp 128-144.
- Lehninger, A.L. (1982). Principles of biochemistry. Worth Publishers, Inc. New York, USA.
- Leseigneur-Meynier, A. & Gandemer, G. (1991). Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of fibres. *Meat Science*, 29, 229–241.
- Lindhagl, G. (2005). Colour characteristics of fresh pork. Tesis Doctoral. Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia. Upsala, 2005.
- Lindhagl, G.; Lundström, K. & Tornberg, E. (2001). Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Science*, 59, 141–151.

- López-Bote, C. (1998). Sustained utilization of the Iberian Pig Breed. *Meat Science*, 49, 17-27.
- Lucchini, V.; Meijaard, E.; Diong, CH.; Groves, C. & Randi, E. (2005). New phylogenetic perspectives among species of South-East Asian wild pig (*Sus* sp.) based on mtDNA sequences and morphometric data. *Journal of Zoology*, 266, 25–35.
- Luño, M.; Roncalés, P.; Djenane, D. & Beltrán, J. (2000). Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations, *Meat Science*, 55, 413-419.
- Made, J. van der. (1990). A range-chart for european suidae and tayassuidae. *Paleontologia i Evolució*, 23, 99-104.
- Made, J. van der. (1999). Ungulates from Atapuerca TD6. *Journal of Human Evolution*, 37, 389-413.
- Made, J. van der. (2001). Les Ongulés d'Atapuerca. Stratigraphie et biogéographie. *L'Anthropologie*, 105, : 95-113.
- Made, J. van der & Mazo, A.V. (2001). Spanish Pleistocene Proboscidean diversity as a function of climate. *The World of Elephants - International Congress, Rome 2001*.
- Made, J. van der; Morajes, J. & Montoya, P. (2006). Late Miocene turnover in the Spanish mammal record in relation to palaeoclimate and the Messinian Salinity Crisis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, 228–246.
- MAPA (2003). Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural. Tomo II. Análisis sectoriales. Subsectores ganaderos. Capítulo 13. Sector porcino. Páginas: 307-334. Ed.Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MAPA (2007). El sector de la carne de cerdo en cifras. Principales indicadores económicos (mayo de 2007). Subdirección General de Mercados Exteriores y Producciones Porcina, Avícola y otras. Acceso en mayo de 2008: <http://www.mapa.es>
- Marco, A.; Juárez, M.; Brunton, N.; Wasilewski, P.D.; Lynch, P.B.; Moon, S.S.; Troy, D.J. & Mullen, A.M. (2009). Enriching breakfast sausages by feeding pigs with CLA supplemented diets. *Food Chemistry*, 114, 984-988.
- MARM (2009). El sector de la carne de cerdo en cifras. Principales indicadores económicos en 2008. Subdirección General de Productos Ganaderos del MARM. Mayo de 2009.
- MARM (2012). Censo de animales y productos comercializados en 2010 bajo la norma de calidad del ibérico. www.marm.es (acceso enero de 2012).

- Martín, A.M. (1991). Aproximación a la economía de los castros del norte de Extremadura. Estudios en homenaje al Dr. Michel Ponsich. Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, 169-180.
- Martínez, A. (2001). Caracterización genética del Cerdo Ibérico mediante marcadores moleculares. Tesis Doctoral. Departamento de Genética, Universidad de Córdoba.
- Martínez, L.; Cilla, I.; Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2007). Effect of illumination on the display life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. Influence of the addition of rosemary, ascorbic acid and black pepper. *Meat Science*, 75, 443–450.
- Martínez, A.; Delgado, J.V.; Rodero, A. & Vega-Pla, J.L. (2000). Genetic structure of Iberian Pig Breed using Microsatellites, *Animal Genetics*, 31, 295-301.
- Mata, C.; Pardo, J.; Barba, C.; Rodero, A.; Delgado, J.V.; Molina, A.; Diéguez, E. y Cañuelo, P. (1998). Estudio morfométrico en las variedades negras del Cerdo Ibérico. *Archivos de Zootecnia*, volumen 47, nº 178-179, pp. 547-551.
- Mateos-Nevado, B. (1967). Origen y estándar de la raza Manchada de Jabugo, en sus dos variedades. *Archivos de Zootecnia*, volumen 16, nº 61, pp. 317-340.
- Membrillo, A.; Azor, P. J.; Clemente, I.; Dorado, G.; Diéguez, E.; Jiménez, A.; Santos, E. y Molina, A. (2007). Estudio de las relaciones genéticas de las estirpes del cerdo ibérico mediante marcadores microsatélites. *IV Jornadas Ibéricas de razas autóctonas y sus productos tradicionales: Innovación, seguridad y cultura alimentaria*. Sevilla, 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2007. Libro de actas, 393-398.
- Miller, M.F.; Carr, M.A.; Ramsey, C.B.; Crockett, K.L. & Hoover, L.C. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 79(12), 3062-3068.
- Molina, A.; Membrillo, A.; Azor, P.J.; Peña, F. y Dorado, G. (2008). La certificación racial en el Cerdo Ibérico: ¿mito o realidad? *Información Veterinaria*, 7, 20-25.
- Mona, S.; Randi, E. & Tommaseo-Ponzetta, M. (2007). Evolutionary history of the genus *Sus* inferred from cytochrome b sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45, 757-762.
- Morcuende, D.; Estevez, M.; Ramirez, R. & Cava, R. (2007). Effect of the Iberian x Duroc reciprocal cross on productive parameters, meat quality and lipogenic enzyme activities. *Meat Science*, 76, 86–94.
- Mörlein, D.; Rosner, F.; Brand, S.; Jenderka, K.V. & Wicke, M. (2005). Non-destructive estimation of the intramuscular fat content of the *longissimus* muscle of pigs by means of spectral analysis of ultrasound echo signals. *Meat Science*, 69, 187–199.

- Muriel, E.; Ruiz, J.; Ventanas, J. & Antequera, T. (2002). Free-range rearing increases (n-3) polyunsaturated fatty acids of neutral and polar lipids in swine muscles. *Food Chemistry*, 78, 219–225.
- Muriel, E.; Ruiz, J. y Antequera, T. (2003). Estudio de predictores de calidad de carne fresca de cuatro estirpes de Cerdo Ibérico destinados a la elaboración de productos curados. *Solo cerdo Ibérico*, 10, 73-82.
- Muriel, E.; Ruiz, J.; Ventanas, J.; Petró, M. & Antequera, T. (2004). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, 67, 299-307.
- Newcom, D.W.; Stalder, K.J.; Baas, T.J.; Goodwin, R.N.; Parrish, F.C. & Wiegand, B.R. (2004). Breed differences and genetic parameters of myoglobin concentration in porcine *longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*, 82(8), 2264–2268.
- Ngapo, T.M. & Gariépy, C. (2008). Factors affecting the eating quality of pork. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 599-633.
- Olvera, R. (2008). Medidas de apoyo al sector porcino Ibérico en Andalucía. *VIII encuentro sobre porcino Ibérico de Cajasol*. Castiblanco de los Arroyos (Sevilla), 30 de septiembre de 2008.
- Orden APA/53/2007, de 17 de enero, por la que se modifica el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, contenido en el anexo del Real Decreto 1682/1997, de 7 de noviembre, por el que se actualiza el *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España*. BOE nº 21 del miércoles 24 de enero de 2007.
- Orden APA/3376/2007, de 12 de noviembre, por la que se aprueba el *Reglamento del Libro Genealógico de la Raza Porcina Ibérica*. BOE nº 280 del jueves 22 de noviembre de 2007.
- Orden APA/3628/2007, de 5 de diciembre, por la que se modifica el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, contenido en el anexo del Real Decreto 1682/1997, de 7 de noviembre, por el que se actualiza el *Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España*. BOE nº 299 del viernes 14 de diciembre de 2007.
- Orden de 28 de mayo de 1987, por la que se aprueba la reglamentación específica del Libro Genealógico de la Raza Porcina Ibérica. BOE nº 129 del sábado 30 de mayo de 1987.
- Orden de 31 de julio de 1979, por la que se establecen métodos oficiales de análisis de aceites y grasas, productos cárnicos, cereales y derivados, fertilizantes, productos fitosanitarios, productos lácteos, piensos, aguas y productos derivados de la uva. BOE nº 207 de 29 de agosto de 1979.
- Orden PRE/3844/2004, de 18 de noviembre, por la que se establecen los métodos oficiales de toma de muestras en canales de cerdos ibéricos y el método de análisis para la determinación de la composición de ácidos grasos de los lípidos

- totales del tejido adiposo subcutáneo de cerdos ibéricos. BOE nº 283 del miércoles 24 de noviembre de 2004.
- Ovilo, C.; Barragán, M.C.; Castellanos, C.; Rodríguez, M.C.; Silió, L. & Toro, M.A. (2000). Application of molecular markers (RAPD, AFLP and Microsatellites) to Iberian pig genotype characterization. *CIHEAM – Options Méditerranéenne*, 4, 79–84.
- Paetkau, D.; Slade, R.; Burden, M. & Estoup, A. (2004). Genetic assignment methods for the direct, real-time estimation of migration rate: a simulation-based exploration of accuracy and power. *Molecular Ecology*, 13(1), 55-65.
- Pardo, J.; Mata, C.; Barba, C.; Rodero, A.; Delgado, J.V.; Molina, A.; Diéguez, E. y Cañuelo, P. (1998). Estudio morfométrico en las variables rojas del Cerdo Ibérico y Manchado de Jabugo. *Archivos de Zootecnia*, volumen 47, nº 178-179, pp. 287-290.
- Peinado, J.; Medel, P.; Fuentetaja, A. & Mateos, G.G. (2008). Influence of sex and castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined for the dry-cured industry. *Journal of Animal Science*, 86, 1410-1417.
- Pérez, J.L. 2008. Balance del sector porcino Ibérico en el 2007 y proyecciones de futuro. *Mundo Ganadero*, 206, 24-27.
- Petit, C. (2007). Derecho visigodo del siglo VII. Un ensayo de síntesis e interpretación. En *Hispania Gothorum. San Ildefonso y el reino visigodo de Toledo*. Catálogo de la exposición (23 enero – 30 de junio 2007, Toledo, Museo de Santa Cruz). Toledo, Ed. Empresa pública Don Quijote 2005 S.A., 75-85.
- Petrón, M.J.; Muriel, E.; Timón, M.L.; Martín, L. & Antequera, T. (2004). Fatty acids and triacylglycerols profiles from different types of Iberian dry-cured hams. *Meat Science*, 68, 71-77.
- Piry, S.; Alapetite, A.; Cornuet, J.M.; Paetkau, D.; Baudouin, L. & Estoup, A. (2004). GeneClass 2.0: a software for genetic assignment and first generation migrants detection. *Journal of Heredity*, 95, 536-539.
- Poto, A.; Galián, M. & 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. *Livestock Production Science*, 111, 96–103.
- Puente y Olea, M. (1900). Estudios Españoles. Los trabajos geográficos de la Casa de Contratación. Ed. Escuela Tipográfica y Librería Salesianas, Sevilla, p. 431.
- Raes, K.; De Smet, S. & Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 199–221.

- Raj, S.; Skiba, G.; Weremko, D.; Fandrejewski, H.; Migdał, W.; Borowiec, F. & Poławska, E. (2010). The relationship between the chemical composition of the carcass and the fatty acid composition of intramuscular fat and backfat of several pig breeds slaughtered at different weights. *Meat Science*, 86, 324–330.
- Ramírez, R. (2006). Evaluación de la calidad y aptitud tecnológica de la carne y productos curados de cerdos ibéricos procedentes de distintos cruces con líneas genéticas de cerdo Duroc. Tesis doctoral. Departamento de Zootecnia. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura.
- Ramírez, R. & Cava, R. (2007a). Carcass composition and meat quality of three different Iberian × Duroc genotype pigs. *Meat Science*, 73, 388–396.
- Ramírez, R. & Cava, R. (2007b). Effect of Iberian Duroc genotype on dry-cured loin quality. *Meat Science*, 76, 333–341.
- Ramos, D.D. (2008). Caracterización de la canal y la carne del cerdo criollo y de los productos cárnicos en el departamento de Tumbes – Perú. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos. Universidad de León.
- Randi, E.; Lucchini, V. & Diong, C.H. (1996). Evolutionary genetics of the Suiformes as reconstructed using mtDNA sequencing. *Journal of Mammalian Evolution*, 3, 163-193.
- Rannala, B. & Mountain, J.L. (1997). Detecting immigration by using multilocus genotypes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 9197-9201.
- Real Academia Española (1970). Diccionario de la Lengua Española, decimonovena edición. Madrid.
- Real Academia Española (2001). Diccionario de la Lengua Española, vigesimosegunda edición. Madrid.
- Real Decreto 54/1995, de 20 de enero, sobre protección de los animales en el momento de su sacrificio o matanza. BOE nº 39 del miércoles 15 de febrero de 1995.
- Real Decreto 1682/1997, de 7 de noviembre, por el que se actualiza el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España. BOE nº 279 del viernes 21 de noviembre de 1997.
- 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. BOE nº 247 del lunes 15 de octubre de 2001.
- Real Decreto 1469/2007, de 2 de noviembre, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos. BOE nº 264 del sábado 3 de noviembre de 2007.

