

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE VETERINARIA**



TESIS DOCTORAL

**Caracterización de la calidad de la canal y descripción de los
parámetros poblacionales y genealógicos del conejo Ibicenco**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Alfredo José Martín de la Rosa

Directores

Manuela Fernández Álvarez

Pilar García Rebollar

Juan Pablo Gutiérrez García

Madrid

© Alfredo José Martín de la Rosa, 2019

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD
DE LA CANAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS
PARÁMETROS POBLACIONALES Y
GENEALÓGICOS DEL CONEJO
IBICENCO**

TESIS DOCTORAL

Alfredo José Martín de la Rosa

2019

Facultad de Veterinaria

Directores de Tesis

Manuela Fernández Álvarez

Pilar García Rebollar

Juan Pablo Gutiérrez García



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID



Facultad de Veterinaria (UCM)

Avda. Puerta de Hierro s/n. 28040 Madrid

Manuela Fernández Álvarez, Profesora Titular de Tecnología de los Alimentos de la UCM, Pilar García Rebollar, Catedrática de Producción Animal de la ETSIAAB y Juan Pablo Gutiérrez García, Catedrático de Mejora Genética Animal de la UCM,

CERTIFICAN:

Que la Tesis Doctoral titulada “Caracterización de la calidad de la canal y descripción de los parámetros poblacionales y genealógicos del conejo Ibicenco”, de la que es autor D. Alfredo José Martín de la Rosa, ha sido realizada en la Sección Departamental de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria (Departamento de Farmacia Galénica y Tecnología Alimentaria, UCM), en el Departamento de Producción Animal (UCM) y en el Departamento de Producción Agraria (Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria de y de Biosistemas, UPM).

Madrid, 18 de octubre de 2019

Manuela Fernández Álvarez Pilar García Rebollar Juan Pablo Gutiérrez García

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D. Alfredo José Martín de la Rosa, estudiante en el Programa de Doctorado en Veterinaria, de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid, como autor de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Caracterización de la calidad de la canal y descripción de los parámetros poblacionales y genealógicos del conejo ibicenco.

y dirigida por:

Manuela Fernández Álvarez
Pilar García Rebollar
Juan Pablo Gutiérrez García

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Madrid, a ____ de _____ de 20__

Fdo.: _____

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

A Begoña y Óscar

AGRADECIMIENTOS

Quizá esta parte sea la más difícil de redactar dentro de una tesis doctoral, ya que, aun teniendo presente la mejor de las voluntades, los que nos aventuramos a introducir un capítulo de agradecimientos en un trabajo de investigación, corremos el riesgo de dejar al margen, de forma totalmente inconsciente, a seres queridos (personas o incluso animales) que, de alguna manera u otra han aportado su granito de arena durante el desarrollo de éste. A algunos de ellos, hacemos referencia de forma genérica sólo con el objeto de no prolongar excesivamente este apartado, que, de otra manera, se podría hacer interminable.

Este trabajo partió de una idea inicial del Pr. Dr. Pedro Lorenzo, Decano de esta Facultad, y profesor de Fisiología, quien, a instancias del Pr. Dr. Juan Pablo Gutiérrez García, Catedrático de Producción Animal, me sugirieron que el estudio de una población minoritaria de conejos afincada en las Islas Baleares, concretamente en la isla de Ibiza, podría ser un gran reto para alguien que crea, como es mi caso, en la riqueza del patrimonio ganadero español, y en particular, de sus razas autóctonas. Quisiera por tanto en primer lugar, agradecerles a ellos tomar la iniciativa para que este trabajo pudiera ver la luz.

A Juan Pablo Gutiérrez, por su paciencia, compañerismo, amistad, y su disponibilidad en cualquier momento para explicarme el para mí, incomprensible y apasionante mundo de la genética de poblaciones.

A la Profesora Dra. Manuela Fernández, por su comprensión, paciencia y profesionalidad a la hora de facilitarme la información y bibliografía necesaria y explicaciones en la fase experimental y alcanzar un formato lo más coherente posible en este trabajo. A Manuela quisiera agradecer también su rectitud en la dirección de este y todas las horas de esfuerzo dedicadas, sobre todo en los momentos más difíciles.

A la Profesora Dra. Pilar García Rebollar, Catedrática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) de la Universidad Politécnica de Madrid, por sus consejos y objetividad, y por permitirme la disposición de los animales e instalaciones de esta. Agradezco también al Departamento de Producción Animal de la Universidad Politécnica de Madrid por facilitarme las infraestructuras y el mantenimiento de los animales durante el estudio, y a la Asociación de Criadores de Conejo Ibicenco por permitirme el acceso y utilización de los datos del Libro Genealógico.

A todos los Profesores y compañeros del Departamento de Nutrición, Higiene y Bromatología, en especial a Eva, Isabel, Leo, Lola Selgas, Lola Romero, Marisa, Raquel, Xabi, Concha, Belén, Gonzalo, Carlos, Odón, Alberto, Andrés, Aurora y Nandy por infundirme ánimos, su ayuda desinteresada, asesoramiento y consejos, tanto técnicos como humanos en todo momento.

A la Profesora Dra. Isabel Cervantes, por su desinteresado apoyo en la revisión de la parte del estudio poblacional y genealógico del conejo Ibicenco.

A mis padres, hermanos y resto de mi familia por privarles de muchos momentos para compartir para dedicarme durante todo este tiempo a terminar este trabajo, en especial, a mi padre, que me enseñó a no rendirme nunca, y a mi madre por enseñarme a mostrar una sonrisa en las circunstancias más adversas.

A Begoña, por su comprensión y cariño y por creer en mí, y a mi hijo Óscar, por servirme muchas veces de ejemplo a seguir y contribuir al “sosiego” necesario para continuar luchando por conseguir metas, muchas veces siendo el espejo en el que mirarme.

A mis compañeros de trabajo, del Fondo Español de Garantía Agraria y del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación por enseñarme cada día a ser más profesional, y saber escucharme en los

momentos de desfallecimiento.

A mis amigos, por su decidido apoyo e interés mostrado en todo momento, en especial a Antonio Gómez, que desgraciadamente, no ha podido ver la finalización de este trabajo.

Gracias a todos porque los momentos vividos durante estos cinco años son únicos, oportunidades para corregir errores y oportunidades para empezar de nuevo cada mañana, sin importar la cantidad de errores y faltas cometidas el día anterior.

Este trabajo partió de un proyecto del INIA, y parcialmente financiado con los fondos asignados a dicho proyecto MEC-INIA, RZ2010-00012.

ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	15
Nomenclatura de los ácidos grasos detectados en este estudio	19
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	21
1.1. EL SECTOR CUNÍCOLA DE CARNE	23
<i>1.1.1. Introducción histórica</i>	23
<i>1.1.2. Producción y consumo de carne de conejo</i>	29
1.2. ASPECTOS REPRODUCTIVOS GENERALES DEL CONEJO DE CARNE	31
1.3. PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CONEJO DE CARNE	33
<i>1.3.1. Peso al nacimiento</i>	33
<i>1.3.2. Peso al destete</i>	33
<i>1.3.3. Velocidad de crecimiento</i>	34
<i>1.3.4. Peso vivo al sacrificio</i>	35
<i>1.3.5. Peso de la canal</i>	36
<i>1.3.6. Pérdidas por escurrido</i>	38
<i>1.3.7. Rendimiento de la canal</i>	39
<i>1.3.8. Despiece de la canal</i>	40
1.3.8.1. Peso de la parte delantera	42
1.3.8.2. Peso de las extremidades delanteras	42
1.3.8.3. Peso de la parte intermedia	43
1.3.8.4. Peso de la parte trasera	43
1.3.8.5. Peso de la cabeza	44
1.3.8.6. Peso del tubo digestivo	44
1.3.8.7. Peso del hígado	45
1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE DE CONEJO	46
<i>1.4.1. pH</i>	46
<i>1.4.2. Actividad de agua</i>	48
<i>1.4.3. Capacidad de retención de agua</i>	48
<i>1.4.4. Color</i>	49
1.5. COMPOSICIÓN DE LA CARNE DE CONEJO	50
<i>1.5.1. Contenido de agua</i>	51

1.5.2.	<i>Proteínas de la carne de conejo</i>	52
1.5.3.	<i>Fracción lipídica de la carne de conejo</i>	53
1.5.3.1.	Contenido lipídico total	53
1.5.3.2.	Perfil de ácidos grasos.....	55
1.5.4.	<i>Hidratos de carbono</i>	60
1.5.5.	<i>Minerales</i>	60
1.6.	ESTUDIO DEL PEDIGRÍ	60
1.7.	EL CONEJO IBICENCO	68
	CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	73
	CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS	79
3.1.	ESTUDIOS POBLACIONALES Y GENEALÓGICOS	81
3.1.1.	<i>Determinación de los parámetros demográficos</i>	82
3.1.2.	<i>Determinación de la probabilidad de origen de los genes</i>	83
3.1.3.	<i>Determinación de los coeficientes de consanguinidad, coascendencia y tamaño efectivo de la población.</i>	84
3.1.4.	<i>Determinación de la estructura genética</i>	85
3.1.5.	<i>Apareamientos utilizando el tamaño efectivo equivalente</i>	85
3.2.	ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE LA CALIDAD DE LA CARNE	86
3.2.1.	<i>Animales</i>	86
3.2.2.	<i>Alimentación y alojamientos</i>	87
3.2.3.	<i>Cría y manejo de los animales</i>	88
3.2.4.	<i>Sacrificio de los animales</i>	90
3.2.5.	<i>Preparación de la canal</i>	91
3.2.6.	<i>Despiece de la canal</i>	92
3.2.7.	<i>Obtención y preparación de las muestras</i>	97
3.2.8.	<i>Determinación del pH</i>	98
3.2.9.	<i>Determinación de la actividad de agua</i>	99
3.2.10.	<i>Capacidad de retención de agua</i>	99
3.2.11.	<i>Determinación del color</i>	101
3.2.12.	<i>Determinación del contenido de agua</i>	102
3.2.13.	<i>Determinación del contenido total de proteínas</i>	102
3.2.14.	<i>Determinación del contenido lipídico total</i>	104
3.2.15.	<i>Determinación del contenido de cenizas</i>	106
3.2.16.	<i>Análisis del perfil de ácidos grasos</i>	106
3.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	109
3.4.	REACTIVOS Y GASES	109