- Real Decreto 2129/2008, de 26 de diciembre, por el que se establece el Programa nacional de conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas. BOE nº 23 del martes 27 de enero de 2009.
- Renaudeau, D. & Mouro, J. (2007). A comparison of carcass and meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 90kg BW. *Meat Science*, 76, 165-171.
- Renner, M. (1981). La couleur de la viande et sa mesure. *Viande et Produits Carnés*, 2, 10-16.
- Renner, M. (1990). Review: factors involved in the discolouration of beef meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 613-630.
- Reynolds, J.; Weir, B.S. & Cockerham, C.C. (1983). Estimation on the coancestry coefficient: basis for a short-term genetic distance. *Genetics*, 105, 767-779.
- Robbins, K.; Jensen, J.; Ryan, K.J.; Homco-Ryan, C.; McKeith, F.K. & Brewer, M.S. (2003). Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Science*, 65, 721-729.
- Rodrigáñez, J. y Rodríguez, M.C. (1998). Evaluación de los parámetros productivos en distintas líneas de Cerdo Ibérico. In: *Proceedings IV international symposium of mediterranean pig*. Évora, Portugal.
- Rodrigáñez, J.; Toro, M.; Rodríguez, C. y Silió, L. (1999). Origen y diversidad genética de la estirpe Torbiscal de cerdo Ibérico. *Solo Cerdo Ibérico*, 2, 11-14.
- Roldán, M. (1983). Situación del Cerdo Ibérico en Andalucía. *El Campo*, 92: 50-62.
- Rosenvold, K.; Laerke, H.N.; Jensen, S.K.; Karlsson, A.H.; Lundström, K. & Andersen, H.J. (2002). Manipulation of critical quality indicators and attributes in pork through vitamin E supplementation, muscle glycogen reducing finishing feeding and pre-slaughter stress. *Meat Science*, 62, 485-496.
- Rosenvold, K. & Andersen, H.J. (2003). Factors of significance for pork quality: a review. *Meat Science*, 64, 219-237.
- Rueda, L. (2000). Calidad, esa palabra. *Solo Cerdo Ibérico*, 5, 79-82.
- Rueda, L. (2004). Manual de Cerdo Ibérico. Editado por AECERIBER, p. 17.
- Ruiz, J.; De La Hoz, L.; Isabel, B.; Rey, A.I.; Daza, A. & Lopez-Bote, C.J. (2005). Improvement of dry-cured iberian ham quality characteristics through modifications of dietary fat composition and supplementation with vitamin E. *Food Science and Technology International*, 11, 327-335.
- Ruiz, J.; García, C.; Muriel, E.; Andrés, A.I. & Ventanas, J. (2002). Influence of the sensory characteristics on the acceptability of dry cured ham. *Meat Science*, 61, 347-354.

- Ruiz-Ramírez, J.L. (2005). Textura de músculos de cerdo y de jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Ruiz-Ramírez, J.; Arnau, J.; Serra, X. & Gou, P. (2005). Relationship between water content, NaCl content, pH and texture parameters in dry-cured muscles. *Meat Science*, 70, 579-587.
- Ryu, Y.C.; Choi, Y.M.; Lee, S.H.; Shin, H.G.; Choe, J.H.; Kim, J.M.; Hong, K.C. & Kim, B.C. (2008). Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*, 80, 363-369.
- Saiki, R.K.; Gelfand, D.H.; Stoffel, S.; Scharf, S.J.; Higuchi, R.; Horn, G.T.; Mullis, K.B. & Erlich, H.A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, 239, 487-491.
- Sánchez, A. (2005). El régimen jurídico del aprovechamiento de pastos, hierbas y rastrojeras. *Redur (Revista electrónica de Derecho de la Universidad de La Rioja)*, 3, 97-98.
- San Cristóbal, M.; Chevalet, C.; Haley, C.S.; Joosten, R.; Rattink, A.P. & Harlizius, B. (2006). Genetic diversity within and between European pig breeds using microsatellite markers. *Animal Genetics*, 37, 189–198.
- Sansón, A. (1901). *Traité de Zootechnie. Zoologie et Zootechnie Spéciales*. Tomo V. Ovides ariétins et caprins, et suidés porcins. Cuarta edición. Librería Agrícola de la Maison Rustique, París, 288-307.
- Scandura, M.; Iacolina, L.; Crestanello, B.; Pecchioli, E.; Di Benedetto, M.F.; Russo, V.; Davoli, R.; Apollonio, M. & Bertorelle, G. (2008). Ancient vs. recent processes as factors shaping the genetic variation of the European wild boar: are the effects of the last glaciation still detectable? *Molecular Ecology*, 17, 1745–1762.
- Serra, X.; Gil, F.; Pérez-Enciso, M.; Oliver, M. A.; Vázquez, J. M. & Gispert, M. (1998). A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyrbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science*, 56, 215–223.
- Serrano, M.P.; Valencia, D.G.; Nieto, M.; Lázaro, R. & Mateos, G.G. (2008). Influence of sex and terminal sire line on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive production systems. *Meat Science*, 78, 420–428.
- Sevón-Aimonen, M.L.; Honkavaara, M.; Serenius, T.; Mäki-tanila, A. & Puonti, M. (2007). Genetic variation of loin and ham quality in Finnish Landrace and Large White pigs. *Agricultural and Food Science*, 16 (2), 89-102.

- Schwab, C.R.; Baas, T.J.; Stalder, K.J. & Mabry, J.W. (2006). Effect of long-term selection for increased leanness on meat and eating quality traits in Duroc swine. *Journal of Animal Science*, 84, 1577–1583.
- Scheffler, T.L. & Gerrard, D.E. (2007). Mechanisms controlling pork quality development: The biochemistry controlling postmortem energy metabolism. *Meat Science*, 77, 7–16.
- Shin, H.G.; Choi, Y.M.; Nam, Y.J.; Lee, S.H.; Choe, J.H.; Jeong, D.W. & Kim, B.C. (2008). Relationships among instrumental tenderness parameters, meat quality traits, and histochemical characteristics in porcine *longissimus dorsi* muscle. *Food Science and Biotechnology*, 17, 965-970.
- Sierra, I. (1973). Aportación al estudio del cruce Blanco Belga x Landrace: caracteres productivos, calidad de la canal y de la carne. I.E.P.G.E.-C.S.I.C. (Zaragoza), 16, p. 43.
- Silió, L.; Rodríguez, C.; Rodrigáñez, J. y Toro, M.A. (2001). La selección de cerdos ibéricos. En *Porcino Ibérico: aspectos claves*. Coordinado por Carlos Buxadé y Argimiro Daza. Ediciones Mundi Prensa, pp. 125-149.
- Sørheim, O.; Nissen, H.; Aune, T. & Nesbakken, T. (2001). Use of carbon monoxide in retail meat packaging. *Proceedings 54th reciprocal meat conference* (pp. 47-51), 24-28 July, 2001, Indianapolis, Indiana.
- Soto, E.; Hoz, L.; Ordóñez, J.A.; Herranz, B.; Hierro, E.; López-Bote, C.J. & Cambero, M.I. (2009). The feeding and rearing systems of Iberian pigs affect the lipid composition and texture profile of dry-cured loin. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18, 78-89.
- StatSoft, Inc. (2006). STATISTICA (data analysis software system) for Windows, version 7. <http://www.statsoft.com>.
- Stryer, L. (1981). *Biochemistry*. 2nd edition. W.H. Freeman & Company, San Francisco, California, USA.
- Suárez, M.V.; Barba, C.; Forero, F.J.; Sereno, J.R.B.; Diéguez, E. y Delgado, J.V. (2002). Caracterización reproductiva de varias razas porcinas de origen Ibérico. I Análisis descriptivo. *Archivos de Zootecnia*, volumen 51, nº 193-194, pp. 245-248.
- Tablada, J.H. (1864). Curso de Economía Rural Española, 1ª edición, tomo 2º, p. 524.
- Tejeda, J.F.; Gandemer, G.; Antequera, T.; Viau, M. & García, C. (2002). Lipid traits of muscles as related to genotype and fattening diet in Iberian pigs: total intramuscular lipids and triacylglycerols. *Meat Science*, 60, 357–363.
- Tejerina, D.; García-Torres, S.; de Vaca, M.C.; Vázquez, F.M. & Cava, R. (2012). Study of variability in antioxidant composition and fatty acids profile of

- longissimus dorsi* and *serratus ventralis* muscles from Iberian pigs reared in two different Montanera seasons. *Meat Science*, 90, 414-419.
- Tomovic, M.V.; Petrovic, L. & Dzinic, N.R. (2008). Effects of rapid chilling of carcasses and time of deboning on weight loss and technological quality of pork Semimembranosus muscle. *Meat Science*, 80, 1188-1193.
- USDA (2008). Livestock and Poultry: world markets and trade. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis (October 2008). Acceso en noviembre de 2008: <http://www.fas.usda.gov>
- Ventanas, J. (2000). Tecnología del jamón ibérico. De los sistemas tradicionales a la explotación racional del sabor y el aroma. Ediciones Mundi-Prensa. p., 107.
- Ventanas, S. (2006). Influencia de la raza y de la alimentación sobre el contenido y características de la grasa intramuscular del lomo de Cerdo Ibérico: efecto sobre parámetros determinantes de la calidad. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Departamento de Zootecnia. Unidad de Tecnología de los Alimentos. Universidad de Extremadura.
- Ventanas, S.; Ventanas, J.; Jurado, A. & Estévez, M. (2006). Quality traits in muscle *biceps femoris* and back-fat from purebred Iberian and reciprocal Iberian × Duroc crossbred pigs. *Meat Science*, 73, 651-659.
- Ventanas, S.; Ruiz, J.; García, C. & Ventanas, J. (2007). Preference and juiciness of Iberian dry-cured loin as affected by intramuscular fat content, crossbreeding and rearing system. *Meat Science*, 77, 324–330.
- Webb, A.J. (1998). Objectives and strategies in pig improvement: An applied perspective. *Journal of Dairy Science*, 81, 36–46.
- Weir, B.S. & Cockerham, C.C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38, 1358-1370.
- Wood, J.D. (1993). Production and processing practices to meet consumer needs. E. Batterham (Ed.), Manipulating pig production IV, Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia (1993), pp. 135–147.
- Wood, J.D.; Enser, M.; Fisher, A.V.; Nute, G.R.; Sheard, P.R.; Richardson, R.I.; Hughes, S.I. & Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science*, 78, 343-358.
- Wright, S. (1978). Evolution and the genetics of populations. Vol IV: Variability within and among natural populations. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Wright, D.B. (1998). Tayassuidae. In: Janis, C.M.; Scott, K.M. y Jacobs, L.L. Evolution of Tertiary mammals of North America. Volume 1: Terrestrial Carnivores, Ungulates, and Ungulatelike Mammals. Ed. Cambridge University Press, 389-401.

- Yarmand, M.S. & Homayouni, A. (2009). Effect of microwave cooking on the microstructure and quality of meat in goat and lamb. *Food Chemistry*, 112, 782–785.

ANEXOS

Comparison of genetic (neutral DNA markers) and phenotypic (fresh meat quality traits) distances between Iberian pig strains

Polvillo, O., Juárez, M., Molina, A., Membrillo, A., Clemente, I.

MERAGEM Research Group. University of Cordoba (Spain). Edif. Gregor Mendel. Campus Rabanales. 14071. Cordoba. (Spain). Email: oppolo@us.es

Abstract

In 2007, a new National Quality Standard has been published in Spain to regulate the products derived from the Iberian pig carcass, including for first time fresh meat, and four different strains were recognized as official lines (Lampião, Entrepelado, Retinto and Torbiscal). A study of the neutral DNA markers (including the 27 microsatellites recommended by FAO for genotyping of pig populations) and the main meat quality traits of tenderloin from pigs from each strain and from the most common crossbreeding (Iberian x Duroc) was developed. The lowest genetic distances were those between Lampião and Torbiscal, and between Entrepelado and Retinto strains respectively. However Retinto and Lampião strains showed the lowest phenotypic distances, followed by Entrepelado strain. Torbiscal meat traits were the most different within the Iberian strains. Crossbreed was highly different to the pure Iberian pigs, as well genetic as phenotypically. Since the recommended DNA markers seem not to be highly related to meat quality, new studies including specific markers should be developed.

Keywords: fatty acid, pork, tenderloin, microsatellites

Introduction

The Iberian (IB) pig breed is the most important Mediterranean swine type, both in population size and economic importance. Most of IB pig meat is consumed as cured products (ham, loin and shoulder), which are highly priced. However, the importance of the consumption of fresh meat has recently increased. Due to this increasing consumption of fresh meat, in November 2007 a National Quality Standard was published to regulate the production, processing and marketing of products derived from the IB pig carcass (Real Decreto 1469/2007). That Quality Standard included for first time fresh meat, instead of cured products only.

On the other hand, several authors have reported important differences in productive, reproductive and morphologic parameters between different strains (Benito *et al.*, 1998; Petron, 2002; Tejada *et al.*, 2002). The traditional classification and selection of the strains have been based on morphologic parameters. In fact, in some studies the strains are named "morphological types" (Fernández *et al.*, 2003). In January 2007 four IB strains (Lampião, LA; Entrepelado, EN; Retinto, RE; Torbiscal, TO) were recognized as official varieties by the Spanish Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, under the Official List of Livestock Breeds of Spain (Orden APA/53/2007). However in general no genetic characterization has been done to classify the IB pig populations within each official strain.

Therefore the aim of this study was to analyze if the genetic differences among IB subpopulations are reflected in meat quality traits.

Material and Methods

Genetic distances

The study was carried out on 140 animals (35 assigned to each official strain) from the Spanish Association of IB Pig Breeders (AECERIBER). A batch of 35 IB (no assigned to any official strain) × Duroc crossbreed pigs (Ix_D) was included into the study to compare their genetic and productive traits to those from IB purebred pigs.

Blood samples from the animals were collected and genomic DNA was isolated and purified using Dominion mbl Kit[®] (Cordoba, Spain). 34 microsatellites molecular markers, including the 27 recommended by FAO for genotyping of pig populations (FAO, 2004), were amplified by Polymerase chain reaction (PCR), and the products were subjected to electrophoresis in an

automatic sequencer ABI 3130 (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). The results were analyzed with GeneScan v.3.7 software. Genetix 4.05 software (Belkhir *et al.*, 2001) was used to compute the allelic frequencies, and a tree of genetic distances (Reynolds' distance); with the UPGMA algorithm was generated using the program Phylip 3.65 (Felsenstein, 2005).

Phenotypic distances

From the groups selected in the genetic study, 50 castrated male pigs were assigned to the meat quality study, 10 from each IB pig strain and 10 from IB \times Duroc crossbreeding. All pigs were reared under regular semi-extensive management at the same experimental barn.

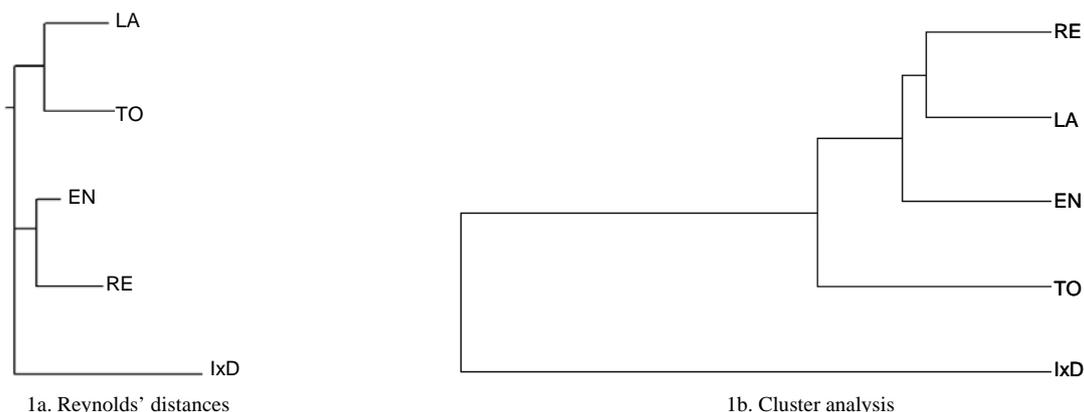
The pigs were slaughtered when reached the commercial live weight (160-180 kg) according to the specifications outlined in the Spanish legislation (B.O.E., 147/1993). Tenderloins were collected 24 h post-mortem from the left side of the carcass and aged for 72 h at 4°C. Meat quality traits (moisture, ash, fat, protein, water holding capacity, shear force, colour indices and heme pigment contents) were determined according to AOAC (1990) methods. The total fatty acids were extracted, methylated and analysed by an adaptation of the method described by Aldai *et al.* (2006), which has been reported to be highly effective for PUFA analysis (Juárez *et al.*, 2008).

Data from meat quality analysis were analyzed with the Statistica 7.0 for Windows (StatSoft, 2006) statistical package. A tree diagram (Cluster analysis) was developed following Ward's method to show the distribution of the five groups of animals according to their meat quality traits.

Results and Discussions

Figure 1a shows the distribution of the IB strains according to their neutral DNA molecular markers. IB purebred strains dendogram grouped the batches into two subgroups. One of them included the black hairless herds LA and the red strain TO. This similarity can be explained because the black hairless strains have contributed to the foundation of TO. (Rodrigáñez *et al.*, 1998) The chestnut coated populations (RE and EN) were grouped in the other main branch. This is explained because RE contributed to the formation of EN strain. IxD batch appears, as expected, clearly discriminated as another subgroup due to the contribution of another breed (Duroc). Therefore for all the IB subpopulations, the genetic distance to the Duroc breed is greater than that to any of the other subpopulations of the breed. A similar distribution of IB types has been reported by Martínez *et al.* (2000).

Figures 1a-1b. Dendrograms of genetic (Reynolds' distances) and phenotypic (Cluster analysis) distances among Iberian pig subpopulations.



The dendrogram from Cluster analysis of meat quality traits (Figure 1b) shows two main and well differentiated branches. One of them includes the group from crossbreeding (IxD) and the other one includes the four IB strains. Therefore a high difference between IxD and IB purebred meat quality is observed. Among the IB purebred branch, TO strain appears isolated. And, finally, the figure shows a higher proximity between RE and LA than between those groups and EN strain. The distribution is different to that observed when genetic distances are studied,

showing differences between TO meat quality and that from the other three strains. This difference is probably due to the selection for muscular conformation of the animals of the TO line. In fact TO variety was produced 50 years ago by crossing several IB herds (from Spain and Portugal) (Ovilo *et al.*, 2000) and it has been selected from this moment on for meat production.

Conclusions

Meat from pure IB pig strains has very different characteristics from that of the crossed pigs used in this experiment and commonly found in the meat market. Among the four official IB strains, the neutral DNA markers showed a distribution in accordance with the reported gene-flow between those strains. However meat quality characteristics showed an effect of TO genetic selection on those traits, and a higher proximity between RE and LA, even if they are genetically closer to other strains. Therefore neutral DNA markers are useful to discriminate closely related populations. Nevertheless their correlation with meat quality characteristics is limited to well differentiated populations.

References

- Aldai, N., Osoro, K., Barron, L. J. R. and Nájera, A. I. (2006). Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids (cis9trans11 and trans10cis12 isomers) and long-chain (n-3 or n-6) polyunsaturated fatty acids - Application to the intramuscular fat of beef meat. *J. Chromatogr. A* 1110:133-139.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA. , 931-932.
- Benito, J., Vázquez, C., Menaya, C., Ferrera, J. L., Garcia-Casco, J.M., Silió, L., J. Rodríguez, J. and Rodríguez, M.C. 1998. Evaluación de los parámetros productivos en distintas líneas de cerdo Ibérico. In: Proceedings IV International Symposium of Mediterranean Pig. Evora, Portugal.
- Belkhir, K., Borsa, P., Chikhi, L., Raufaste, N. and Bonhomme, F. (2001). GENETIX 4.02, Logiciel sous Windows TM pour la Génétique des Populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions: CNRS UMR 5000. Université de Montpellier II, Montpellier (France)
- FAO. (2004). Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans. Measurement of domestic animal diversity (MoDAD): recommended microsatellite markers. Rome, Italy
- Felsenstein, R. (2005). PHYLIP (Phylogeny Inference Package) Version 3.65. University of Washington, Seattle, Washington.
- Fernández, A., De Pedro, E., Núñez, N., Silió, L., Garcia-Casco, J. and Rodríguez, C. (2003). Genetic parameters for meta and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs. *Meat Sci.* 64:405-410
- Juárez, M., Polvillo, O., Contò, M., Ficco, A., Ballico, S. and Failla, S. (2008). Comparison of four extraction/methylation analytical methods to measure fatty acid composition by gas chromatography in meat. *J. Chromatogr. A.* 1190: 327-332.
- Martinez, A.M.; Delgado, J.V., Rodero, A. and Vega-Pla, J.L. (200) Genetic structure of the Iberian pig breed using microsatellites. *Animal Genetic* 31: 295-301.
- Ovilo, C., Barragán, M.C., Castellanos, C., Rodríguez, M.C., Silió, L. and Toro, M.A. (2000). Application of molecular markers (RAPD, AFLP and Microsatellites) to Iberian pig genotype characterization. *CIHEAM – Options Méditerranéennes*. Vol. 41: 79-84.
- Petron, M.J. (2002). Estudio de la fracción lipídica intramuscular en diferentes tipos de jamón Ibérico. Ph. Thesis, Universidad de Extremadura.
- Rodríguez, J., Toro, M., Rodríguez, C. and Silió, L. (1998). Supervivencia de alelos de estirpes portuguesas y españolas en una población de cerdos ibéricos. In: IV Simposio Internacional do Porco Mediterrânico, Evora, Portugal.
- StatSoft, Inc. (2006). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Tejeda, J.F., Garcia, C., Muriel, E. and Antequera, T. (2002). Muscle lipid composition of Iberian pig meat as related to genetic line. In: 48th International Congress of Meat Science and Technology. Vol. II, August 2002, Rome, Italy, pp. 734.

Caracterización de la diversidad genética intrarracial del cerdo Ibérico

I. Clemente*, A. Membrillo*, P.J. Azor*, O. Polvillo**, M. Juárez**, E. Santos*, A.M. Jiménez*, E. Diéguez***, A. Molina*

* Grupo MERAGEM (PAI AGR-158). Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba. Ed. Mendel, planta baja. Campus de Rabanales. 14071 Córdoba

** Grupo MERAGEM (PAI AGR-158). Departamento de Producción Animal, laboratorio de Calidad Cárnica. Universidad de Córdoba

*** Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico (AECERIBER)
E-mail: v72cloi@uco.es

Resumen

El desenvolvimiento en el tiempo de subpoblaciones aisladas adscritas a un mismo tipo racial es el origen de la diversidad natural que surge en toda raza animal enriqueciéndola. El Cerdo Ibérico no ha sido ajeno a este proceso, acumulando a lo largo de los siglos una gran heterogeneidad intrarracial, reflejada en un valor alto (0,19) para el F_{ST} de Wright entre las subpoblaciones analizadas. En el presente trabajo abordaremos el estudio de esta diversidad genética interna del Cerdo Ibérico con especial atención a las cuatro estirpes principales (Negro Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal), sin descuidar, no obstante, otras estirpes y líneas que la integran. Para ello partiremos de diferentes estudios de caracterización de las estirpes y líneas del Cerdo Ibérico. Resaltaremos no sólo sus diferencias genéticas sino también las habidas entre sus productos para consumo en fresco (solomillos), en los que la estirpe Negro Lampiño muestra los porcentajes de proteína, capacidad de retención de agua (CRA) e infiltración grasa intramuscular más elevados (23.74, 17.06 y 5.28, respectivamente), definiendo una calidad diferenciada. Finalmente aportaremos una clasificación que explique la estructura interna del Cerdo Ibérico.

Palabras clave: Cerdo Ibérico, Estirpes, Caracterización, Diversidad genética, Microsatélites del ADN, Calidad cárnica, Parámetros productivos

Summary

Intra-breed genetic diversity characterization of the Iberian pig

The evolution in time of isolated subpopulations assigned to a same breed is the origin of the natural diversity that arises in any breed animal enriching it. The Iberian Pig breed has not been unaware of this process, accumulating throughout the centuries a great intra-breed heterogeneity that is reflected by a high F_{ST} value (0.19) among the subpopulations analyzed. In the present study we will undertake the assessment of the internal genetic diversity of the Iberian Pig breed with special attention to the four main strains (Negro Lampiño, Entrepelado, Retinto and Torbiscal), without forgetting others strains and lines that integrate Iberian Pig Breed. To that purpose, we based on different characterization studies of the strains and lines of the Iberian Pig breed. We emphasize not only their genetic differences but also the differences among their meat products for fresh consumption (tenderloin) by strain, in which Negro Lampiño shows the higher percentages of protein, water-holding capacity (ARC) and intramuscular fat infiltration (23.74, 17.06 and 5.28, respectively), defining a differentiated quality. Finally, we expose a classification to explain the population structure of the Iberian Pig Breed.

Key words: Iberian Pig, Strains, Characterization, Genetic diversity, DNA microsatellite markers, Meat quality, Productive parameters

Introducción

La evolución en el tiempo de poblaciones aisladas pertenecientes a un mismo tipo racial, es la principal causa de la diversidad interna que se origina en toda raza animal enriqueciéndola. Este proceso, natural o dirigido por el hombre, ha originado en el Cerdo Ibérico, a lo largo del tiempo, una gran diversidad intrarracial que, de manera popular, ya era reconocida en el pasado, y que ha llegado a nuestros días en forma de estirpes y líneas.

Enmarcado dentro del interés por la preservación de esta riqueza genética del Ibérico, el Comité de Razas del M.A.P.A., y a petición de AECERIBER, aprobó el pasado año el reconocimiento diferenciado de las cuatro principales estirpes del Cerdo Ibérico (**Negro Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal**) tanto en el reglamento del Libro Genealógico de la raza (Orden APA/3376/2007, de 12 de noviembre) como en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (Orden APA/53/2007, de 17 de enero). A ello debemos añadir la reciente inclusión en el Catálogo oficial de Razas de Ganado de España del **Manchado de Jabugo** como variedad del Cerdo Ibérico (Orden APA/3628/2007, de 5 de diciembre), sin que se haya incluido aún su descripción específica en el Libro Genealógico.

La diferenciación de estas estirpes se ha basado tradicionalmente en criterios morfológicos y fanerópticos; si bien, de un tiempo a esta parte, diversos autores han estudiado esta diversidad intrarracial a partir de caracteres productivos, reproductivos y de diferencias genéticas, confirmando la gran riqueza interna del Cerdo Ibérico, sustentada en caracteres que van más allá de los exterioristas, lo que unido a la calidad de sus productos determinan un patrimonio genético singular y autóctono de la Península Ibérica de incalculable valor.

Nuestro grupo de investigación lleva estudiando la caracterización de la diversidad intrarracial del Ibérico desde la década de los noventa. La firma en junio de 2005 de un convenio de investigación con la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, para el diseño de una herramienta de control y trazabilidad genética en productos del porcino ibérico, con una primera fase de caracterización genética de las actuales subpoblaciones, ha venido a reforzar el estudio genético de estas estirpes y líneas del Ibérico, y ha servido para apoyar el reconocimiento oficial de dichas estirpes. A su vez, desde la sección de calidad cárnica de nuestro grupo, y partiendo de las estirpes oficialmente reconocidas, se llevó a cabo, con financiación del M.A.P.A., un estudio sobre las diferencias fisicoquímicas, por estirpe, del solomillo (*Illiopsoas* y *Psoas menor*), al tratarse de una pieza cárnica para consumo en fresco de gran valor regulada por la nueva Norma de Calidad (R.D. 1469/2007, de 2 de noviembre). Dicho estudio se complementó con un análisis del comportamiento productivo de las estirpes a partir de los registros del esquema de selección cedidos por AECERIBER.