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	111
4.1. HERRAMIENTAS GENÉTICAS ÚTILES PARA LA GESTIÓN DE LA POBLACIÓN DE CONEJO IBICENCO	113
4.1.1. <i>Parámetros demográficos</i>	113
4.1.2. <i>Probabilidad de origen de los genes</i>	116
4.1.3. <i>Consanguinidad y tamaño efectivo de la población.</i>	118
4.1.4. <i>Estructura genética</i>	121
4.1.5. <i>Estrategia de apareamientos</i>	123
4.2. PESOS Y RENDIMIENTOS	127
4.2.1. <i>Peso vivo al sacrificio</i>	128
4.2.2. <i>Peso de la canal</i>	130
4.2.3. <i>Pérdidas por escurrido</i>	131
4.2.4. <i>Rendimiento de la canal</i>	132
4.2.5. <i>Despiece de la canal</i>	134
4.2.5.1. <i>Parámetros de la parte delantera de la canal</i>	135
4.2.5.2. <i>Parámetros de la parte intermedia de la canal</i>	137
4.2.5.3. <i>Parámetros de la parte trasera de la canal</i>	139
4.2.5.4. <i>Peso de la cabeza, el hígado y el tubo digestivo</i>	141
4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE	144
4.3.1. <i>pH</i>	144
4.3.2. <i>Actividad de agua</i>	146
4.3.3. <i>Capacidad de retención de agua</i>	147
4.3.4. <i>Color</i>	148
4.4. COMPOSICIÓN DE LA CARNE	150
4.4.1. <i>Contenido de agua</i>	151
4.4.2. <i>Contenido de proteínas</i>	152
4.4.3. <i>Contenido de cenizas</i>	154
4.4.4. <i>Contenido lipídico</i>	154
4.4.5. <i>Perfil de ácidos grasos</i>	156
4.4.5.1. <i>Ácidos grasos saturados</i>	158
4.4.5.2. <i>Ácidos grasos monoinsaturados</i>	160
4.4.5.3. <i>Ácidos grasos poliinsaturados</i>	162
4.4.5.4. <i>Índices de calidad nutricional de la fracción lipídica</i>	164
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	169
BIBLIOGRAFÍA	173

RESUMEN

En este trabajo se ha abordado el estudio de una población particular de conejos originaria de Ibiza, el conejo Ibicenco o *conill pagès D'Eivissa*, reconocido como agrupación racial autóctona y extendido hoy en día por otros territorios, tanto en las Islas Baleares como en algunas zonas de la península. Por una parte, se ha realizado su caracterización genética, estudiando caracteres demográficos, otros relacionados con el origen de los genes, consanguinidad y tamaño efectivo de la población y su estructura genética. Por otra parte, se ha llevado a cabo la caracterización productiva y bromatológica de la carne del conejo Ibicenco, comparándola con los conejos híbridos que se utilizan comercialmente para la producción de carne.

El conejo Ibicenco se caracteriza por una talla mediana y su característica principal en el aspecto exterior es tener fijado el gen “Dutch”, que se traduce en la existencia de una banda blanca alrededor del tórax, así como en el borde anterior de la cabeza, hocico y en la parte distal de las extremidades. El resto de la capa puede ser de color negro, gris, naranja o marrón, con distintos grados de intensidad.

Inciendo en los parámetros demográficos, en estos estudios se ha observado una evolución positiva de los animales inscritos en el Libro Genealógico de 2009 (11) a 2014 (38), predominando los animales de capa naranja (34% sobre el resto) y teniendo en cuenta que en el año 2014 sólo se tuvieron en cuenta los inscritos durante el primer trimestre. En lo que respecta a la profundidad de pedigrí para la población de referencia (animales nacidos entre 2013 y 2014) hasta la quinta generación anterior, el conocimiento del pedigrí completo fue de un 97% para la generación de padres, un 86% para la generación de abuelos, 76% para la generación de bisabuelos y un 49% para la de tatarabuelos. Se estimó en 3,4 el número de generaciones completas equivalentes para la población de referencia, con un intervalo generacional de 11,8 meses. Por lo que se refiere a los datos relacionados con la probabilidad de origen de los genes, el número de fundadores se ha cifrado en 26 y el número efectivo de fundadores en 10. El número de ancestros ha sido de 25 y el número efectivo de ancestros ha sido de 11. El número de ancestros que explicarían el 50% de la variabilidad genética se sitúa en 4 y el número de genomas fundadores equivalentes, en 5,8.

Se ha observado también que el coeficiente de consanguinidad muestra cierta tendencia a la estabilización a partir de 2010 y hasta 2014, en torno al 10%, coincidiendo con la fecha en que se adoptó una política de apareamientos más racional.

El tamaño efectivo de la población ha sido calculado en 9,6, basado en el incremento individual de la consanguinidad, y 17,5, basado en el incremento individual de la coascendencia.

Analizando los estadísticos F de Wright se concluye que, tratándose de una metapoblación parcialmente subdividida, las subpoblaciones que se encuentran más distantes genéticamente son las que presentan capa naranja y capa gris, mientras que las que se encuentran más próximas son las de capa gris y capa negra.

En la segunda parte de este trabajo se compararon los parámetros productivos, algunas características físico-químicas (como el pH, la a_w , la capacidad de retención de agua y el color) y la composición de la carne del conejo Ibicenco con la de una población de conejos híbridos procedente del cruce Neozelandés blanco x Californiano. Las dos poblaciones (de 20 animales cada una) se criaron en las mismas condiciones y se sacrificaron con una edad de 60 días.

Salvo excepciones, los conejos Ibicencos mostraron unos parámetros productivos ligeramente inferiores a los híbridos comerciales, como es el caso del peso al sacrificio, el peso de la canal y el de los diferentes despieces, como corresponde a animales que no han sido seleccionados por su velocidad de crecimiento, a diferencia de los híbridos, que sí han sido seleccionados para responder a las exigencias del mercado. No obstante, algunos parámetros sí fueron mejores en los conejos Ibicencos, como el rendimiento de la canal (62,2% frente a un 59,4%).

Los parámetros físico-químicos y la composición se determinaron tanto en el muslo como en el lomo de ambos grupos de conejos. No se observaron diferencias en el pH, la a_w y el color entre los conejos Ibicencos y los híbridos, con la excepción de la capacidad de retención de agua, que fue mayor en los conejos híbridos. En ambas poblaciones se apreciaron diferencias entre el muslo y el lomo en el caso del color y el pH. La carne del lomo mostró un menor pH y un color más claro, con una menor tendencia al rojo y mayor al amarillo que la del muslo.

En este trabajo se han observado también algunas diferencias en la composición

de la carne entre los conejos Ibicencos e híbridos, en particular en el caso del muslo, que presentó un menor contenido de agua (71,8% frente a un 73,4%) y un mayor contenido lipídico en los primeros (5,18% frente a un 4,51%). En ambas poblaciones, la carne del muslo presentó un mayor contenido lipídico que la del lomo. También se ha observado que la carne del conejo Ibicenco presenta un mayor contenido de los ácidos láurico (entre un 32 y un 42%, dependiendo de la pieza), esteárico (entre un 9 y un 12%) y margaroleico (un 32% en el lomo) que la de los conejos híbridos comerciales. No obstante, no se observaron diferencias entre ambos grupos en cuanto a los índices de calidad nutricional de la fracción lipídica (como por ejemplo el contenido total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados o la ratio $n-6:n-3$), que se pueden considerar dentro del intervalo estimado como más saludable entre las distintas carnes de consumo.

SUMMARY

In this work the study of a particular population of rabbits originating in Ibiza, the *Ibicenso* rabbit or conill pagès D'Eivissa, recognized as an indigenous racial group and extended today by other territories, both in the Balearic Islands and in some areas of the peninsula. On the one hand, its genetic characterization has been carried out, studying demographic characters, others related to the gene's origin, inbreeding, effective population size and their genetic structure. On the other hand, the productive and bromatological characterization of *Ibicenso* rabbit meat has been carried out, comparing it with hybrid rabbits that are used commercially for meat production.

The *Ibicenso* rabbit is characterized by a medium size and its main feature on the outside is to have the "Dutch" gene, which results in the existence of a white band around the thorax, as well as on the edge of the head, snout and paws. The rest of the layer can be black, gray, orange or brown, with varying degrees of intensity.

Related to demographic parameters, in these studies a positive evolution of the animals registered in the Herd Book from 2009 (11) to 2014 (38) has been observed, with the orange-coat animals (34% over the rest) prevailing and taking into account that in 2014 only those registered during the first quarter were considered. Regarding the depth of pedigree for the reference population (animals born between 2013 and 2014) until the previous fifth generation, the knowledge of the complete pedigree was 97% for the generation of parents, 86% for the generation of grandparents, 76% for the generation of great grandparents and 49% for the great grandparents. The number of equivalent full generations for the reference population was estimated at 3.4, with a generational interval of 11.8 months. As regards the data related to the probability of gene's origin, the number of founders has been estimated at 26 and the effective number of founders at 10. The number of ancestors has been 25 and the effective number of ancestors It has been 11. The number of ancestors that would explain 50% of the genetic variability is 4 and the number of equivalent founding genomes is 5.8.

It has also been observed that the inbreeding coefficient shows a certain tendency towards stabilization from 2010 to 2014, around 10%, coinciding with the date on which a more rational mating policy was adopted.

The effective population size has been calculated at 9.6, based on the individual

increase in inbreeding, and 17.5, based on the individual increase in co-ancestry.

Analyzing Wright's F statistics, it is concluded that, in the case of a partially subdivided metapopulation, the subpopulations that are more genetically distant are those that have an orange layer and a gray layer, while those that are closest are those with a gray layer and a layer black.

In the second part of this work, the productive parameters, some physical-chemical characteristics (such as pH, aw, water holding capacity and colour) and the composition of *Ibicenco* rabbit meat were compared with that of a population of hybrid rabbits from the New Zealand x Californian crossing. The two populations (of 20 animals each) were raised under the same conditions and slaughtered at 60 days.

Ibicenco rabbits showed slightly lower productive parameters than commercial hybrids, such as the weight at slaughter, the weight of the carcass and that of the different cuts, as corresponds to animals that have not been selected for their speed growth, unlike hybrids, which have been selected to respond to market demands. However, some parameters were better in *Ibicenco* rabbits, such as carcass performance (62.2% versus 59.4%).