Material y métodos

Para la caracterización genética muestreamos 400 animales representantes de las principales subpoblaciones del Cerdo Ibérico (Alentejano, Manchado de Jabugo, Negro de los Pedroches, Negro Lampiño, Entrepelado, Torbiscal y las líneas Mamellado, Silvela, Villalón y Valdesequera de Retinto). Las muestras consistieron en sangre entera extraída mediante sistema Vacutainer®. Tras la extracción del ADN con un kit comercial (Dominion mbl®, Córdoba, España), amplificamos, mediante PCR, un panel de 35 microsatélites del ADN entre los que se encuentran los recomendados por la FAO para la caracterización de

poblaciones porcinas (FAO, 2004). Los productos de la PCR se sometieron a electroforesis en un secuenciador automático ABI 3130X (Applied Biosystems, Foster City, USA), y se tipificaron los alelos con el software *GeneMapper 4.0*. Mediante el software *Genetix 4.05*, obtuvimos los valores de heterocigosidad esperada y observada, los estadísticos F de Wright (Wright, 1978), y demás parámetros de diferenciación genética entre las subpoblaciones estudiadas.

Para el estudio de las diferencias físicas y químicas, por estirpe, de los productos cárnicos, tomamos el solomillo (*Illiopsoas* y *Psoas menor*) izquierdo de diez animales de cada estirpe a estudiar (Negro Lampiño, Entrepelado, Retinto y Torbiscal), así como otros tantos de animales cruzados al 50% con Duroc, en representación del grueso de la producción que se comercializa como Ibérico. Los animales fueron criados en sistema semi-extensivo con un mismo manejo y alimentados con un pienso de similar composición. Sobre las muestras se llevaron a cabo las pruebas laboratoriales físicas y químicas que recogemos en la tabla 1.

Complementariamente analizamos el comportamiento productivo de estas estirpes en montanera y matadero, comparando sus resultados con los de cerdos ibéricos puros sin adscripción a estirpe concreta ("mixto") que generalmente tienen base genética Retinta. Para ello nos basamos en los registros del núcleo de control del esquema de selección tutelado directamente por AECERIBER, seleccionando los datos de la última montanera en la que, en suficiente número, se controlaron animales de las cuatro estirpes (campana de 2003). Tanto estos registros productivos como los físicoquímicos del solomillo fueron procesados con el programa *Statistica 6.0*.

Resultados y discusión

Los valores para el estadístico de diferenciación genética (F_{ST}) obtenidos mediante el análisis de las frecuencias alélicas en las subpoblaciones estudiadas reflejan, en general, una alta diferenciación genética entre estas subpoblaciones (tabla 2). Destaca el Mancha-

Tabla 1. Pruebas laboratoriales llevadas a cabo con los solomillos
Table 1. Laboratory tests carried out with the tenderloins

Prueba	Técnica
pH	Mediante pH-metro Crison pH-meter 507
Color físico, coordenadas tricromáticas L*, a* y b* (CIE, 1976)	Con espectrocolorímetro Minolta CM-2500d
Capacidad de retención de agua (CRA)	Por presión el método de presión de Grau y Hamm, 1953
Textura instrumental	Mediante texturómetro TA-XT2 (Stable Microsystem, UK)
Color químico (pigmentos hemínicos)	Por la técnica de Hornsey, 1956
Proteína total %	Por la técnica de Kjeldal
Grasa intramuscular (GIM) %	Mediante la técnica de Soxhlet
Composición lipídica de la GIM %	Mediante cromatografía de gases, según Aldai et al., 2006

Tabla 2. Matriz de diferenciación genética F_{ST} (sobre la diagonal) y flujo genético (Nm) (bajo la diagonal) entre las poblaciones estudiadas (estirpes y líneas de Ibérico)

Table 2. Genetic differentiation matrix (F_{ST}) (over the diagonal) and gene flow (Nm) (under the diagonal) among the studied population (Iberian Pig strains and lines)

Nm/ F_{ST}	ALE	MDJ	NDP	ENT	LAM	VAL	SIL	TOR	VIL	MAM
ALE	—	0,25	0,11	0,08	0,17	0,21	0,13	0,20	0,19	0,12
MDJ	0,75	—	0,28	0,22	0,29	0,37	0,29	0,32	0,39	0,27
NDP	1,95	0,65	—	0,09	0,16	0,25	0,13	0,16	0,17	0,11
ENT	2,85	0,89	2,40	—	0,17	0,16	0,09	0,15	0,14	0,07
LAM	1,18	0,60	1,26	1,21	—	0,29	0,18	0,20	0,24	0,20
VAL	0,95	0,42	0,75	1,35	0,62	—	0,19	0,31	0,31	0,16
SIL	1,70	0,61	1,59	2,57	1,13	1,07	—	0,16	0,16	0,10
TOR	1,00	0,54	1,33	1,41	1,00	0,57	1,28	—	0,24	0,20
VIL	1,09	0,39	1,19	1,60	0,81	0,56	1,32	0,79	—	0,19
MAM	1,77	0,68	1,98	3,09	1,03	1,33	2,35	0,98	1,08	—

ALE: Alentejana; MDJ: Manchado de Jabugo; NDP: Negro de los Pedroches; ENT: Entrepelado; LAM: Lampiño; VAL: Valdesequera; SIL: Silvela; TOR: Torbiscal; VIL: Villalón; MAM: Mamellado.

do de Jabugo por sus elevados valores de F_{ST} , presentando a su vez los más bajos de flujo genético (Nm). En el extremo opuesto se sitúa la estirpe Entrepelado. A su vez llama la atención el alto valor de F_{ST} encontrado entre Valdesequera y Villalón (0,31), ya que se trata de dos líneas de la estirpe Retinto a las que se les atribuye un origen común (Clemente et al., 2006). Por otro lado, los valores de los estadísticos F de Wright (F_{ST} , F_{IS} y F_{IT}) medios para las subpoblaciones analizadas (tabla 3) denotan no sólo la alta diferenciación genética entre estas subpoblaciones, sino también el importante grado de consanguinidad interno en cada una de ellas.

Respecto al estudio de la calidad cárnica de los solomillos por estirpe. En la tabla 4 podemos apreciar como los animales cruzados mostraron los solomillos más grandes (807,69 g) con además el mejor rendimiento respecto de la canal (0,59 %). Les siguieron los de Lampiño, que fue la estirpe que presentó los solomillos más pesados (703,65 g), a pesar de su menor peso canal (127 kg), con un rendimiento del 0,56 %. Esta estirpe contrastó con Torbiscal que, con los solomillos más ligeros (647,05 g) y la canal más pesada de todas (138 kg), mostró el valor de rendimiento de solomillos más pobres (0,47 %).

Tabla 3. Valores de los estadísticos F de Wright medios entre las subpoblaciones de Cerdo Ibérico

Table 3. Wright's F-Statistics among the studied Iberian pig subpopulations

Estadístico F	Valor	Intervalo de confianza (95%)
F_{ST}	0,19	0,17 - 0,21
F_{IS}	0,08	0,04 - 0,12
F_{IT}	0,25	0,22 - 0,29

Tabla 4. Pesos y rendimientos de los solomillos de Cerdo Ibérico por estirpe
 Table 4. Weights and performances of Iberian Pig tenderloins, by strain

Estirpe	Peso medio canal (kg)	Peso medio solomillos (g)	% solomillos sobre la canal
Lampião	127	703,65	0,56
Entrepelado	134	690,95	0,51
Retinto	128	660,35	0,52
Torbiscal	138	647,05	0,47
Cruzado	136,6	807,69	0,59

En cuanto a las pruebas laboratoriales físicas y químicas, cuyos resultados exponemos en la tabla 5, podemos concluir que la carne de Lampião, Entrepelado y Retinto se caracteriza por ser más oscura y roja, y por presentar a su vez mayor porcentaje de agua retenida y de Mioglobina, que la carne de Torbiscal y del cruce con Duroc. Del mismo modo, y en consonancia con los resultados de Ventanas (2006), el estudio refleja la superior calidad de los productos del Ibérico puro (representado por las cuatro estirpes) respecto del cruce con Duroc al 50%, evidenciándose por un mayor porcentaje de proteína e infiltración grasa intramuscular (GIM), destacando la estirpe Negro Lampião por sus mayores niveles. Respecto a la composición lipídica de la grasa intramuscular, encontramos en los solomillos valores similares a los reportados en otros estudios llevados a cabo con lomo (*Longissimus dorsi*) (Estévez et al., 2003; Muriel, et al., 2004). Podemos decir que, en general, los animales estudiados no se diferenciaron en los ácidos grasos mayoritarios, aunque sí se observaron diferencias significativas en ácidos grasos minoritarios que pudieran influir en las características organolépticas finales de los productos. También debemos mencionar que en nuestro estudio, y a diferencia de los realizados con lomo, hemos encontrado diferencias significativas entre estirpes para el C16:0

(palmítico). Asimismo, podemos apreciar (tabla 5) como el grado de poli-insaturación de la grasa fue mayor en los solomillos de los animales puros, mientras que los cruzados mostraron mayor porcentaje de grasas saturadas en su carne, acompañándoles en ello la estirpe Torbiscal con análogo grado de saturación.

Por último, los datos productivos por estirpe (tabla 6) reflejan la supremacía de Torbiscal, que destaca tanto en crecimiento (GMD) como en peso de sus piezas nobles; si bien esta estirpe expresa los peores rendimientos, en porcentaje de la canal, de estas piezas nobles. En el extremo opuesto se encuentra Lampião, que, con los valores productivos más pobres, destaca por el rendimiento a la canal de sus piezas nobles. Retinto y Entrepelado, por su parte, reflejan valores intermedios entre los de Lampião y Torbiscal, siendo estirpes muy compensadas para los diferentes parámetros productivos. Por otro lado, los denominados "mixtos" (sin adscripción a estirpe) arrojan valores similares a los de Retinto, como cabría esperar, ya que esta estirpe forma la base genética mayoritaria de estos Ibéricos "mixtos".

Los resultados hasta ahora expuestos, junto con los obtenidos en diversos estudios morfológicos (Mata et al., 1998; Pardo et al., 1998; Cabello, 2004) y reproductivos (tabla 7), ava-

Tabla 5. Resultados de las pruebas fisicoquímicas de los solomillos de Ibérico por estirpe
 Table 5. Results of physical and chemical tests of Iberian Pork tenderloins by strain

	Lampión	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Cruzado	
Color L*	31.37±0.639b	31.58±0.608b	30.06±0.626b	36.99±0.632a	38.28±0.620a	***
Color a*	12.87±0.529b	14.25±0.504ab	14.53±0.518a	10.11±0.523c	10.24±0.513c	***
Color b*	9.54±0.356b	12.54±0.339a	12.36±0.349a	5.04±0.352d	6.89±0.346c	***
Texturómetro (kg/cm ²)	4.56±0.313	4.63±0.298	4.53±0.306	4.98±0.309	4.89±0.303	ns
CRA (%)	17.06±0.748a	14.98±0.712ab	16.54±0.733ab	12.86±0.739bc	12.53±0.726c	***
Humedad (%)	74.21±0.456a	73.91±0.434b	74.13±0.447a	74.79±0.451a	74.92±0.442a	***
Ceniza (%)	1.03±0.037c	1.24±0.035b	1.41±0.036a	1.17±0.037b	1.03±0.036c	***
Proteína (%)	23.74±0.527a	21.86±0.502b	22.48±0.517b	23.34±0.521ab	19.78±0.512c	***
GIM (%)	5.28±0.255a	4.86±0.234b	4.47±0.246b	4.45±0.250b	3.92±0.242c	***
Mb (mg/100g)	4.94±0.182ab	5.26±0.173a	4.81±0.178b	3.80±0.180c	3.25±0.177d	***
SFA	38.24±0.680b	38.55±0.648b	38.09±0.667b	40.42±0.673a	41.32±0.660a	**
MUFA	45.22±1.072	43.68±1.020	43.21±1.050	43.08±1.060	44.54±1.040	ns
PUFA	16.53±1.175a	17.76±1.105a	18.69±1.145a	16.48±1.159a	14.13±1.131b	*
PUFA/SFA	0.43±0.043a	0.46±0.041a	0.49±0.043a	0.41±0.043a	0.34±0.042b	*
n-6/n-3	9.72±0.555	10.29±0.529	9.78±0.544	10.46±0.549	10.42±0.539	ns

Tabla 6. Parámetros productivos del Cerdo Ibérico por estirpe
 Table 6. Productive parameters of Iberian Pig Breed by strain

	Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	"Mixto"
GMD (g/d)	503 ± 39,19	547 ± 13,64	625 ± 9,04	650 ± 40,71	628 ± 15,36
Peso (kg)	144 ± 4,54	156 ± 1,20	162 ± 0,86	172 ± 2,50	168 ± 1,75
P. canal (kg)	110,3 ± 4,28	123,7 ± 1,05	129,5 ± 0,73	138,4 ± 2,16	134,9 ± 1,50
Rto. Canal (%)	76,51 ± 1,14	79,09 ± 0,18	80,18 ± 0,11	80,52 ± 0,27	80,24 ± 0,18
P. jamones (kg)	19,97 ± 0,67	20,92 ± 0,19	21,18 ± 0,10	22,14 ± 0,23	21,98 ± 0,22
P. paletas (kg)	12,61 ± 0,50	14,32 ± 0,16	14,53 ± 0,07	14,19 ± 0,23	14,60 ± 0,13
P. lomos (kg)	2,83 ± 0,26	2,86 ± 0,05	2,73 ± 0,03	3,08 ± 0,06	2,96 ± 0,06
P. grasa (kg)	11,88 ± 1,49	11,65 ± 0,45	12,05 ± 0,24	9,79 ± 0,72	10,83 ± 0,52
% jamones	18,10 ± 0,28	16,91 ± 0,14	16,35 ± 0,07	15,98 ± 0,20	16,28 ± 0,13
% paletas	11,43 ± 0,22	11,57 ± 0,12	11,21 ± 0,05	10,24 ± 0,09	10,82 ± 0,12
% lomos	2,56 ± 0,20	2,30 ± 0,04	2,10 ± 0,02	2,22 ± 0,04	2,19 ± 0,04
% grasa	10,87 ± 1,08	9,37 ± 0,34	9,20 ± 0,18	7,10 ± 0,76	8,06 ± 0,23
% piezas nobles	32,10 ± 0,71	30,79 ± 0,22	29,67 ± 0,12	28,46 ± 0,50	29,30 ± 0,25

Tabla 7. Parámetros reproductivos del Cerdo Ibérico por estirpe
 Table 7. Reproductive parameters of Iberian Pig Breed by strain

	Lampiño	Entrepelado	Retinto	Torbiscal	Manchado de Jabugo
Lechones nacidos vivos	5,82	6,07	6,29	7,82	7,81
Lechones destetados	4,94	5,84	6,24	6,82	6,46
Carácter maternal	**	***	****	***	***

Adaptado de Suárez *et al.*, 2002
 Adapted from Suárez *et al.*, 2002

lan la incuestionable existencia de una diversidad intrarracial en el Cerdo Ibérico bien caracterizada desde diferentes aspectos, destacando las estirpes que recientemente han obtenido un reconocimiento oficial tanto en

el Libro Genealógico como en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España. Finalmente, de forma didáctica exponemos una posible estructuración de esta agrupación racial Cerdo Ibérico (figura 1).