The physicochemical parameters and composition were determined both in the thigh and in the loin of both groups of rabbits. No differences in pH, aw and colour were observed between *Ibicenco* rabbits and hybrids, with the exception of water holding capacity, which was higher in hybrid rabbits. In both populations differences between the thigh and the loin were observed in the case of colour and pH. The meat of the loin showed a lower pH and a lighter colour, with a lower tendency to red and greater than yellow than that of the thigh.

In this work, some differences in the composition of the meat between *Ibicenco* and hybrid rabbits have also been observed, in particular in the case of the thigh, which presented a lower water content (71.8% versus 73.4%) and a higher lipid content in the former (5.18% vs. 4.51%). In both populations, the thigh meat presented a higher lipid content than the loin. It has also been observed that the meat of the *Ibicenco* rabbit has a higher content of lauric acids (between 32 and 42%, depending on the piece), stearic (between 9 and 12%) and margaroleic (32% in the loin) than that of commercial hybrid rabbits. However, no differences were observed between both groups in terms of the nutritional quality indices of the lipid fraction (such as the total content of saturated,

monounsaturated, polyunsaturated fatty acids or the n-6: n-3 ratio), which they can be considered within the range estimated as healthier among the different meats.

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Composición de ácidos grasos (% sobre el total de ácidos grasos) en grasa infiltrada de los músculos hallados en distintas especies.
- Tabla 2: Distribución del número de animales vivos y muertos, por sexos y por colores, en la base de datos del Libro Genealógico de la Raza.
- Tabla 3: Composición del pienso.
- Tabla 4: Acrónimos de pesos y rendimientos
- Tabla 5: Media del intervalo Generacional (en años), errores estándar (s.e.) y desviaciones estándar (s.d.) de las medias para las cuatro vías diferentes de parentales-descendencia. N es el número de parejas de datos realizados para las cuatro vías.
- Tabla 6: Parámetros relacionados con la probabilidad de origen del gen en los cuatro colores básicos de la capa y para la población total de referencia.
- Tabla 7: Estadísticos F de Wright (F_{IS} , F_{ST}) y coascendencia media (f_{ij}), en la misma subpoblación (diagonal) y entre subpoblaciones (fuera de la diagonal), definidas por el color de la capa para la población de referencia.
- Tabla 8: Coeficientes de coascendencia © entre machos y hembras, coeficiente de relación media (AR) y tamaño efectivo equivalente del cruce (N_{em}) para un descendiente hipotético en un ejemplo real con dos machos y tres hembras.
- Tabla 9. Hipótesis sobre la segregación alélica de los cuatro colores de capa en el conejo Ibicenco y genes que la determinan: Agoutí (Aa), Chinchilla (CC^{ch}), Extensión (Ee).
- Tabla 10: Pesos y rendimientos de la canal y despieces, desviaciones estándar y p valores en conejos híbridos y conejos Ibicencos objeto de estudio.
- Tabla 11: Características físico-químicas, desviaciones estándar y p valores en conejos híbridos e Ibicencos.
- Tabla 12: Composición química (g/100 g) de la carne de las poblaciones de conejos objeto de estudio.
- Tabla 13: Perfil de ácidos grasos (%) en el lomo y el muslo de conejos híbridos comerciales e Ibicencos (valores promedio \pm desviaciones estándar).
- Tabla 14: Índices de calidad relacionados con el perfil de ácidos grasos del lomo y el muslo de conejos híbridos comerciales e Ibicencos (valores promedio \pm desviaciones estándar).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Áureo de Adriano acuñado en Roma (siglo II d.C.), en cuyo reverso aparece Hispania recostada y un conejo a sus pies.

Figura 2: Dibujo de un conejo de la Raza Gigante de Flandes publicado en Milán en 1905.

Figura 3: Conejo Antiguo Pardo Español.

Figura 4. Evolución de la producción de carne de conejo en España desde 2008 hasta 2018.

Figura 5: División de la canal, según la metodología de Blasco y Ouhayoun (1993).

Figura 6: El modelo de color CIE-lab.

Figura 7: Ejemplar de conejo Ibicenco de capa negra con las características bandas blancas.

Figura 8: Los cuatro colores de la capa del conejo Ibicenco: marrón, gris, naranja y negro

Figura 9: Instalaciones para la cría de los conejos en la Granja Experimental de la ETSIAAB (Universidad Politécnica de Madrid).

Figura 10: Distribución por lotes y grupos de conejos según la raza.

Figura 11: Determinación de la actividad de agua.

Figura 12: Colocación de la muestra sobre la lámina de papel de filtro.

Figura 13: Delimitación de los contornos L1 y L2 para el cálculo de la CRA.

Figura 14: Colorímetro KONIKA MINOLTA CR-400.

Figura 15: Aspecto de los tubos de Kjeldahl al inicio de la digestión.

Figura 16: Filtración de la fase clorofórmica obtenida tras la centrifugación de las muestras.

Figura 17: Vial con la muestra identificada con la grasa extraída de la carne de conejo.

Figura 18: Ejemplo de un cromatograma obtenido de una muestra de lomo correspondiente a un conejo Ibicenco.

Figura 19: Evolución del número de animales inscritos en el Libro Genealógico del conejo Ibicenco (periodo 2009-2014).

Figura 20: Evolución de las distintas subpoblaciones del conejo Ibicenco durante el periodo 2009-2014.

Figura 21: Profundidad del pedigrí.

Figura 22: Evolución del coeficiente de consanguinidad media y del número de generaciones equivalentes.

- Figura 23: Peso vivo al sacrificio a los 60 días y desviaciones estándar de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 24: Peso (g) de la canal en caliente (PCC) y en frío (PCF) de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 25: Pérdidas por escurrido en tanto por ciento en las dos poblaciones objeto del estudio.
- Figura 26: Rendimiento de la canal (%) de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 27: Peso absoluto (g) de los cortes principales de la canal de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 28: Peso (% respecto al peso de la canal en frío) de los cortes principales de la canal de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 29: Peso (g) de la parte delantera (PPD) y de las extremidades anteriores (PED) de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 30: Peso (g) de la parte intermedia (PPI) y de los lomos (PL) de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 31: Peso (%) de la parte intermedia respecto al peso de la canal en frío y rendimiento de los lomos (RL) de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 32: Peso (g) de la parte trasera (PPT), de las dos extremidades posteriores (PTM) y de la carne extraída de ambas extremidades de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 33: Peso (%) de la parte trasera de la canal (PPT) respecto al peso de la canal en frío (PCF) y del rendimiento en carne de los muslos (RCM) de la carne de los muslos de las dos extremidades posteriores (PCM) respecto al peso total de ambas (PTM) en las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 34: Peso (g) de la cabeza (PC), el hígado (PH) y el tubo digestivo (PTD) de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 35: Peso (%) de la cabeza (PC), el hígado (PH) y el tubo digestivo (PTD) de las dos poblaciones objeto de estudio.
- Figura 36: Valores de pH determinados en muslo (pHM) de la extremidad posterior derecha y lomo (pHL) en los dos grupos raciales estudiados.
- Figura 37: Valores de la actividad de agua medidos en muslo (aw M) y lomo (aw L) en los dos grupos raciales estudiados.
- Figura 38: CRA (g/100 g) del muslo (CRA M) y lomo (CRA L) en los dos grupos raciales estudiados.
- Figura 39: Comparación de los parámetros de color, luminosidad (L), tendencia hacia el rojo (a*) y tendencia hacia el amarillo (b*) medidos en la superficie del muslo en los dos grupos raciales estudiados.

Figura 40: Valores de luminosidad (L), tendencia hacia el rojo (a^*) y tendencia hacia el amarillo en la superficie de corte del lomo de los dos grupos de conejos en estudio, a nivel de la 7^a vértebra lumbar.

Figura 41: Contenido de agua (%) de la carne del lomo y el muslo en los dos grupos raciales estudiados.

Figura 42: Contenido de proteínas (%) de la carne del lomo y el muslo en los dos grupos raciales estudiados.

Figura 43: Contenido lipídico (%) de la carne del lomo y el muslo en los dos grupos raciales estudiados.

Figura 44: Contenido de AGS de cadena par (% sobre el total de ácidos grasos) en lomo y muslo en las dos poblaciones de conejos estudiadas.

Figura 45: Contenido de AGS de cadena impar (% sobre el total de ácidos grasos) en lomo y muslo en las dos poblaciones de conejos estudiadas.

Figura 46: Distribución de los distintos tipos encontrados de AGMI (% sobre el total de ácidos grasos) en lomo y muslo en las dos poblaciones de conejos en estudio.

Figura 47: Distribución de los distintos tipos encontrados de AGPI (% sobre el total de ácidos grasos) en lomo y muslo en las dos poblaciones de conejos en estudio.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

a*: Intensidad de tonos rojos medido con colorímetro (sistema CIELAB)

AGMI: Ácidos grasos monoinsaturados

AGPI: Ácidos grasos poliinsaturados

AGS: Ácidos grasos saturados

AAL: Ácido α -linolénico

AL: Ácido linoleico

b*: Intensidad de tonos amarillos medido con colorímetro (sistema CIELAB)

CAF: Ca^{++} *activated proteases*

CLL: Contenido lipídico del lomo

CLM: Contenido lipídico muslo derecho

CMD: Peso de la carne del muslo derecho

CMI: Peso de la carne del muslo izquierdo

CRA: Capacidad de retención de agua

CRA M: Capacidad de retención de agua en muslo

CRA L: Capacidad de retención de agua en el lomo

DHA: Ácido docosahexaenoico

DL: Pérdidas por escurrido (*Drip losses*)

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (*European Food Safety Authority*).

EPA: Ácido eicosapentaenoico

ETSIAAB: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FUFOSE: *Functional Food Science in Europe*

g/d: gramos por día, en referencia a la ganancia media diaria.

GMD: Ganancia media diaria

GnRH: Hormona liberadora de gonadotropina

H: Referencia genérica a la población de conejos híbridos estudiada comparativamente con los conejos IBICENCOS para los parámetros de calidad de la canal.

h/H: Ratio entre ácidos grasos hipocolesterolémicos e hipercolesterolémicos.

HDL: Lipoproteínas de alta densidad (*High density lipoproteins*)

IA: Índice aterogénico

I.I.: Índice de insaturación

IT: Índice trombogénico

IB: Conejos Ibicencos

L: Lomo

LDL: Lipoproteínas de baja densidad (*Low density lipoproteins*)

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

MD: Muslo derecho

n-6/n-3: Ratio entre ácidos grasos *n-6* y *n-3*

PCC: Peso de la canal en caliente

PCF: Peso de la canal en frío

PCM: Peso de la carne extraída de las dos extremidades posteriores

PC: Peso de la cabeza

PDD: Peso de la extremidad delantera derecha

PDI: Peso de la extremidad delantera izquierda

PED: Peso de las extremidades delanteras

PH: Peso del hígado

PL: Peso del lomo

PMD: Peso extremidad posterior derecha

PMI: Peso extremidad posterior izquierda

PPD: Peso de la parte delantera de la canal

PPI: Peso de la parte intermedia de la canal

PPT: Peso de la parte trasera de la canal

PTD: Peso del tubo digestivo

PTM: Peso total de ambas extremidades posteriores

PVS60: Peso vivo al sacrificio a los 60 días

RCM: Rendimiento de la carne de ambas extremidades posteriores

RDTO: Rendimiento de la canal

RL: Rendimiento del lomo

SNPs: *Single Nucleotide Polymorphisms*

UPM: Universidad Politécnica de Madrid

USDA: *United States Department of Agriculture*

WRSA: *World Rabbit Science Association*

Nomenclatura de los ácidos grasos detectados en este estudio

Grupo	Abreviatura	Nombre común	Nombre sistemático
AGS	C12:0	Ácido láurico	Ácido dodecanoico
	C13:0	Ácido tridecílico	Ácido tridecanoico
	C14:0	Ácido mirístico	Ácido tetradecanoico
	C15:0	Ácido pentadecílico	Ácido pentadecanoico
	C16:0	Ácido palmítico	Ácido hexadecanoico
	C17:0	Ácido margárico	Ácido heptadecanoico
	C18:0	Ácido esteárico	Ácido octadecanoico
AGMI	C14:1 n-6	Ácido miristoleico	Ácido tetradecenoico
	C16:1 n-7	Ácido palmitoleico	Ácido 9-hexadecenoico
	C17:1 n-7	Ácido margaroleico	Ácido 7-heptadecenoico
	C18:1 n-9	Ácido oleico	Ácido 9-octadecenoico
	C20:1 n-9	Ácido gadoleico	Ácido 11-eicosaenoico
AGPI	C18:2 n-6	Ácido linoleico	Ácido 9,12- octadecadienoico
	C18:3 n-6	Ácido γ -linolénico	
	C18:3 n-3	Ácido α -linolénico	Ácido 9,12,15- octadecatrienoico
	C20:4 n-6	Ácido araquidónico	Ácido 5,8,11,14- eicosatetraenoico
	C22:5 n-3	Ácido docosapentaenoico	Ácido 7,10,13,16,19- docosapentaenoico

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. EL SECTOR CUNÍCOLA DE CARNE

1.1.1. Introducción histórica

El conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) se originó en el sur de la península ibérica hace aproximadamente 6,5 millones de años, y desde allí se extendió al sur de Francia (López Martínez, 1989; Monnerot *et al.*, 1994). Esta fue su zona de distribución geográfica hasta la Antigüedad Clásica, en la que fenicios, griegos y romanos jugaron un importante papel en la diseminación de esta especie a otras zonas del continente europeo. Algunas teorías atribuyen a la abundancia de esta especie el nombre de *I-Sahpam-Im* (tierra de conejos) que otorgaron los fenicios a la península ibérica a su llegada en el siglo IX-X a. C. (Rougeot, 1981); éste sería el origen del nombre de *Hispania* con el que los romanos la designaron posteriormente. Hay testimonios que indican que el conejo comenzó su expansión desde la península hacia las Islas Baleares y Túnez aproximadamente 1.000 años a.C., por parte de navegantes mediterráneos (Reumer y Sanders, 1984; Flux y Fullagar, 1992).

Los romanos conocieron el conejo y su abundancia en Hispania durante las guerras que tuvieron lugar en la península en el siglo III a. C. El emperador de origen hispano, Adriano, acuñó monedas en las que puede verse una figura femenina como alegoría de Hispania, con un conejo a sus pies. Considerados como una especie muy dañina para las plantas y sembrados, pero también como un manjar, historiadores de la época romana como Varrón, Estrabón y Plinio el Viejo describieron el interés que existía por los conejos salvajes, su mantenimiento en *leporaria* (predecesores de los actuales cotos de caza) y su captura con hurones (Ferrand y Branco, 2007).



Figura 1. Áureo de Adriano acuñado en Roma (siglo II d.C.), en cuyo reverso aparece Hispania recostada y un conejo a sus pies. Fuente: Hernández Guerra (2017).

En comparación con la mayoría de las especies, la domesticación del conejo fue más

tardía. Así, mientras que el perro y el ganado de renta (vacuno, ovino, caprino y porcino) se comenzaron a domesticar entre 9.000 y 15.000 años atrás, tradicionalmente se ha considerado que en el caso del conejo este proceso comenzó hace apenas 1.400 años en los monasterios del Sur de Francia (Clutton-Brock, 1999). El comienzo de la domesticación se atribuye a que la Iglesia consideraba el conejo apto para consumir durante la Cuaresma. En los monasterios medievales existía la costumbre de consumir fetos de conejo (*laurices*) en los períodos de Cuaresma, ya que era considerado un alimento “acuoso” y no rompía, por lo tanto, el ayuno (Ferrand y Branco, 2007), si bien la existencia de esta práctica ya se menciona en la Hispania romana, según describe Plinio el Viejo en su *Historia Natural*. No obstante, estudios recientes indican que establecer el siglo VII d.C. como el momento aproximado de la domesticación del conejo sería incorrecto, ya que ésta habría sido el resultado de un proceso acumulativo que habría comenzado con la caza en el Paleolítico hasta la selección de las razas actuales, pasando por las prácticas de “cría” de conejos en las épocas romana y medieval (Irving-Pease *et al.*, 2018). En cualquier caso, la domesticación llevó aparejada una serie de cambios a distintos niveles, que afectaron no solo al comportamiento, sino también a la morfología, la fisiología y la reproducción de la especie. Entre los cambios más significativos destacan los que tuvieron lugar a nivel cerebral. En este sentido, Brusini *et al.* (2018) señalan que en el conejo se produjo una reducción del tamaño del cerebro durante el proceso de domesticación (al igual que en otras especies), observando una disminución del tamaño de la amígdala y un aumento del córtex prefrontal medial, relacionándose ambas zonas con la percepción y el control del miedo. Mediante el análisis comparativo del genoma de conejos domésticos y salvajes, Carneiro *et al.* (2014) identificaron los cambios en los genes relacionados con el cerebro y el desarrollo neuronal, proponiendo que el comportamiento “doméstico”, tanto en conejos como en otras especies, se debería a alteraciones que afectarían a muchos genes, más que a cambios drásticos en unos pocos.

Durante el siglo XVI, la cría del conejo se difundió por Francia, Italia, Flandes e Inglaterra, y en 1595 ya se menciona la existencia de conejos grises oscuros, píos, blancos, negros y gris ceniza (Lebas *et al.*, 1996). Los conejos se crían habitualmente en cotos delimitados por muros o por fosos de agua y provistos de matorrales, tal como se hacía en la Edad Media y cuyo origen está en los *leporaria* romanos. No suelen cazarse, sino que se capturan sobre todo con lazos, redes y trampas. A principios del siglo XVII ya se menciona el uso de conejeras o corrales. En este periodo también se inicia la cría del conejo como animal de compañía (Lebas, 2008).

En los siglos XVI y XVII aparecen ya en la literatura variadas recetas para cocinar carne de liebre y conejo (Plasencia, 2005). Se mencionan guisos, empanadas y escabeches, aunque por esta época, los animales de “pelo fino”, como el conejo, la liebre y el cabrito se consideraban indigestos (Castillo, 2012). Así, Miguel de Cervantes incluye en el capítulo XLVII del *Quijote* la siguiente aseveración, hecha por el doctor Pedro Recio a Sancho como Gobernador de la Ínsula Barataria: “*Es mi parecer que vuestra merced no coma de aquellos conejos guisados que allí están, porque es manjar peliagudo*”. Por su parte, en 1605, Olivier de Serres distingue entre los conejos de campo, de coto y los de conejera, diferenciando la calidad más delicada de los dos primeros tipos respecto a los últimos, a los que consideraba más insípidos.

Durante el siglo XVIII la atención se centra en el estudio de la biología del conejo, en especial en los aspectos reproductivos. Se sigue apreciando más la carne de los conejos de coto, lo que estaría relacionado con la alimentación, en la que los conejos silvestres ingerirían una mayor cantidad de hierbas como el tomillo, cuyo aroma enriquecería el de la carne. Para obtener una carne más tierna, en Francia se recomendaba la castración de los machos, que se sacrificaban en torno a los 5 meses de edad, aunque en las condiciones actuales de cría se ha comprobado que la castración no ofrece ventajas en este sentido (Lebas, 2008).

El sistema de cría en cotos se mantendrá hasta el siglo XIX. Con la abolición del privilegio de los señoríos y los cotos en este siglo se expande la cría en conejeras por las zonas rurales y los barrios periféricos las ciudades de toda Europa occidental e incluso en algunos países del hemisferio sur, como Australia y Nueva Zelanda (Lebas *et al.*, 1996). Cuando la población rural comienza a migrar a las ciudades, se extiende la cría en pequeños corrales anejos a las viviendas y también en jaulas, debido a la falta de espacio. En el primer tercio del siglo XIX se publican en Inglaterra tratados sobre la cría del conejo que incluyen descripciones técnicas de las jaulas destinadas a tal efecto (Lebas, 2008). En esta época se menciona la utilización frecuente de la piel de conejo como producto secundario (Lebas *et al.*, 1996).

Aunque ya en el siglo XVI se conocen algunas razas de conejos, es en la segunda mitad del siglo XIX cuando comienza a crearse una gran parte de las razas actuales. En 1842 se menciona por primera vez en la literatura la que pronto será conocida como la raza Gigante de Flandes (Lebas, 2008). En la actualidad existen más de 200 razas distintas reconocidas

en todo el mundo (FAO, 2019a; Whitman, 2004), quedando pocas poblaciones autóctonas de conejos que sean antiguas y estén adaptadas a las condiciones locales, como el Baladí de Sudán, el Maltés de Túnez o el conejo Criollo de Guadalupe (Lebas *et al.*, 1996).