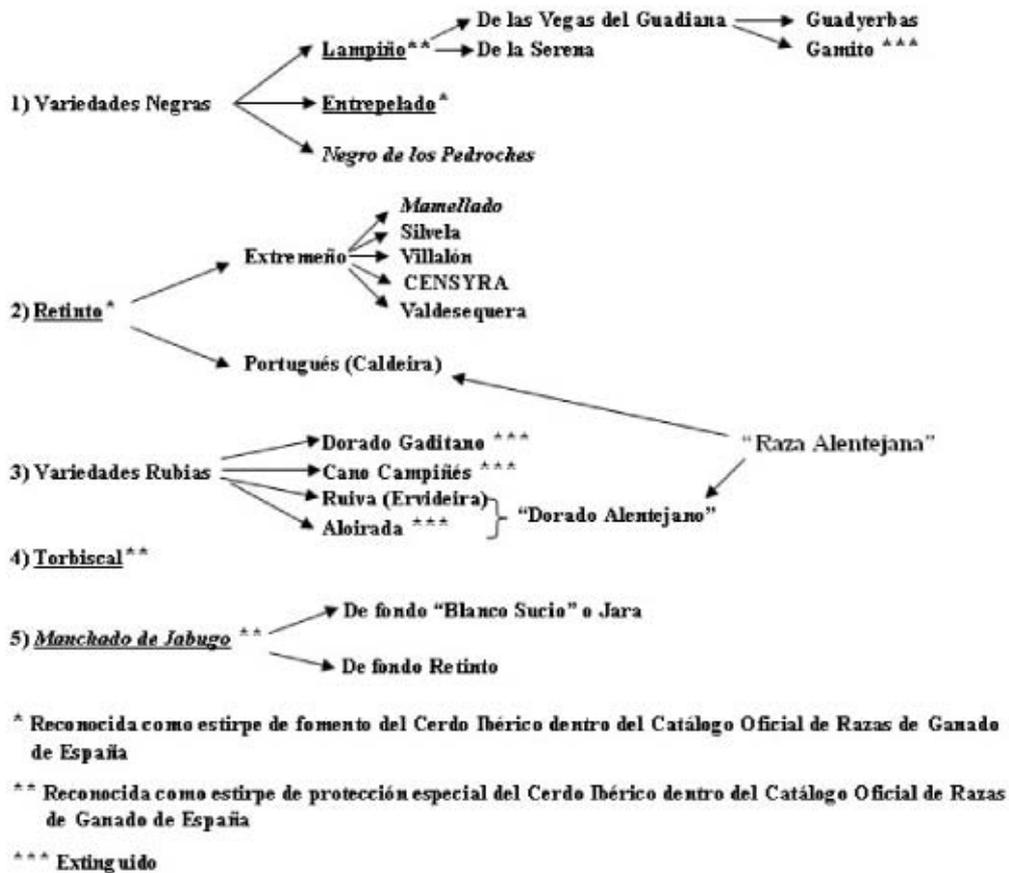


Figura 1. Clasificación de las estirpes y líneas del Cerdo Ibérico.
 Figure 1. Classification of strains and lines of Iberian Pig Breed.

Bibliografía

Aldai N, Osoro K, Barron LJR, Najera AI, 2006. Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids (cis9-trans11 and trans10-cis12 isomers) and long-chain (n-3 or n-6) polyunsaturated fatty acids - Application to the intramuscular fat of beef meat. J. Chromatogr. A. 1110, 133-139.

Cabello A, 2004. Contribución a la diferenciación morfológica de las variedades del cerdo ibérico como base para su conservación. Tesis doctoral.

Departamento de Genética. Universidad de Córdoba.

CIE, 1976. Committee TC.13.CIE. Proposal for study of color spaces and color difference equations. J. Opt. Soc. Am., 64, 896-897.

Clemente I, Membrillo A, Azor PJ, Dorado G, Rodero A, Molina A, 2006. Algunas consideraciones sobre las diferentes clasificaciones del tronco porcino ibérico: una propuesta integradora. Solo Cerdo Ibérico, 16, 7-18.

Estévez M, Morcuende D, Cava R, 2003. Physicochemical 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 Sci.*, 64, 499-506.
- FAO, 2004. Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans. Measurement of domestic animal diversity (MoDAD): recommended microsatellite markers. Rome, Italy.
- Grau R, Hamm R, 1953. Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung in muskel. *Naturwissenschaften*, 40, 29-30.
- Hornsey HC, 1956. The color of cooked cured pork. 1. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J. Sci. Food Agric.*, 7, 534-540.
- Mata C, Pardo J, Barba C, Rodero A, Delgado JV, Molina A, Diéguez E, Cañuelo P, 1998. Estudio morfométrico en las variedades negras del cerdo ibérico. *Arch. Zootec*, 47.
- Muriel E, Ruiz J, Ventanas J, Petró M y Antequera T, 2004. Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Sci.*, 67, 299-307.
- Pardo J, Mata C, Barba C, Rodero A, Delgado JV, Molina A, Diéguez E, Cañuelo P, 1998. Estudio morfométrico en las variables rojas del cerdo ibérico y Manchado de Jabugo. *Arch. Zootec*, 47.
- Suárez MV, Barba C, Forero J, Sereno J.R.B, Diéguez E, Delgado JV, 2002. Caracterización reproductiva de varias razas porcinas de origen ibérico. I Análisis descriptivo. *Arch. Zootec*, 51.
- Ventanas S, 2006. Influencia de la raza y de la alimentación sobre el contenido y características de la grasa intramuscular del lomo de cerdo ibérico: efecto sobre parámetros determinantes de la calidad. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Departamento de Zootecnia. Unidad de Tecnología de los Alimentos. Universidad de Extremadura.
- Wright S, 1978. Evolution and the genetics of populations. Vol IV: Variability within and among natural populations. University of Chicago Press, Chicago.

(Aceptado para publicación el 28 de abril de 2008)



Meat quality of tenderloin from Iberian pigs as affected by breed strain and crossbreeding

M. Juárez*, I. Clemente, O. Polvillo, A. Molina

MERAGEM Research Team, University of Cordoba, Edif. Gregor Mendel, Campus de Rabanales, 14071 Cordoba, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 June 2008

Received in revised form 2 September 2008

Accepted 9 October 2008

Keywords:

Fatty acid
m. *Psoas major*
Genetic line
Microsatellites
Pork

ABSTRACT

In 2007, a new National Quality Standard was published in Spain to regulate the products derived from the Iberian pig carcass, including for the first time fresh meat. In the same way, four different Iberian strains were recognized as official (Lampião, Entrepelado, Retinto and Torbiscal). A batch ($n = 10$) of each pig strain was selected using neutral DNA markers, and another batch of the most common crossbreeding pigs (Iberian \times Duroc) was included into the study as a control. The main meat quality parameters of tenderloin, the most expensive meat cut for fresh consumption, from those five pig groups were analysed. Retinto and Lampião strains showed the closest phenotypic distances, followed by Entrepelado strain. Meat from crossed and Torbiscal pigs had lower water holding capacity, L^* and a^* , and higher SFA than meat from the other three strains. Crossbred pigs had the lowest protein, intramuscular fat and PUFA contents.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The Iberian (IB) pig breed is the most important Mediterranean swine type, both in population size and economic importance. Most of IB pork is consumed as highly priced cured products. However, the importance of the consumption of fresh meat has recently increased, since IB pork is considered as a high quality alternative to meat from lean pigs commonly consumed in Spain (Ramírez & Cava, 2007). Due to this increasing consumption of fresh meat, in November 2007, a National Quality Standard (NQS) was published to regulate production, processing and marketing of products derived from the IB pig carcass (RD 1469/2007). That NQS included for first time fresh meat, instead of cured products only.

In 2007, four IB strains (LA, Lampião; EN, Entrepelado; RE, Retinto and TO, Torbiscal) were recognized as official by the Spanish Ministry of Agriculture, under the Official List of Livestock Breeds (APA/53/2007). The traditional differentiation of the IB strains has been based on morphologic parameters and pedigree-based inbreeding (Fernández, Rodríguez, Toro, Rodríguez, & Silió, 2002). However, no genetic characterization has been done to classify the IB pig populations within each official strain. Moreover the previous NQS (RD 1083/2001) regulated as well in the percentage of IB \times Duroc crossbreeding allowed for products labelled as “Iberian”, the bulk of the production marketed today.

Only a few studies compared objective fresh meat quality of IB pig strains and “white pig” crossbreeding under semi-extensive

production conditions (Muriel, Ruiz, Ventanas, et al., 2004). Those studies analyzed muscles as *longissimus dorsi*, usually assigned for curing, or *masseter*, lowly priced as compared to tenderloin (m. *psoas major*). Some recent studies focused on IB pig meat (Morcuende, Estevez, Ramirez, & Cava, 2007) have used the tenderloin due to the importance of this muscle in the Spanish fresh meat market.

The aim of this study was to compare the quality traits of the tenderloin, the most expensive meat cut for fresh consumption, of the four purebred strains of IB pig breed. Those results were compared to those from 50% Duroc pigs, the most common crossbreeding used in Spain for IB pig production.

2. Materials and methods

2.1. Genetic selection

In order to verify the strain genetic purity of the selected animals (LA, Lampião; EN, Entrepelado; RE, Retinto and TO, Torbiscal), a preliminary study was conducted in four herds ascribed to the Studbook. This study was carried out on 140 animals (35 assigned to each official strain according to their morphology) from the Spanish Association of IB Pig Breeders (AECERIBER). A batch of 35 IB (no assigned to any official strain) \times Spanish Duroc crossbred pigs was included into the study to compare their genetic and productive traits to those from IB purebred pigs. The Spanish Duroc line was selected because it is currently used by the Spanish industry (Serrano, Valencia, Nieto, Lázaro, & Mateos, 2008).

* Corresponding author. Tel.: +34 639900637.

E-mail address: juarez@us.es (M. Juárez).

Blood samples from the animals were collected using Vacutainer® blood collection tubes with EDTA k_3 as anticoagulant. Genomic DNA was isolated and purified using Dominion mbl Kit® (Dominion, Cordoba, Spain). Microsatellite markers (34), including the 27 recommended by FAO for genotyping of pig populations (FAO, 2004), were amplified by polymerase chain reaction (PCR), using a programmable thermal cycler (Mastercycler EP Gradient®, Eppendorf, Germany). The microsatellite markers used were: S0068, S0090, S0101, S0155, S0178, S0215, CGA, IGF1, S0002, S0005, S0026, S0225, S0226, S0227, S0228, S0355, S0386, SW122, SW24, SW240, SW632, SW72, SW857, SW911, SW936, SW951, S0071, S0106, SW1057, SW1111, SW210, SW2419, SW787 and SW874 (US pig gene mapping program, 2007).

PCR products were subjected to electrophoresis in an automatic sequencer ABI 3130 (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), and their results were analyzed with *GeneScan v.3.7* software. Alleles were determined with *GeneMapper 4.0* software. *Genetix 4.05* software (Belkhir, Borsa, Chikhi, Raufaste, & Bonhomme, 2001) was used to compute the allelic frequencies in order to estimate different parameters of genetic variability as expected (H_e) and observed (H_o) heterozygosities and *Wright's F-Statistics* (F_{IS} , F_{ST} and F_{IT}). The F_{IS} parameter is a fixation index of individuals with respect to subpopulations and it is used to estimate the inbreeding caused by the subdivision of the population and the type of crossbreeding (the coefficients due to the existence of subdivision population and/or mating design). The F_{ST} parameter is a measure of genetic diversity among populations and shows the rate of genetic differentiation among them while the F_{IT} parameter is used to measure the absence or excess of heterozygote in the population as a whole. Similarly, a Factorial Correspondence Analysis (FCA) in a three-dimensional scale (Benzecri, 1973) was carried out on individual samples and graphically represented the patterns of distribution of genetic variability based on microsatellite data (individual multilocus scores). Finally, a study of genetic distances among those subpopulations was carried out using Reynolds distance (Reynolds, Weir, & Cockerham, 1983). This is considered as the best measure of genetic distance for studying populations that have recently diverged, as IB strains. To obtain a graphical representation of the distance matrix (Reynolds distance), a tree of genetic distances with the UPGMA algorithm was generated using PHYLIP 3.65 software package (Felsenstein, 2005).