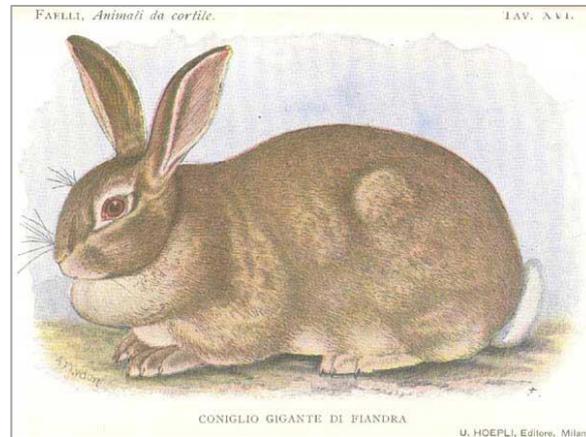


Figura 2. Dibujo de un conejo de la Raza Gigante de Flandes publicado en Milán en 1905. Fuente: Lebas (2008).

Por lo que se refiere a nuestro país, el interés por crear razas de conejos ha sido escaso, y tampoco se han conservado bien las razas locales. Hoy día, las razas Gigante de España y Antiguo Pardo Español son las dos únicas reconocidas oficialmente en nuestro país e incluidas en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado en el año 2016 (Orden AAA/1357/2016). En comparación con otros países de nuestro entorno, en Francia están reconocidas más de 60 razas de conejos (FAO, 2019a). La raza Gigante de España se creó a principios del siglo XX, pero estuvo a punto de desaparecer con la introducción de las razas Neozelandesa y Californiana en la década de 1960, así como por la progresiva industrialización de la cunicultura en el último tercio del siglo XX (López y Sierra, 1998). Por su parte, el conejo Antiguo Pardo Español (también conocido como Pardo Común) es una de las razas más antiguas y se cree que es el primer producto domesticado a partir del conejo silvestre. Este conejo podría ser el ancestro de todas las razas que actualmente se conocen, y podría ser la base de cruce con la raza Gigante de Flandes para conseguir las primeras familias de Gigante de España (ASEMUCE, 2015; Cunicultura.info, 2019). No obstante, el procedimiento preciso para la obtención de esta raza no está del todo claro y según señalan otros autores, fue el resultado del cruce de Lebel Español, Gigante de Flandes y Belier (Lacomba, 1919; López Sánchez, 1986). Otras razas que en algún momento poblaron nuestro país han desaparecido prácticamente, como por ejemplo la Andaluza y la

Moruna o el Lebel Español (López y Sierra, 1998). Así pues, pese que a lo largo de la historia España ha sido conocida como “tierra de conejos”, puede decirse que la población autóctona casi ha desaparecido.



Figura 3. Conejo Antiguo Pardo Español. Fuente: MAPA (2019c).

A principios del siglo XX en Europa se apuesta por la cunicultura de tipo familiar orientada al autoabastecimiento. Con el fin de estimular esta producción cunícola de tipo familiar, durante la Primera Guerra Mundial se estableció en Inglaterra una dotación en salvado de trigo para los criadores de conejos (Lebas, 2008). En las primeras décadas del siglo también se continúan los esfuerzos para la creación y estabilización de las razas y así, por esta época se inscriben por ejemplo el Gigante Blanco de Bouscat en Francia, el Blanco de Viena en Austria y el Neozelandés Blanco y el Californiano en Estados Unidos. En el período de entreguerras se desarrollan ya algunas grandes unidades de producción con más de cien hembras reproductoras y se establecen en distintos países escuelas de formación agrícola con granjas modelo, donde se enseñan las prácticas más modernas de cría de conejos basadas en los recientes avances científicos. Destaca en este sentido la creación en el año 1928 del primer centro de investigación específico en cunicultura, la *U.S. Rabbit Experimental Station*, fundada en California (Lebas, 2008), que estuvo en funcionamiento hasta 1965 y de cuya actividad resultaron distintos avances como la cría en jaulas sobre

rejilla (que limitaba considerablemente la incidencia de la coccidiosis), el suministro de una dieta completa en forma granulada y la selección de las razas Neozelandesa y Californiana, mejor adaptadas a la cría sobre rejillas.

A partir de la segunda mitad del siglo XX se producen grandes avances en el campo de la nutrición, la genética y la reproducción. Se adelanta el destete de los gazapos desde la octava a la cuarta semana, como consecuencia de los trabajos de Prud'hon *et al.*, (1969) y se produce el rápido desarrollo de las técnicas de inseminación artificial (Lebas, 2008). En Europa, una gran parte de la producción se lleva a cabo en instalaciones con un concepto industrial, si bien, a finales del siglo XX la cría tradicional, muy cercana a la practicada durante la primera mitad del siglo, todavía proporciona una parte importante de la carne en distintos países como Francia y Hungría (Lebas *et al.*, 1996). Las razas Neozelandesa y Californiana y sus híbridos avanzan en detrimento de las tradicionales europeas como el Gigante Español, el Leonado de Borgoña, el Bélier Francés o el Gigante de Flandes, y se van seleccionando líneas cada vez más especializadas para la producción de carne mediante cruzamiento sistemático (Lebas, 2008). Sin embargo, en el último cuarto del siglo XX comienza a despertarse el interés por el mantenimiento y conservación de las razas locales, sobre todo en Francia (Rouvier, 1975; Rochambeau y Vrillon, 1980). Esta tendencia está en alza en la actualidad, dado el creciente interés por mantener la biodiversidad genética.

Según Prieto *et al.* (2015), en el contexto europeo, y particularmente en España, la producción actual de carne de conejo se caracteriza por:

- la optimización de las condiciones ambientales, en cuanto a temperatura, horas de luz, humedad y ventilación.
- un buen manejo reproductivo, con la utilización de inseminación artificial en sistemas de “banda única”, o una cubrición por mes.
- el suministro de animales de engorde procedentes de reproductores con una base genética excelente.
- un incremento de la importancia del aislamiento de las naves, para asegurar unas óptimas condiciones de bioseguridad.
- un mayor dimensionamiento de las explotaciones.
- la implantación de mejoras en alimentación, tendiendo a un tipo específico en función de que los animales sean destinados a engorde o reproducción.

En pleno siglo XXI, la producción cunícola debe adaptarse a un nuevo contexto

dominado por el interés en la conservación de la biodiversidad, el bienestar animal y los aspectos saludables de la carne mediante el control de la alimentación, entre otros factores. Hoy día la producción comercial de carne de conejo sigue teniendo una importancia considerable dentro del marco general de la producción ganadera a nivel mundial, aunque el consumo de esta especie no es generalizado en todo el planeta, e incluso en los países en los países de consumo tradicional, este está disminuyendo en cierta medida debido a cuestiones relacionadas con el bienestar animal y otros aspectos éticos (Cullere y Dalle Zotte, 2018). Así por ejemplo, en Europa la cría en jaulas se asocia con un deficiente bienestar animal (Villagrà *et al.*, 2012), lo que también repercute en la calidad de la carne. Esta situación pronto afectará muy probablemente a los sistemas de producción. Recientemente el Parlamento Europeo ha publicado una resolución en la que se recogen los requisitos mínimos para la protección de los conejos en las explotaciones productoras, sugiriendo sustituir el uso de jaulas por la cría en corral (Parlamento Europeo, 2017).

1.1.2. Producción y consumo de carne de conejo

Según los últimos datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la producción de carne de conejo en España se situó en 53.022 Tm en el año 2018, procedentes de 43,2 millones de animales sacrificados, continuando la tendencia decreciente de los años anteriores, como se puede apreciar en la Figura 4 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019a). Aunque la importancia económica de este subsector es mucho menor que la de otras especies ganaderas (porcino, bovino, ovino-caprino y aves), España es históricamente una potencia en la producción de carne de conejo, que representa en torno al 1,2% de la producción total de carne (De Santos, 2019).

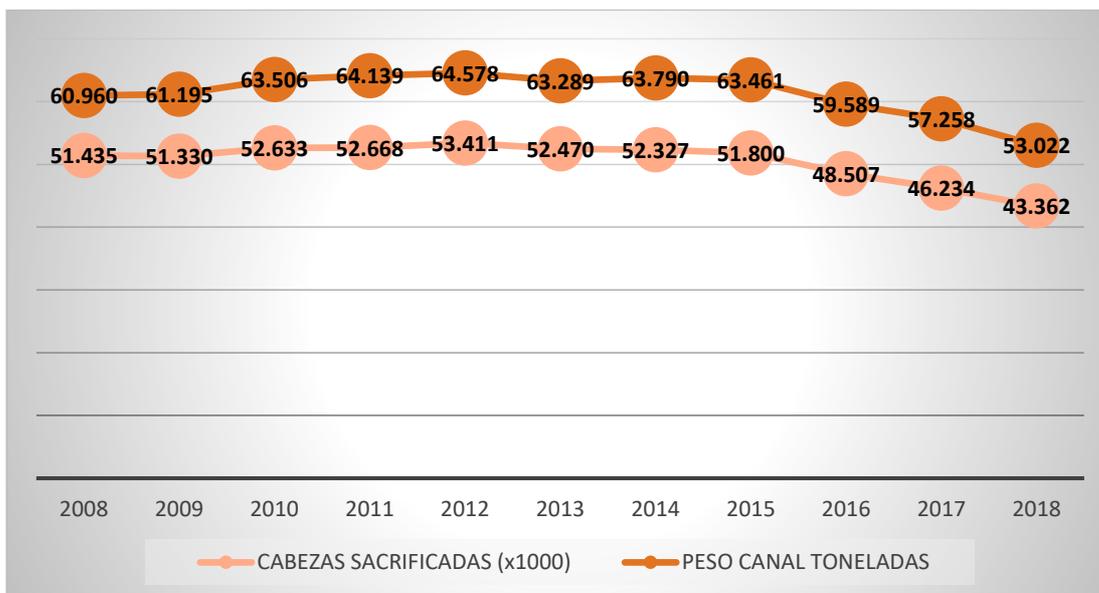


Figura 4. Evolución de la producción de carne de conejo en España desde 2008 hasta 2018. Fuente: Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019a).

Fruto del mayor grado de profesionalización que se observa en el sector cárnico en nuestro país, y también en la producción cunícola, en los últimos años se ha producido un importante descenso de las producciones más localistas, ligadas al autoconsumo y a los circuitos cortos de distribución, lo que se refleja en un menor número de explotaciones cunícolas, pero con una mayor concentración de la producción en instalaciones más grandes (De Santos, 2019).