2.2. Animal management

From the groups selected in the genetic study, 50 castrated male pigs were used for the meat quality study, 10 from each IB pig strain and 10 from IB × Duroc crossbreeding.

All pigs were reared under regular semi-extensive management. IB and crossbreed piglets were born in different farms, but transferred after post-weaning to the same barn. Piglets were weaned at 49–56 days of age, and fattening started at an age of about 12–13 weeks (live weight of 20–23 kg for IB and 24–26 kg for crossbreed pigs). Between weaning and transfer to the farm, IB and crossbreed piglets were fed a commercial starter concentrate. On-farm management practices were identical for all pigs. The pigs were fed *ad libitum* using a cereal-based diet (crude protein: 10.8%; crude fibre: 6.4%; crude fat: 3.5%; total lysine: 0.8%).

2.3. Sampling and carcass analysis

The pigs were slaughtered when reached the commercial live weight (160–180 kg; 12 months of age). The animals were transported to the abattoir the day before slaughtering, without mixing pigs from different groups at any moment, and trying to minimize the stress of the animals. Carbon dioxide was used for stunning just before bleeding, according to the specifications outlined in the

Spanish legislation. The pH was measured 24 h after slaughter in tenderloins, using a penetrating electrode adapted to a hand-held Crison pH/mv-506 m.

Tenderloins were collected 24 h *post-mortem* from the left side of the carcass and, after ageing for 72 h at 4 °C, they were analyzed or frozen at 80 °C for future texture and fatty acid analysis.

2.4. Meat quality analysis

Percentages of moisture, ash, fat, and protein in the samples were determined according to Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1990) methods. Protein content was measured by the block digestion method (UNE 55-020), moisture content was determined by drying at 102 °C for 24 h (ISO R-1442) and ashing was done at 550 °C for 24 h (ISO R-936). The intramuscular fat (IMF) percentage was measured according to Soxhlet method (ISO R-1443) using a Foss Tecator AB Soxtec 2050.

Muscle brightness and colour indices were recorded on fresh meat after 60 min blooming with a chromameter Minolta CM-2500d (illuminant D65; viewing angle 10°). The L^* (lightness), a^* (redness) and b^* (yellowness) values were recorded from the average of three random readings across each muscle surfaces. The concentration of myoglobin was assayed from the total content of heme pigment according to Hornsey (1956), and calculated by multiplying heme pigment concentration by the factor 0.026.

Water holding capacity (WHC) was determined as percentage of free water (Grau & Hamm, 1953). Before texture analysis, meat was thawed under tap water to an internal temperature of 16–18 °C. Meat was cooked in a water bath at 75 °C until the internal temperature reached 70 °C. Shear force (WBSF) was measured on samples 1 cm wide × 1 cm high. The cores were sheared perpendicular to the muscle fibres orientation using a TA XT2 texture analyser (Stable Microsystems, UK) equipped with a Warner-Brätzler device and crosshead speed set at 2 mm/s.

Total fatty acids were extracted, methylated and analyzed by an adaptation of the method described by Aldai, Osoro, Barron, and Nájera (2006), which has been reported to be highly effective for PUFA analysis (Juárez et al., 2008). Separation and quantification of the fatty acid methyl esters was carried out using a gas chromatograph (GC, Agilent 6890N, Agilent Technologies Spain, S.L., Madrid, Spain) equipped with a flame ionisation detector automatic sample injector HP 7683, and using a HP-88 J&W fused silica capillary column (100 m, 0.25 mm i.d., 0.2 µm film thickness, Agilent Technologies Spain, S.L., Madrid, Spain). Nonadecanoic acid methyl ester (C19:0 ME) at 10 mg/ml was used as an internal standard. Individual fatty acid methyl esters were identified by comparing their retention times with those of an authenticated standard fatty acid mix Supelco 37 (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, UK). Identification of *cis9-trans11* CLA isomer, was achieved by comparing its retention time with that of an authenticated standard from Matreya (>98% purity; Matreya, LLC, Pleasant Gap, USA). Fatty acids were expressed as a percentage of total fatty acids identified and grouped as follows: SFA, MUFA and PUFA. PUFA/SFA and n-6/n-3 ratios were calculated.

2.5. Statistical analysis

Meat quality data were analyzed with the Statistica 7.0 for Windows (StatSoft, 2006) statistical package. A general lineal model was used to determine the significance of the effects of the different strains and crossbreeding on meat quality traits. Carcass weight was fitted as a lineal covariate. A tree diagram (cluster analysis) was developed following Ward's method to show the distribution of the five groups of animals according to their meat quality traits.

3. Results and discussion

3.1. Genetic analysis and selection of animals

As aforementioned the traditional classification and selection of the strains have been based on morphologic parameters. In fact, in some studies the strains are named “morphological types” (Fernández et al., 2003). Therefore, the previous study to select pigs from each pure-strain was clearly justified, with the aim of taking the uncertain animals out of the study.

Tables 1 and 2 and Figs. 1 and 2 show the results from the study of the DNA molecular markers of the selected pig types. The genetic diversity, evaluated as the average number of alleles found by locus, varied among the different IB strains. The average number of alleles was 4.65, ranging between 4.26 (TO) and 5.19 (EN).

Heterozygosity is another means of assessing genetic diversity. The expected heterozygosity (He) value was higher than the observed heterozygosity (Ho) value for each studied IB strain. Fabuel,

Table 1
Wright’s F-Statistics among the four official strains of Iberian pig breed analyzed.

F-Statistics	Value	Confidence interval (95%)
F_{ST}	0.18	0.158–0.209
F_{IS}	0.13	0.084–0.200
F_{IT}	0.29	0.248–0.351

Table 2
Genetic differentiation matrix (F_{ST}) (over the diagonal) and gene flow (Nm) (below the diagonal) among the five studied populations (four Iberian pig strains and crossbred subpopulation).

Nm/ F_{ST}	LA	EN	RE	TO	CR
LA	–	0.15	0.24	0.17	0.20
EN	1.41	–	0.11	0.14	0.13
RE	0.73	1.94	–	0.25	0.19
TO	1.20	1.51	0.75	–	0.19
CR	1.00	1.62	1.03	1.08	–

LA, Lampiño; EN, Entrepelado; RE, Retinto; TO, Torbiscal; CR, Crossbreed.

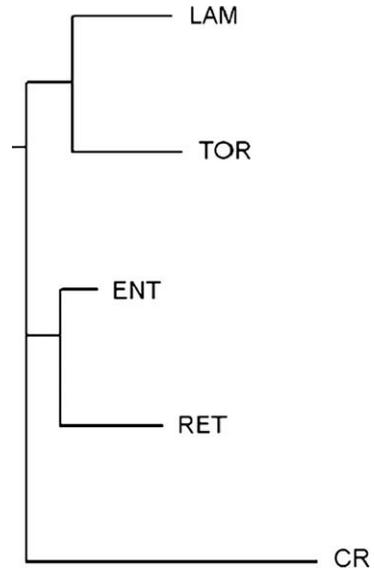


Fig. 2. Dendrogram of genetic distances (Reynolds distances) among Iberian pig subpopulations using a panel of 34 microsatellites.

Barragán, Silió, Rodríguez, and Toro (2004) reported it could be due to the heterogeneity among IB pig subpopulations. The He ranged from 0.57 (TO and LA) to 0.62 (EN) and the Ho ranged from 0.51 (TO and LA) to 0.53 (RE and EN). The crossbreeding subpopulation, as expected, showed the greatest Ho (0.70) value, indicating it is not a genetically defined population.

Table 1 shows the average values of Wright’s F-Statistics for the four IB pig purebred strains. A high level of genetic differentiation (F_{ST}) and a medium value for inbreeding coefficient (F_{IS}) among these IB pig subpopulations were observed. The high level of genetic diversity, estimated as F_{ST} , in the IB strains is similar to that reported by San Cristóbal et al. (2006) for the same subpopulations.

Analyzing the genetic differentiation (F_{ST}) values between pairs of the studied subpopulations (the four IB strains and the crossbreeding), high values for the genetic differences among them were observed (Table 2). The high F_{ST} values shown by RE regard-

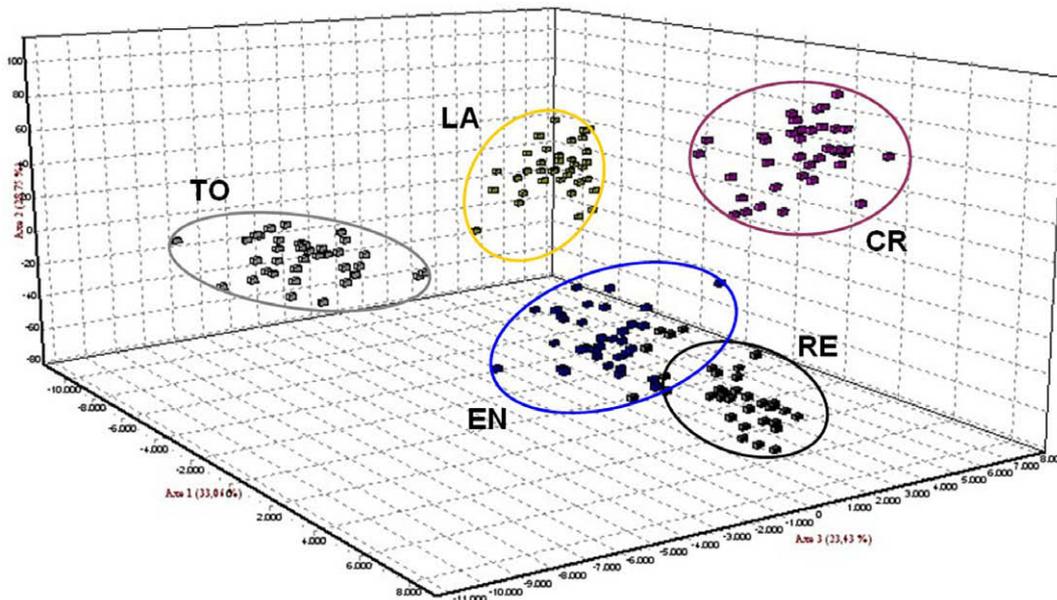


Fig. 1. Factorial correspondence analysis (FCA) in a three-dimensional scale for the five populations analyzed (four Iberian strains and crossbred population) using a panel of 34 microsatellites.

ing to LA (0.25) and TO (0.25) and its genetic proximity to EN (0.11) must be emphasized. Close genetic proximity between EN and RE strains has been described by others authors (Martínez, Delgado, Rodero, & Vega-Pla, 2000; Fabuel et al., 2004; Ovílo et al., 2000). The graphical representation of the FCA (Fig. 1) shows the distribution of the individuals. A clear genetic differentiation among analyzed individuals in the five subpopulations can be observed. However the aforementioned genetic proximity between EN and RE strains was observed for several individuals of these batches. When the FCA was used as a tool to remove animals wrongly assigned to their subpopulation, three (2.14%) of the individuals assigned to EN and RE strains were rejected for the study of meat quality by their close genetic proximity.

On the other hand, the tree distances (Fig. 2) computed with the genetic differences among subpopulations, showed two large groups, one comprising the four IB pig strains and one including the crossbreed pigs only. Crossbreeding batch appears, as expected, to be clearly discriminated as another subgroup due to the contribution of another breed (Duroc). IB purebred strains dendrogram grouped the batches into two subgroups. One of them included the black hairless herds LA and the red strain TO. This similarity can be based upon that the black hairless strains have contributed to the foundation of TO (Fernández et al., 2002; Rodríguez & Rodríguez, 1998). The chestnut coated populations (RE and EN) were grouped in the other main branch. This distribution and the previous results in which EN and RE showed genetic proximity are explained because RE contributed to the formation of EN strain (Rodríguez & Rodríguez, 1998). A similar distribution of IB types has been reported by Martínez et al. (2000), Ovílo et al. (2000) and Fabuel et al. (2004).

3.2. Meat quality analysis

From the animals selected in the genetic study, 50 castrated male pigs were randomly assigned to the meat quality study within each group. Chemical composition, pH 24 h and texture traits of tenderloins from IB strains and crossbreed are shown in Table 3. No differences between groups ($P > 0.05$) were observed for pH 24 h. The values were similar to those observed for the same muscle by Morcuende, Estevez, Ramirez, and Cava (2007) and for *semimembranosus* muscle by Serrano et al. (2008). Protein content ranged from 19.8% to 23.7%, moisture content from 73.2% to 74.9% and ash percentage from 1.0% and 1.4%. Those values are similar to those reported by other authors for IB pig's *longissimus dorsi* muscle (Cava, Ferrer, Estévez, Morcuende, & Toldrá, 2004; Estévez, Ventanas, & Cava, 2004). Tenderloins from pure IB pigs had higher ($P < 0.001$) protein content than crossbreed animals, especially LA strain followed by TO. The lowest ($P < 0.01$) moisture percentages were those from EN pigs. The lowest ($P < 0.001$) ash content was that from LA and crossbreed pigs, and the highest that from RE pigs. There is no previous information about the effect of IB strain

on the chemical composition of tenderloin, but there are some studies on the loin (*longissimus dorsi* muscle). Muriel et al. (2004) and Estévez, Morcuende, and Cava López (2003) reported no differences in the fresh loin among the four IB strains in moisture content. For crossbreed pigs, Serrano et al. (2008) found no effect of the Duroc line sire on moisture of the fresh loin. On the other hand, some authors have found that loins from Duroc crossbreed pigs had more protein and less IMF than loins from pure IB pigs (López-Bote, 1998; Serrano et al., 2008), which indicated that IB pigs mature faster and accumulate more fat at a given age than Duroc and white pigs.

The IMF content (Table 3) ranged between 3.9% and 5.3%. Crossbreed pigs had lower ($P < 0.001$) IMF content than IB pigs. This is in accordance with previous studies showing higher contents of IMF in IB pig muscles than in the same muscles from lean pig breeds (Cava, Ruiz, Tejeda, Ventanas, & Antequera, 2000; Cava et al., 1997; Serra et al., 1998). Among the IB strains, LA showed the highest values of IMF content in its meat. Other authors have not found any difference between strains' IMF content in *longissimus dorsi* muscle (Estévez et al., 2003). However differences in fat infiltration have been reported to be mainly due to genetic influence (Poto, Galián, & Peinado, 2007). Each 1% genetic increase in lean content may reduce IMF by around 0.07% (Webb, 1998). Thus, LA type, the less genetically selected strain, showed the highest IMF content within the five studied types. Other authors (Asenjo, Miguel, Ciria, & Calvo, 2005) have reported positive correlation between age and IMF, but Poto et al. (2007) did not find that correlation. The reported evidence of IB pig's metabolism to high IMF accumulation (Cava, Estévez, Ruiz, & Morcuende, 2003) supports our results. The IMF levels found in our study were slightly higher than those obtained by Estévez et al. (2003) in the same breed but different muscle. Moreover, in that study the animals had notably lower live (85–90 kg) weight than the pigs used in our study. On the other hand, Muriel, Ruiz, Martín, Petron, and Antequera (2004) obtained levels closer to our results in LA, EN, RE and TO pigs slaughtered with higher weights. All these authors studied IMF content because it is one of the main factors affecting consumer acceptability of IB fresh meat (Ruiz, García, Muriel, Andrés, & Ventanas, 2002). As another practical consequence of our study, crossbreed pigs must be slaughtered at higher weights to achieve similar IMF levels.

Texture parameters (Table 3) showed no difference between pig types for WBSF ($P > 0.05$), whereas WHC was higher in IB than in crossbreed pigs except for TO ($P < 0.001$), which presented a value very close to that from crossbreed pigs. The WHC is influenced, among several factors, by the raw material composition, especially the content and distribution of IMF, since the presence of IMF decreases moisture diffusivity coefficient (Muriel et al., 2004; Arnau, Guerrero, & Sarraga, 1997; Gou, 1998). In this case, LA tenderloins, which showed the highest IMF content, had the highest WHC values within the five batches, and IB strains had higher values than pigs from crossbreeding.

Table 3
Proximate composition and texture traits of tenderloins from the studied populations (four Iberian pig strains and crossbred).

	LA	EN	RE	TO	CR	Sig.
pH 24 h	6.12 ± 0.037	6.13 ± 0.031	6.10 ± 0.040	6.14 ± 0.029	6.09 ± 0.032	ns
Protein (%)	23.74 ± 0.527 ^a	21.86 ± 0.502 ^b	22.48 ± 0.517 ^b	23.34 ± 0.521 ^{ab}	19.78 ± 0.512 ^c	***
Fat (%)	5.28 ± 0.255 ^a	4.86 ± 0.234 ^b	4.47 ± 0.246 ^b	4.45 ± 0.250 ^b	3.92 ± 0.242 ^c	***
Moisture (%)	74.21 ± 0.456 ^a	73.21 ± 0.434 ^b	74.23 ± 0.447 ^a	74.79 ± 0.451 ^a	74.92 ± 0.442 ^a	**
Ash (%)	1.03 ± 0.037 ^c	1.24 ± 0.035 ^b	1.37 ± 0.036 ^a	1.17 ± 0.037 ^b	1.03 ± 0.036 ^c	***
WHC (%)	17.06 ± 0.748 ^a	14.98 ± 0.712 ^{ab}	16.54 ± 0.733 ^{ab}	12.86 ± 0.739 ^{bc}	12.53 ± 0.726 ^c	***
WBSF (kg/cm ²)	4.56 ± 0.313	4.63 ± 0.298	4.53 ± 0.306	4.98 ± 0.309	4.89 ± 0.303	ns

WHC, water holding capacity; WBSF, Warner–Bratzler shear force; LA, Lampiño; EN, Entrepelado; RE, Retinto; TO, Torbiscal; CR, Crossbred; Sig., significant differences. ns, $P > 0.05$.

^{a,b,c} Different letters in the same row mean significant differences.

** $P < 0.01$.

*** $P < 0.001$.

Colour parameters (Table 4) were influenced by strain and crossbreeding ($P < 0.001$). In previous studies (Estévez, Ventanas, & Cava, 2004; Serra et al., 1998), similar results comparing colour characteristics between muscles from IB and lean pigs were obtained. The values obtained in all groups were notably higher than those obtained by Estévez et al. (2003) in *longissimus dorsi* muscle of the same IB pig strains, but slaughter at lower weight. Meat from TO and crossbred pigs had less intense colour (higher L^* and lower a^*) than meat from LA, EN and RE pigs. The same results were obtained by Muriel, Ruiz, Martín, Petron, and Antequera (2004) in *longissimus dorsi* muscle. Moreover, crossbred pigs, followed by TO ones, had lower myoglobin content (Table 4) than the other three strains. The redness value (a^*) increased as myoglobin content increased, as reported in previous studies (Fernández, Monin, Talmant, Mourot, & Lebret, 1999; Leseigneur-Meynier & Gandemer, 1991). IB pigs have been reported to have higher concentration of oxidative fibres in muscles than less rustic breeds such as Duroc (Serrano et al., 2008). In consequence, muscles from pure IB pigs have more heme pigments than muscles from crossbred pigs. Differences in colour due to the strain are important, since one of the features of IB meat products influencing their overall quality is an intense dark colour. Moreover the characteristics of IB pig production system influence the muscle myoglobin content as this heme pigment increases with animal age (Lawrie, 1998).

Relative percentages of individual fatty acids in IMF of tenderloins are shown in Table 5. For all the studied animals, oleic acid (C18:1 n-9) was the most common fatty acid, followed by palmitic (C16:0), stearic (C18:0) and linoleic (C18:2 n-6) acids. No difference was found among IB strains and crossbred pigs for C18:0, C18:1 n-9 and C18:2 n-6 fatty acids ($P > 0.05$). Nevertheless C16:0 fatty acid content was higher ($P < 0.001$) in meat from TO and crossbred pigs than in meat from the other three IB strains. Compared to crossbred pigs, the four IB strains had lower percentage of C14:0 ($P < 0.01$) and higher of C22:0 ($P < 0.001$) and C20:3 n-6 ($P < 0.05$). In other, TO and crossbred pigs had higher C16:0 ($P < 0.001$) and lower C18:3 n-6 ($P < 0.001$) and C22:2 ($P < 0.001$) fatty acids than the other three strains. Differences between strains were observed for C16:1 ($P < 0.01$), C20:0 ($P < 0.001$) and C22:6 n-3 ($P < 0.001$) fatty acids. Crossbred and TO SFA index showed higher ($P < 0.01$) values than that from LA, EN and RE strains. However crossbred had lower ($P < 0.05$) PUFA levels than the four IB strains. In fact, the PUFA/SFA ratio from crossbred pigs was lower ($P < 0.05$) than that from IB pigs, and the only one below 0.4, the international health recommendations (Department of Health, 1994). No difference ($P > 0.05$) was found among pig types for MUFA and n-6/n-3 ratio. Finally CLA values are reported for first time in meat from the official IB pig strains. Similar values were found between IB and crossbred pigs. Those healthy fatty acids (Ha, Grimm, & Pariza, 1987; Ip, Scimeca, & Thompson, 1994) have

Table 4

Physicochemical colour parameter of tenderloins from the studied populations (four Iberian pig strains and a crossbred subpopulation).

	LA	EN	RE	TO	CR	Sig.
L^*	31.37 ± 0.639 ^b	31.58 ± 0.608 ^b	30.06 ± 0.626 ^b	36.99 ± 0.632 ^a	38.28 ± 0.620 ^a	***
a^*	12.87 ± 0.529 ^b	14.25 ± 0.504 ^{ab}	14.53 ± 0.518 ^a	10.11 ± 0.523 ^c	10.24 ± 0.513 ^c	***
b^*	9.54 ± 0.356 ^b	12.54 ± 0.339 ^a	12.36 ± 0.349 ^a	5.04 ± 0.352 ^d	6.89 ± 0.346 ^c	***
Mb (mg/100 g)	4.94 ± 0.182 ^{ab}	5.26 ± 0.173 ^a	4.81 ± 0.178 ^b	3.80 ± 0.180 ^c	3.25 ± 0.177 ^d	***

Mb, Myoglobin; LA, Lampiño; EN, Entrepelado; RE, Retinto; TO, Torbiscal; CR, Crossbred; Sig., significant differences.

^{a,b,c} Different letters in the same row mean significant differences.

*** $P < 0.001$.

Table 5

Lipid composition of i.m. fat from the five studied populations (four Iberian pig strains and crossbred subpopulation).

	LA	EN	RE	TO	CR	Sig.
C14:0	1.23 ± 0.067 ^b	1.28 ± 0.064 ^b	1.10 ± 0.066 ^b	1.31 ± 0.067 ^b	1.50 ± 0.065 ^a	**
C16:0	23.42 ± 0.474 ^b	23.23 ± 0.452 ^b	22.19 ± 0.465 ^b	24.69 ± 0.469 ^a	25.37 ± 0.460 ^a	***
C16:1	3.48 ± 0.179 ^{ab}	3.62 ± 0.170 ^a	3.09 ± 0.175 ^b	3.61 ± 0.177 ^a	3.54 ± 0.173 ^{ab}	**
C17:0	0.24 ± 0.021	0.28 ± 0.020	0.30 ± 0.020	0.24 ± 0.020	0.22 ± 0.020	ns
C18:0	12.84 ± 0.306	13.13 ± 0.292	13.85 ± 0.300	13.62 ± 0.303	13.79 ± 0.297	ns
C18:1 n-9	40.92 ± 1.002	39.32 ± 0.955	39.25 ± 0.982	38.75 ± 0.991	40.23 ± 0.973	ns
C18:2 n-6	9.86 ± 0.930	10.84 ± 0.886	10.93 ± 0.912	10.77 ± 0.920	9.37 ± 0.903	ns
C20:0	0.18 ± 0.006 ^b	0.19 ± 0.005 ^b	0.23 ± 0.006 ^a	0.19 ± 0.006 ^b	0.18 ± 0.006 ^b	***
C18:3 n-6	1.13 ± 0.071 ^b	1.38 ± 0.068 ^a	1.42 ± 0.070 ^a	0.77 ± 0.070 ^c	0.89 ± 0.069 ^c	***
C18:3 n-3	0.68 ± 0.025	0.65 ± 0.024	0.64 ± 0.024	0.66 ± 0.025	0.72 ± 0.024	ns
C9, t11 CLA	0.16 ± 0.028	0.15 ± 0.026	0.14 ± 0.027	0.16 ± 0.027	0.16 ± 0.027	ns
C20:1	0.28 ± 0.014	0.27 ± 0.013	0.26 ± 0.014	0.28 ± 0.014	0.30 ± 0.014	ns
C20:2	0.21 ± 0.030	0.22 ± 0.029	0.28 ± 0.030	0.26 ± 0.030	0.19 ± 0.029	ns
C22:0	0.13 ± 0.035 ^a	0.20 ± 0.033 ^a	0.21 ± 0.034 ^a	0.14 ± 0.034 ^a	0.01 ± 0.034 ^b	***
C20:4 n-6	2.86 ± 0.424	2.69 ± 0.404	3.17 ± 0.415	2.47 ± 0.419	1.72 ± 0.411	ns
C20:3 n-6	0.14 ± 0.023 ^b	0.21 ± 0.022 ^a	0.16 ± 0.023 ^{ab}	0.13 ± 0.023 ^b	0.06 ± 0.023 ^c	*
C22:2	0.25 ± 0.045 ^b	0.30 ± 0.042 ^b	0.44 ± 0.044 ^a	0.11 ± 0.044 ^c	0.10 ± 0.043 ^c	***
C20:5 n-3	0.50 ± 0.074	0.59 ± 0.070	0.71 ± 0.072	0.32 ± 0.073	0.22 ± 0.071	ns
C22:6 n-3	0.23 ± 0.038 ^b	0.22 ± 0.036 ^b	0.24 ± 0.037 ^b	0.34 ± 0.037 ^a	0.24 ± 0.036 ^b	***
C24:1	0.10 ± 0.014	0.07 ± 0.014	0.10 ± 0.014	0.10 ± 0.014	0.06 ± 0.014	ns
SFA	38.24 ± 0.680 ^b	38.55 ± 0.648 ^b	38.09 ± 0.667 ^b	40.42 ± 0.673 ^a	41.32 ± 0.660 ^a	**
MUFA	45.22 ± 1.072	43.68 ± 1.020	43.21 ± 1.050	43.08 ± 1.060	44.54 ± 1.040	ns
PUFA	16.53 ± 1.175 ^a	17.76 ± 1.105 ^a	18.69 ± 1.145 ^a	16.48 ± 1.159 ^a	14.13 ± 1.131 ^b	*
PUFA/SFA	0.43 ± 0.043 ^a	0.46 ± 0.041 ^a	0.49 ± 0.043 ^a	0.41 ± 0.043 ^a	0.34 ± 0.042 ^b	*
n-6/n-3	9.72 ± 0.555	10.29 ± 0.529	9.78 ± 0.544	10.46 ± 0.549	10.42 ± 0.539	ns

LA, Lampiño; EN, Entrepelado; RE, Retinto; TO, Torbiscal; CR, Crossbred; Sig., significant differences; ns, $P > 0.05$.