La producción, distribución y comercialización de la carne de conejo está muy extendida por todo el territorio nacional, aunque por comunidades autónomas, Cataluña, Galicia y Castilla y León ocupan, por este orden, los tres primeros lugares en el censo productivo (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019a).

Por otra parte, cabe destacar también que en nuestro país existe una producción significativa de conejos salvajes con fines cinegéticos (y también para la conservación de especies depredadoras), que se estima en una media de 250.000 animales al año en más de un centenar de granjas distribuidas por toda España, pero especialmente en Cataluña, Galicia, Andalucía y Castilla-La Mancha (Sánchez García *et al.*, 2012).

En el contexto internacional, España es uno de los principales países productores de carne de conejo. En el año 2017, nuestro país ocupó la tercera posición en el ranking, con

57.258 Tm, por detrás de China (931.834 Tm) y Corea del Norte (154.000 Tm) y por delante de Egipto (56.129 Tm), Italia (46.533 Tm) y Francia (44.019 Tm) (FAO, 2019b). España (con cerca de un 26%), Francia, Italia y Portugal representan en torno al 90% de la producción de carne de conejo en la Unión Europea. Dentro del ámbito comunitario, también hay una producción relativamente importante en Bélgica, Holanda, Polonia, la República Checa, Eslovaquia y Grecia (De Santos, 2019).

La producción de carne de conejo en España se destina principalmente al mercado interno, y algo a la exportación (con más de 5.000 Tm en el año 2018), sobre todo hacia Francia y Portugal (De Santos, 2019). Las exportaciones están creciendo en los últimos años y la balanza es claramente favorable a nuestro país.

El consumo de carne de conejo en España ha permanecido bastante estable en los últimos años, pero ha bajado drásticamente a 0,97 kg por habitante y año en 2018, cifra que está muy por debajo de la correspondiente a otras carnes (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019b). Desde la organización interprofesional cunícola (INTERCUN) se está intentando promocionar el consumo a escala nacional incidiendo en los aspectos sensoriales y nutricionales de esta carne, relacionados entre otros con su ternura y jugosidad, su elevado contenido de proteínas, su bajo contenido de grasa y su composición de ácidos grasos más saludable desde el punto de vista de las enfermedades cardiovasculares y otras patologías (Dalle Zotte y Szendrő, 2011). La necesidad de responder a las demandas del consumidor en cuanto a productos más fáciles y rápidos de preparar y consumir ha estimulado el desarrollo de nuevos cortes (lomos, muslos, chuletas) y presentaciones (carne picada, brochetas, salchichas, hamburguesas), haciendo también más apetecible y variado el consumo de una carne que hasta hace pocos años se comercializaba mayoritariamente en forma de canales y medias canales (Dalle Zotte, 2014; De Santos, 2019; Petracci y Cavani, 2013).

1.2. ASPECTOS REPRODUCTIVOS GENERALES DEL CONEJO DE CARNE

En el caso de la raza Neozelandesa y en las zonas de clima templado, los conejos machos alcanzan la madurez sexual (momento en el que se da la máxima producción diaria de semen) a la edad de 32 semanas. Por su parte, las hembras alcanzan la pubertad entre los 4 y 8 meses de edad, dependiendo de la raza; generalmente se observa a edades más tempranas en las razas pequeñas y la precocidad es tanto mayor cuanto más rápido haya sido

el crecimiento (Lebas *et al.*, 1996). La alimentación también influye en este parámetro, y así, las hembras con alimentación *ad libitum* son púberes tres semanas antes que las de la misma estirpe que reciben un 25% menos de alimentación (Lebas *et al.*, 1996).

A diferencia de las hembras de otras especies domésticas, el estro no tiene un carácter cíclico en la coneja, y sólo aparece si ha tenido lugar un apareamiento previo; es decir, son hembras de ovulación inducida. Normalmente, la ovulación tiene lugar 10 a 12 horas después de la monta (Lebas *et al.*, 1996). Para la utilización de la inseminación artificial en los actuales sistemas productivos, se induce la ovulación por medio de tratamientos hormonales con análogos de la GnRH (Daader *et al.*, 2016) que pueden ser inyectados vía intramuscular o ya introducidos en la dosis seminal (Rebollar *et al.*, 2012). En las producciones muy intensivas se insemina generalmente a las hembras durante la lactación, que es una etapa de baja receptividad sexual (González-Mariscal *et al.*, 2007). Una mayor receptividad sexual se asocia con una mayor fertilidad ((Theau-Clément *et al.*, 2015).

La duración media de la gestación puede situarse en torno a los 31 días, pudiendo oscilar entre 29 y 33 (Scapinello, 2014; Formoso-Raferty *et al.*, 2016; Rommers *et al.*, 2004) y el destete en los conejos comerciales se suele realizar entre los 28 y 35 días (Nicodemus *et al.*, 2002), aunque también se puede dar el destete precoz, con 25 días (Gómez-Conde *et al.*, 2004).

Uno de los factores que más influye en las funciones reproductivas es la temperatura. En este sentido, el estrés térmico altera las secreciones hormonales del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas en las hembras, causando infertilidad, y también reduce el apetito, lo que resulta en un balance energético negativo (Daader *et al.*, 2016).

El número de gazapos por camada es muy variable. Las camadas más frecuentes comprenden de 3 a 12 gazapos, pudiendo establecerse una media en los criaderos entre 7 y 9 gazapos (Lebas *et al.* 1996). En el caso del conejo Antiguo Pardo Español, el programa de conservación y mejora define un promedio en el número de gazapos nacidos vivos por camada de 7,3 (Ministero de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019c). El peso de los gazapos en el momento del nacimiento oscila entre los 40 y 60 g, situándose el ideal en alrededor de 50 g (Scapinello, 2014).

En los machos, el volumen de las eyaculaciones es del orden de 0,3 a 0,6 ml, con una concentración de 150 a 500 x 10⁶ de espermatozoides por ml, aunque pueden presentarse variaciones (Lebas *et al.*, 1996). Recientes estudios de proteómica realizados por

Casares-Crespo *et al.* (2019) en semen de conejo perteneciente a dos razas distintas (Californiano y Neozelandés), han demostrado que el genotipo tiene una influencia fundamental en la composición proteica de los espermatozoides, no estando aún del todo claro el papel de estas proteínas en la reproducción. Actualmente se estudia la existencia de un factor de crecimiento nervioso (beta-NGF) en el plasma seminal que una vez purificado y añadido en la dosis seminal podría también inducir la ovulación (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2019).

1.3. PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CONEJO DE CARNE

A continuación, se indican algunos datos productivos sobre los pesos y rendimientos del conejo doméstico, tanto del animal vivo en sus distintas etapas de cría, como de la canal o algunos de sus despieces.

1.3.1. Peso al nacimiento

El peso al nacimiento es un parámetro variable, dependiendo a su vez de varios factores, como la época de nacimiento y el tamaño de la camada (Dalle Zotte y Paci, 2013; Hammond, 1934). Rommers *et al.* (2004) establecieron una variación de pesos al nacimiento entre 63 y 66 g en conejos de raza Neozelandesa, mientras que Hammond (1934) observó un intervalo comprendido entre 49,9 y 91g, encontrando los mayores pesos en las camadas más pequeñas. Un bajo peso al nacimiento está relacionado con un incremento de la mortalidad durante el período de lactación (Poigner *et al.*, 2010). El efecto de la raza del macho y el orden de paridera no parece que tengan mucha influencia en este parámetro (Dalle Zotte y Paci, 2013).

1.3.2. Peso al destete

Los pesos al destete varían en función de la edad a la que este se lleve a cabo. Como se ha señalado anteriormente, el destete se suele realizar en los conejos comerciales en un intervalo comprendido entre los 28 y 42 días, aunque se pueden encontrar en algunos estudios destetes más tardíos (hasta 8 semanas) en la raza Neozelandesa Blanca. En conejos de raza Neozelandesa destetados con 28 días, se han encontrado unos pesos de aproximadamente 510 g (Villena *et al.*, 2008). En estudios realizados sobre dos grupos de gazapos de primera generación producidos por cruzamientos en los que se utilizaron como línea paterna machos de las razas Leonado de Borgoña y Azul de Viena y como línea materna conejas híbridas comerciales excluyendo las que contenían trazas de raza

Neozelandesa o Californiana, destetados entre 43 y 48 días, no se encontraron diferencias significativas en el peso al destete entre ambos grupos. Dichos pesos oscilaron entre 1.132 y 1.165 g. En este mismo estudio se concluyó que ni el sexo del animal, ni la estación, ni el número de partos de la hembra parecían tener una incidencia significativa sobre el peso al destete (Dalle Zotte y Paci, 2013).

1.3.3. Velocidad de crecimiento

Entre los indicadores de la velocidad de crecimiento se pueden utilizar la ganancia media diaria y el índice de conversión (alimento ingerido entre la ganancia de peso lograda) (Chewning *et al.*, 1990). El índice de conversión es uno de los parámetros que más influyen en los beneficios de una unidad de producción de conejos, pero resulta difícil de medir, por lo que se suelen utilizar otros parámetros correlacionados, como la ganancia media diaria (Blasco *et al.*, 2018). La ganancia media diaria (GMD) depende básicamente de la cantidad de pienso ingerido y de la capacidad del animal para transformarlo, y se puede calcular para un período determinado restando al peso al final de ese período el peso inicial entre los días de diferencia entre ambos pesos (Goyache *et al.* 2003). En las razas comerciales de conejos, este parámetro oscila entre 36,2 y 42 g/día, durante el período de cebo considerado de 35 a 63 días (Saiz *et al.*, 2015). Los factores que pueden influir en este parámetro son la fuente de grasa que constituye el pienso o la estación del año en la que se sacrifican los animales encontrándose mayores índices de crecimiento en animales criados en primavera que en verano, debido probablemente a que las altas temperaturas podrían afectar tanto a la ingesta de alimentos como al resto de funciones metabólicas (Saiz *et al.*, 2015). En los estudios realizados por Dalle Zotte y Paci (2013) antes mencionados, el efecto de la raza del macho (Azul de Viena y Leonado de Borgoña) pareció no tener excesiva influencia en la velocidad de crecimiento de los gazapos procedentes de sus cruces, aunque sí se observó durante el período de cebo una GMD entre 26,4 y 29,4 g/día, bastante inferior a la observada en razas comerciales. En el conejo Antiguo Pardo Español se han observado unos valores para este parámetro de 31,8 g/día, entre destete y sacrificio, según datos extraídos del programa de conservación y mejora aprobado para esta raza (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019c).

Dalle Zotte y Paci (2013) sugirieron que en algunas razas, cuando el peso al nacimiento es bajo, puede existir un crecimiento compensatorio mayor durante el período de cebo, que en otras razas en las que nacen gazapos con un peso superior. Por lo que se refiere a otros

factores como el sexo, parecen no tener influencia en este parámetro (Dalle Zotte y Paci, 2013).

1.3.4. Peso vivo al sacrificio

Este parámetro depende de diversos factores, como la raza, la edad de sacrificio, el método de cría, la alimentación, la época de sacrificio y la zona geográfica, entre otros. La edad de sacrificio puede variar entre las 9 y las 13 semanas, dependiendo del grado de madurez deseado y de los pesos requeridos por el mercado, que pueden oscilar desde los 2 hasta más de 2,6 kg (Blasco *et al.*, 2018; Dalle Zotte, 2014).

Desde la segunda mitad del siglo XX, diversos autores estudiaron la influencia del factor racial sobre el carácter del peso al sacrificio (Dudley y Wilson, 1943; Rouvier *et al.*, 1970; Ouhayoun y Poujardieu, 1979; Ouhayoun y Delmas, 1980). Así, por ejemplo, Rouvier *et al.* (1970) estudiaron las diferencias en el peso vivo al sacrificio (84 ± 2 días) en conejos pertenecientes a las razas Leonado de Borgoña, Plateado de Champagne y Gigante Ruso, con una alimentación similar y *ad libitum* después del destete a los 42 días. Estos autores obtuvieron unos datos para este parámetro de 2.142,6, 2.460,4 y 2.055,2 g respectivamente.

En la raza autóctona Gigante de España se han señalado pesos vivos al sacrificio de alrededor de 2 kg a los 64-65 días (López y Sierra, 1998). Distintos estudios han demostrado la existencia de mayores pesos al sacrificio en conejos de razas gigantes que en conejos de razas más pequeñas, tomando como referencia una misma edad al sacrificio (Dudley y Wilson, 1943; Ouhayoun y Poujardieu, 1979).

Bovera *et al.* (2004), en un estudio con conejos criados al estilo tradicional en la isla de Ischia, en el Sur de Italia, observaron pesos medios al sacrificio de 1.286 g, a pesar de que estos animales (que se alimentaron con hierba y leguminosas silvestres, y se criaron en estado semisalvaje en fosos excavados en el terreno) se sacrificaron a los 4,5 meses de edad.

En un estudio reciente, Dalle Zotte *et al.* (2015) demostraron la influencia que el factor racial puede ejercer sobre el peso vivo al sacrificio en conejos procedentes de dos cruces distintos, siendo en ambos la línea hembra de base genética Pannon Ka y la línea macho Pannon Large y Gigante de Hungría respectivamente. Los animales se sacrificaron a las 12 semanas de edad, y los autores registraron un peso medio de 3.109 g en los cruces de Pannon Ka x Pannon Large, superiores a los 2.881 g observados en los cruces de Pannon Ka x Gigante de Hungría.

Por su parte, en conejos híbridos comerciales, Dalle Zotte *et al.* (1995) registraron pesos de 2.368, 2.583 y 2.757 g en animales sacrificados a los 77, 84 y 91 días, respectivamente. Chen *et al.* (1978) estudiaron la correlación entre de la edad al sacrificio y el peso vivo al sacrificio, el rendimiento a la canal, el peso de los órganos y composición química en la carne de conejos de raza Neozelandesa sacrificados a las 8, 12 y 16 semanas de edad, hallándose valores de 1.668 a 1.887 g para conejos sacrificados con 8 semanas, de 2.281 a 2.494 g para 12 semanas de edad al sacrificio y de 2.959 a 3.047 g para los que se sacrificaron con 16 semanas.

Algunos autores han señalado también la influencia de la época de sacrificio en el crecimiento durante el período de cebo. En este sentido, Dalle Zotte y Paci (2014) demostraron que las temperaturas del verano disminuyen el crecimiento de los conejos, observando un retraso de aproximadamente 12 días en la consecución de un peso fijado en un lote de conejos sacrificados en verano, en comparación con otro lote sacrificado en primavera, lo que se debió probablemente a una disminución de la ingesta.

1.3.5. Peso de la canal

Según el Código Alimentario Español (1967), se entiende por canal *el cuerpo de los bóvidos, óvidos, suidos, cápridos, équidos, camélidos, animales de corral, caza de pelo y pluma y mamíferos marinos, sanos y sacrificados en condiciones higiénicas, desprovisto de vísceras torácicas abdominales y pelvianas, excepto los riñones, con o sin piel, patas y cabeza.* En el Código también se señala que *las canales deberán presentar masas musculares convenientemente desarrolladas por todo el conjunto de su cuerpo. La grasa de cobertura e interna se presentará bien distribuida. Al tacto en una superficie por corte se debe apreciar untuosidad fina y consistencia firme.*

En el caso del conejo, podemos diferenciar dos tipos de canales (Blasco y Ouhayoun, 1993), (Pla *et al.*, 1996), (Dalle Zotte y Paci, 2014). Por un lado, está la canal comercial (la que se comercializa en España), entendiéndose como aquella que se obtiene del animal vivo, una vez aturdido, sacrificado, desollado, desprovisto de vísceras abdominales, vesícula biliar, tracto urogenital, orejas y parte distal de las extremidades y la cola. Por otro lado, está la canal de referencia, que se obtiene de la anterior, una vez separados el hígado, la cabeza, los riñones, el conjunto de órganos torácicos y la grasa inguinal.

El peso de la canal se puede medir en caliente (a los 15-30 minutos desde el sacrificio) o en frío (después de un tiempo de oreo en refrigeración entre 0 y 4°C durante unas 24 horas).

Este parámetro varía entre 1 y 1,8 kg en función del tipo de canal que se obtenga, dependiendo del país o región que se considere (Dalle Zotte, 2002; Blasco y Piles, 1990).

El factor racial puede influir significativamente en el peso de la canal. En el estudio anteriormente mencionado de Dalle Zotte *et al.* (2015), en el que comparaban conejos pertenecientes a dos grupos raciales distintos de línea macho Pannon Large o Gigante de Hungría, los autores observaron que las canales comerciales procedentes de los animales de base Pannon Large resultaron ser significativamente más pesadas que las procedentes de Gigante de Hungría, con valores de 1.906 y 1.736 g, respectivamente. Por su parte, en el estudio también citado de Bovera *et al.* (2004) con conejos de la isla de Ischia criados de manera tradicional y sacrificados con 4,5 meses, el peso medio de la canal comercial fue de 677 g. López *et al.* (2002), citaron pesos de la canal en caliente de 1.201 g en conejos de raza Gigante de España sacrificados con una media de 2.012 g de peso.

Respecto a la posible influencia del tipo de alimentación en el peso de la canal, hay diversas opiniones. Según Hernández *et al.* (2000) tras alimentar *ad libitum* desde el destete a animales del mismo tipo genético con tres tipos de dietas distintas (una comercial, con 2,6% de extracto etéreo, otra rica en grasa vegetal, con un 9,95% de extracto etéreo y otra dieta rica en grasa animal, con un 11,7% de extracto etéreo) observaron unos pesos de la canal en frío bastante homogéneos, de 1.122, 1.142 y 1.146 g respectivamente. Por otra parte, se ha observado (Rodríguez *et al.*, 2017) que el tipo de grasa utilizada en la elaboración del pienso compuesto no tiene una influencia significativa. En conejos alimentados con un pienso compuesto rico en manteca de cerdo (7,5 g/kg) como fuente de grasa, mostraban un mayor peso de la canal, tanto en caliente (1.197 g) como en frío (940 g), que otros alimentados con un pienso rico en AGPI ω -3 suplementado (15,5 g/kg) con un concentrado aceite de salmón (1.177 y 925 g respectivamente). Sin embargo, Martínez *et al.* (2005), estudiando la incidencia de la sustitución en el pienso de la alfalfa por hojas de morera en las características de la canal de conejos híbridos comerciales del mismo tipo genético sacrificados a los 71 días, demostraron que las canales procedentes de conejos alimentados con la dieta experimental (a base de hojas de morera), tenían un peso significativamente menor (1.114 g frente a 1.576 g.)

El grado de precocidad influye también en el peso de la canal comercial, como observaron Pla *et al.* (1996) en un estudio en el que comparaban dos líneas de conejos, de las que la más precoz alcanzó el peso al sacrificio demandado en España (alrededor de 2 kg)

una semana antes que la línea menos precoz. Sin embargo, el peso de las canales obtenidas de los conejos menos precoces fue mayor (1.122 g) que el de las obtenidas de los conejos más precoces (1.061 g).

También se ha estudiado la influencia del tamaño de la camada al destete en el peso de la canal. A este respecto, Lukefahr *et al.* (1982) observaron que un aumento en el tamaño de la camada al destete está asociado a un descenso de la longitud corporal y del peso de la canal en caliente, entre otros parámetros.

1.3.6. Pérdidas por escurrido

Este parámetro se define como la disminución de peso de la canal, expresada en porcentaje durante las primeras 24 h después de obtenida la misma (Lukefahr *et al.*, 1982), y se calcula de la siguiente forma (Blasco y Ouhayoun, 1993):

$$DL = \frac{PCC - PCF}{PCC} \times 100$$

Las pérdidas por escurrido en los cortes de carne pueden oscilar entre el 1 y el 4,5%, pudiendo llegar al 10% en las carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE) (Lukefahr *et al.*, 1982; Melody *et al.*, 2004; Offer y Knight, 1988). En este parámetro influyen, entre otros factores, el tamaño de la camada al destete y el genotipo. Así, Lukefahr *et al.* (1982) observaron que un mayor tamaño de la camada está asociado a unas mayores pérdidas (3,5% frente al 4,2%).

Por su parte, Pla *et al.* (1996) encontraron valores similares de pérdidas por escurrido, un 4,5 y 4,4% respectivamente, en conejos pertenecientes a dos líneas seleccionadas por tamaño de camada y velocidad de crecimiento respectivamente, y sacrificados con un peso vivo comercial de aproximadamente 2 kg. Los conejos sacrificados tenían, por lo tanto, diferente grado de maduración, ya que los de la línea más precoz alcanzaban la edad de sacrificio a las 8 semanas, una semana antes que los de la línea con menor velocidad de crecimiento.