^{a,b,c} Different letters in the same row mean significant differences.

* $P < 0.05$.

** $P < 0.01$.

*** $P < 0.001$.

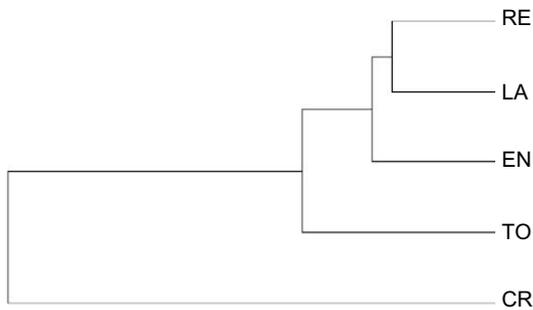


Fig. 3. Dendrogram of phenotypic distances (cluster analysis) among Iberian pig subpopulations using meat quality parameters.

been reported to be found in high concentration in ruminant's milk and fat (Chin, Liu, Storkson, Ha, & Pariza, 1992; Kramer et al., 1998). Nevertheless pork may contain low CLA values, depending on the diet, as reported by Dhiman, Anand, Setter, and Pariza (1999) and Raes, De Smet, and Demeyer (2004) and reviewed by Chilliard, Ferlay, and Doreau (2001). Little research has been done on CLA effects on IB pig diet (Fernández-Fígares, Conde-Aguilera, Nieto, Lachica, & Aguilera, 2008). However it seems that diets rich in C18:1 may lead to an increase of CLA in pork (Juárez et al., 2005; Lauridsen, Mu, & Henckel, 2005). IB pig diets have high C18:1 content, which could explain the CLA levels found in the present study.

The dendrogram from cluster analysis of meat quality traits (Fig. 3) shows two main and well differentiated branches. One of them includes the group from crossbreeding and the other one includes the four IB strains. Therefore, a statistically significant difference between crossed and IB purebred meat quality is observed. Among the IB purebred branch, TO strain appears isolated. And, finally, the figure shows a higher proximity between RE and LA than between those groups and EN strain. The distribution is different to that observed when genetic distances were studied, showing differences between TO meat quality and that from the other three strains. This discrepancy is probably due to the selection for muscular conformation of the animals of the TO strain (Benito et al., 1998). In fact TO variety was produced 50 years ago by crossing several IB herds (from Spain and Portugal) (Ovilo et al., 2000) and it has been selected from this moment for meat production. Fernández et al. (2008) studied the usefulness of mitochondrial genome polymorphisms as markers in IB pig selection programs due to their association with IMF and protein content, but their results were not conclusive. The aforementioned differences observed between the genetic and the phenotypic distributions show that the neutral DNA markers are useful to discriminate closely related populations, but their correlation with meat quality characteristics is limited to well differentiate populations.

4. Conclusions

Tenderloins from pure IB pig strains have very different characteristics from that of crossbred pigs commonly found in the Spanish meat market. Among the four official IB strains, the neutral DNA markers show a distribution in accordance with the reported gene-flow. However TO meat had the most different quality characteristics among IB strains, while the highest proximity was observed between RE and LA, even if they are genetically closer to other strains.

Acknowledgements

Authors acknowledge the "Spanish Ministry of the Environment, Marine and Rural Affairs" for granting the present research

and AECERIBER (Spanish Association of Iberian Purebred Pig Breeders) for providing us the animals. Authors also thank IFAPA "Las Torres", COVAP and Señorío de Montanera for their technical assistance.

References

- Aldai, N., Osoro, K., Barron, L. J. R., & Nájera, A. I. (2006). Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids (*cis9trans11* and *trans10cis12* isomers) and long-chain (n-3 or n-6) polyunsaturated fatty acids – Application to the intramuscular fat of beef meat. *Journal of Chromatography A*, *1110*, 133–139.
- Arnau, J., Guerrero, L., & Sarraga, C. (1997). Effects of temperature during the last month of ageing and of salting time on dry-cured ham aged for six-months. *Journal of Science Food and Agriculture*, *74*, 193–198.
- Asenjo, B., Miguel, J. A., Ciria, J., & Calvo, J. L. (2005). In *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes* (pp. 24–35). Madrid, Spain: Ed. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Association of Official Analytical Chemists (1990). *Official methods of analysis* (15th ed., pp. 931–932). Arlington, VA: AOAC.
- Belkhir, K., Borsa, P., Chikhi, L., Raufaste, N., & Bonhomme, F. (2001). *GENETIX 4.02, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations*. Laboratoire génome, populations, interactions: CNRS UMR 5000. Montpellier, France: Université de Montpellier II.
- Benito, J., Vázquez, C., Menaya, C., Ferrera, J. L., García-Casco, J. M., Silió, L., et al. (1998). Evaluación de los parámetros productivos en distintas líneas de cerdo Ibérico. In *Proceedings IV international symposium of mediterranean pig*. Evora, Portugal.
- Benzecri, J. P. (1973). L'Analyse des Données. In *L'analyse des Correspondances* (Vol. 2, pp. 50–54). Paris, France: Ed. Dunod.
- Cava, R., Estévez, M., Ruiz, J., & Morcuende, D. (2003). Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Science*, *63*, 533–541.
- Cava, R., Ferrer, J. M., Estévez, M., Morcuende, D., & Toldrá, F. (2004). Composition and proteolytic and lipolytic enzyme activities in muscle *longissimus dorsi* from Iberian pigs and industrial genotype pigs. *Food Chemistry*, *88*, 25–33.
- Cava, R., Ruiz, J., López-Bote, C., Martín, L., García, C., Ventanas, J., et al. (1997). Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the Iberian pig. *Meat Science*, *45*, 263–270.
- Cava, R., Ruiz, J., Tejada, J. F., Ventanas, J., & Antequera, T. (2000). Effect of free-range rearing and alpha-tocopherol and copper supplementation on fatty acid profiles and susceptibility to lipid oxidation of fresh meat from Iberian pigs. *Food Chemistry*, *68*, 51–59.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., & Doreau, M. (2001). Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, *70*, 31–48.
- Chin, S., Liu, F. W., Storkson, J. M., Ha, Y. L., & Pariza, M. W. (1992). Dietary sources of conjugated dienoic isomer of linoleic acid a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, *5*, 185–197.
- Department of Health (1994). *Nutritional aspects of cardiovascular disease*. Her Majesty's Stationery Office, London: Report on Health and Social Subjects No. 46.
- Dhiman, T. R., Anand, G. R., Setter, L. D., & Pariza, M. W. (1999). Conjugated from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science*, *82*, 2146–2156.
- Estévez, M., Morcuende, D., & Cava López, R. (2003). Physico-chemical characteristics of m. *longissimus dorsi* from three strains of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: A comparative study. *Meat Science*, *64*, 499–506.
- Estévez, M., Ventanas, J., & Cava, R. (2004). Lipolytic and oxidative changes during refrigeration of cooked loin chops from three strains of free-range-reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and industrial genotype pigs. *Food Chemistry*, *87*, 367–376.
- Fabuel, E., Barragán, C., Silió, L., Rodríguez, M. C., & Toro, M. A. (2004). Análisis de genética diversidad y conservación prioridades en Iberian pigs based on microsatellite markers. *Heredity*, *93*, 104–113.
- FAO (2004). *Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans*. Rome, Italy: Measurement of domestic animal diversity (MoDAD): Recommended microsatellite markers.
- Felsenstein, J. (2005). *PHYLIP (Phylogeny inference package) version 3.65*. WA, USA: Seattle, Department of Genetics, University of Washington (Ref type: Electronic citation).
- Fernández, A. I., Alves, E., Fernández, A., de Pedro, E., López-García, M. A., Ovilo, C., et al. (2008). Mitochondrial genome polymorphisms associated with *longissimus* muscle composition in Iberian pigs. *Journal of Animal Science*, *86*, 1283–1290.
- Fernández, A., de Pedro, E., Núñez, N., Silió, L., García-Casco, J., & Rodríguez, C. (2003). Genetic parameters for met and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs. *Meat Science*, *64*, 405–410.
- Fernández, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., & Lebret, B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. *longissimus lumborum*. *Meat Science*, *53*, 59–65.

- Fernández, A., Rodríguez, J., Toro, M. A., Rodríguez, M. C., & Silió, L. (2002). Inbreeding effects on the parameters of the growth function in three strains of Iberian pigs. *Journal of Animal Science*, *80*, 2267–2275.
- Fernández-Figares, I., Conde-Aguilera, J. A., Nieto, R., Lachica, M., & Aguilera, J. F. (2008). Synergistic effects of betaine and conjugated linoleic acid on the growth and carcass composition of growing Iberian pigs. *Journal of Animal Science*, *86*, 102–111.
- Gou, P. (1998). Dinámica del secado del jamón curado. In *Proceedings eurocarne, II symposium of cured ham* (pp. 90–106). Barcelona, Spain.
- Grau, R., & Hamm, R. (1953). Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung in muskel. *Naturwissenschaften*, *40*, 29–30.
- Ha, Y. L., Grimm, N. K., & Pariza, M. W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: Heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, *8*, 1881–1887.
- Hornsey, H. C. (1956). The color of cooked cured pork. 1. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *Journal of Food Agriculture*, *7*, 534–541.
- Ip, C., Scimeca, J. A., & Thompson, H. J. (1994). Conjugated linoleic acid: A powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cancer*, *194*, 1050–1054.
- Juárez, M., Marco, A., Brunton, N., Wasilewski, P. D., McDonagh, C., Lynch, P. B., et al. (2005). Breakfast sausages prepared from pork with CLA dietary supplementation: Impact on fatty acid levels. In *Proceedings teagasc food safety and nutrition conference* (p. 117). Dublin, Ireland.
- Juárez, M., Polvillo, O., Contò, M., Ficco, A., Ballico, S., & Failla, S. (2008). Comparison of four extraction/methylation analytical methods to measure fatty acid composition by gas chromatography in meat. *Journal of Chromatography A*, *1190*, 327–332.
- Kramer, J. K. G., Parodi, P. W., Jensen, R. G., Mossoba, M. M., Yurawecz, M. I., & Adlof, R. O. (1998). A proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids*, *33*, 835–845.
- Lauridsen, C., Mu, H., & Henckel, P. (2005). Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter- and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows. *Meat Science*, *69*, 393–399.
- Lawrie, R. A. 1998. The eating quality of meat. In *Meat science* (6th ed.). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Leseigneur-Meynier, A., & Gandemer, G. (1991). Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of fibres. *Meat Science*, *29*, 229–241.
- López-Bote, C. J. (1998). Sustained utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science*, *49*, S17–S27.
- Martínez, A. M., Delgado, J. V., Rodero, A., & Vega-Pla, J. L. (2000). Genetic structure of the Iberian pig breed using microsatellites. *Animal Genetics*, *31*, 295–301.
- Morcuende, D., Estevez, M., Ramirez, R., & Cava, R. (2007). Effect of the Iberian × Duroc reciprocal cross on productive parameters, meat quality and lipogenic enzyme activities. *Meat Science*, *76*, 86–94.
- Muriel, E., Ruiz, J., Martín, L., Petron, M. J., & Antequera, T. (2004). Physico-chemical and sensory characteristics of dry-cured loin from different Iberian pig lines. *Food Science and Technology International*, *10*, 117–123.
- Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petron, M. J., & Antequera, T. (2004). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, *67*, 299–307.
- Ovilo, C., Barragán, M. C., Castellanos, C., Rodríguez, M. C., Silió, L., & Toro, M. A. (2000). Application of molecular markers (RAPD, AFLP and Microsatellites) to Iberian pig genotype characterization. *CIHEAM – Options Méditerranéenne*, *4*, 79–84.
- Poto, A., Galián, M., & 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. *Livestock Production Science*, *111*, 96–103.
- Raes, K., De Smet, S., & Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: A review. *Animal Feed Science and Technology*, *113*, 199–221.
- Ramírez, R., & Cava, R. (2007). Carcass composition and meat quality of three different Iberian × Duroc genotype pigs. *Meat Science*, *75*, 388–396.
- Reynolds, J., Weir, B. S., & Cockerham, C. C. (1983). Estimation of the coancestry coefficient: Basis for a short-term genetic distance. *Genetics*, *105*, 767–779.
- Rodríguez, J., & Rodríguez, M. C. (1998). Evaluación de los parámetros productivos en distintas líneas de cerdo ibérico. In *Proceedings IV international symposium of mediterranean pig*. Évora, Portugal.
- Ruiz, J., García, C., Muriel, E., Andrés, A. I., & Ventanas, J. (2002). Influence of the sensory characteristics on the acceptability of dry cured ham. *Meat Science*, *61*, 347–354.
- San Cristóbal, M., Chevalet, C., Haley, C. S., Joosten, R., Rattink, A. P., Harlizius, B., et al. (2006). Genetic diversity within and between European pig breeds using microsatellite markers. *Animal Genetics*, *37*, 189–198.
- Serra, X., Gil, F., Pérez-Enciso, M., Oliver, M. A., Vázquez, J. M., Gispert, M., et al. (1998). A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science*, *56*, 215–223.
- Serrano, M. P., Valencia, D. G., Nieto, M., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2008). Influence of sex and terminal sire line on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive production systems. *Meat Science*, *78*, 420–428.
- StatSoft, Inc. 2006. STATISTICA (data analysis software system), version 7. Available from <http://www.statsoft.com>.
- Webb, A. J. (1998). Objectives and strategies in pig improvement: An applied perspective. *Journal of Dairy Science*, *81*, 36–46.