Por lo que se refiere al genotipo, Lukefahr *et al.* (1982) observaron unas mayores pérdidas por escurrido en conejos procedentes de cruces a tres bandas entre Gigante de Flandes, Blanco de Florida y Neozelandés (4,2%) que en canales procedentes de animales de razas puras Gigante de Flandes y Neozelandés (3,5%). Bovera *et al.* (2004) registraron en el conejo de Ischia sacrificado a los 4,5 meses de edad unas pérdidas por escurrido de un

3,2%. Por su parte, Dalle Zotte y Paci (2014) no encontraron diferencias significativas en este parámetro para dos líneas de conejos que diferían en la raza del padre (Azul de Viena y Leonado de Borgoña respectivamente) y sacrificados a un peso fijado en 2,8 kg, oscilando entre un 2 y un 2,2% aproximadamente.

1.3.7. Rendimiento de la canal

Este parámetro se define como la relación porcentual entre el peso de la canal en frío y el peso vivo al sacrificio (Blasco *et al.*, 1984). En el conejo puede oscilar entre un 55% y un 61% (Dalle Zotte, 2002).

El rendimiento en los conejos es relativamente bajo en comparación con el resto de los animales monogástricos y similar al de los rumiantes, debido fundamentalmente al gran desarrollo del aparato digestivo (Bovera *et al.*, 2004).

Rao *et al.* (1978) encontraron diferencias significativas en el rendimiento de la canal en animales de raza Neozelandesa sacrificados a distintas edades, observando los menores rendimientos en animales sacrificados a las 8 semanas de edad (46,7%), que aumentaron hasta alcanzar un 50,2% en animales sacrificados a las 16 semanas. Hay que señalar que los valores de rendimiento encontrados por estos autores son significativamente más bajos que los observados por otros investigadores, debido probablemente a que utilizaron como referencia la canal tipo USDA, desprovista de todos los despojos y sin cabeza. En cuanto a la edad del destete, parece no ejercer mucha influencia en el rendimiento de la canal (Rao *et al.*, 1978).

Por lo que se refiere al patrón racial, Lukefahr *et al.* (1982) encontraron diferencias significativas en el rendimiento a la canal atribuibles a éste. El estudio fue realizado entre el conejo Gigante de Flandes, Blanco Neozelandés, y un cruce comercial cuya base era Gigante de Flandes (línea macho) y cruce de Blanco de Florida y Blanco Neozelandés para la línea hembra. Estos autores encontraron un mayor peso al sacrificio y un mayor peso de la canal en caliente en conejos de raza pura Gigante de Flandes y en el híbrido referenciado que en el Blanco Neozelandés. Los rendimientos de la canal fueron del 50,4% para el Blanco Neozelandés y de alrededor de un 52% para el Gigante de Flandes y el híbrido comercial. Dalle Zotte *et al.* (2015), observaron unos mayores rendimientos de la canal ($p < 0,001$) en conejos cruzados de Pannon Large (línea macho) con Pannon Ka (línea hembra) (61,3%) que en cruce de Gigante de Hungría (línea macho) con Pannon Ka (línea hembra) (60,2%). En el caso de otras razas autóctonas españolas catalogadas como en peligro de extinción,

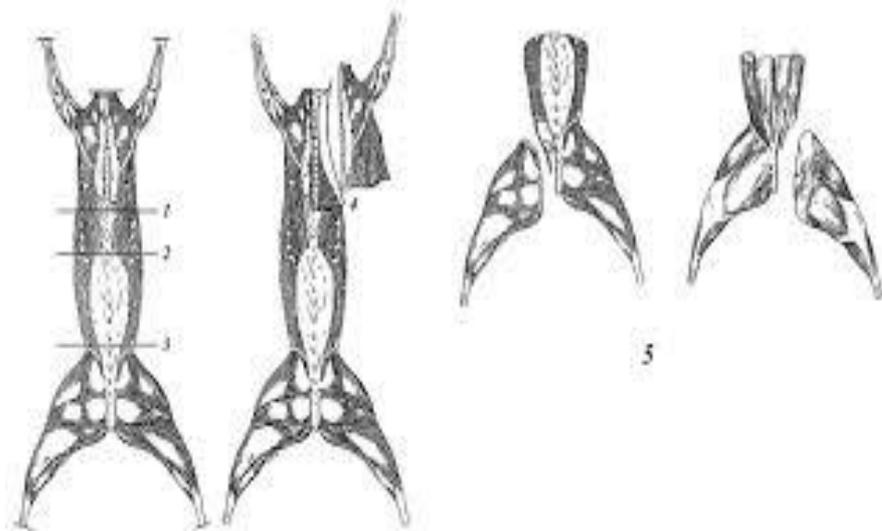
como es el caso del conejo Antiguo Pardo Español, se han señalado unos valores del 56,4% para este parámetro (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019c). Para el Gigante de España, se han registrado rendimientos del 57,5%, según esta misma fuente, y recogidos en el Programa de Conservación y Mejora aprobado oficialmente para esta raza (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019d).

El tamaño de la camada y la velocidad de crecimiento también influyen en el rendimiento de la canal. En el trabajo ya mencionado de Pla *et al.* (1996), los autores observaron diferencias estadísticamente significativas en este parámetro en las dos líneas de conejos estudiadas y seleccionadas por velocidad de crecimiento y tamaño de la camada, observando un rendimiento menor en la línea con mayor velocidad de crecimiento (57,7% frente al 53,3%).

Por último, algunos autores también han estudiado el efecto de la inclusión en la dieta de ciertos nutrientes sobre el rendimiento de la canal. En este sentido, Rodríguez *et al.* (2017) no encontraron diferencias cuando se incorporó a la dieta de los conejos un suplemento rico en AGPI ω -3 a base de aceite de salmón (15,5 g/kg).

1.3.8. Despiece de la canal

En referencia al despiece de la canal de conejo, hoy en día no existe en la Unión Europea una normalización ni nomenclatura oficial de los distintos cortes que la conforman, aunque Blasco y Ouhayoun (1993) establecieron diversos cortes esenciales (Figura 5) con el objeto de comparar las medidas realizadas por distintos investigadores. Estos cortes están aceptados por la *World Rabbit Science Association* (WRSA).



1

2

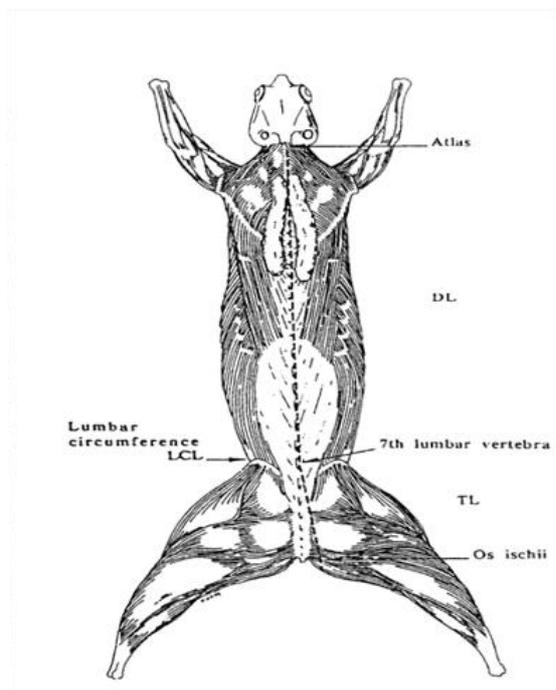


Figura 5. División de la canal, según la metodología de Blasco y Ouhayoun (1993). El punto de corte 1 es la sección entre la 7ª y la 8ª vértebra torácica, siguiendo la prolongación de la costilla para cortar la pared abdominal. El punto de corte 2 es la sección entre la última vértebra y primera lumbar, siguiendo la prolongación de la 12ª costilla para cortar la pared abdominal. El punto de corte 3 es la sección entre la 6ª y 7ª lumbar, cortando la pared abdominal perpendicularmente a la columna vertebral. El punto de corte 4 separa las extremidades delanteras, incluyendo sus inserciones y los músculos torácicos. El punto de corte 5 determina la separación de cada extremidad posterior, incluyendo el hueso coxal y parte del músculo iliopsoas.

Sobre esta base, y para facilitar los estudios comparativos con otros trabajos de investigación, Blasco y Ouhayoun (1993) y Pla *et al.* (1996) proponen dos tipos de división de la canal: la tecnológica y la anatómica. La tecnológica se basa en una división en cuatro partes utilizando los puntos de corte de la canal 1, 3 y 4 (Figura 5) e incluye cuatro despieces:

- extremidades delanteras
- caja torácica
- partes de la canal entre los puntos de corte 1 y 2 más la parte intermedia (entre puntos 2 y 3)
- parte trasera

Para la división anatómica se utilizan los puntos de corte 2 y 3 (Figura 5), resultando tres piezas:

- parte delantera (incluiría el peso de las extremidades anteriores, caja torácica y parte de la canal entre los puntos de corte 1 y 2)

- parte intermedia
- parte trasera

1.3.8.1. Peso de la parte delantera

Según el sistema propuesto por Blasco y Ouhayoun (1993), esta parte de la canal incluye la caja torácica hasta el punto de corte entre la última vértebra torácica y la primera lumbar (Figura 5, punto de corte 2) y las extremidades anteriores, excluyendo las porciones distales de estas, la cabeza, el corazón, los pulmones, el timo, la tráquea y el esófago. Dalle Zotte *et al.* (2015) señalan que este corte anatómico representa aproximadamente un 27% del peso de la canal de referencia, siendo un carácter en el que influye el grupo racial de procedencia del animal. Estos autores encontraron para el conjunto de animales en los que intervenía como raza paternal la Pannon Large un 27,5% frente al 27,1% en el conjunto de animales en los que intervenía como raza paternal el Gigante de Hungría.

La influencia del genotipo también ha sido estudiada por Zita *et al.* (2010), al comparar dos líneas de conejos híbridos HYLA e HYPLUS, sacrificados con 63 días, y bajo idénticas condiciones de manejo y alimentación. En la línea HYLA, estos autores obtuvieron un porcentaje de la parte delantera respecto a la canal de referencia de un 30,5%, mientras que en la HYPLUS este porcentaje fue significativamente menor. En los estudios citados de Pla *et al.* (1996), se determinó que la parte delantera de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento era significativamente más pesada que los seleccionados por tamaño de la camada, con unos valores absolutos de 230 y 224 g, respectivamente.

1.3.8.2. Peso de las extremidades delanteras

Esta medida comprende el peso de las dos extremidades delanteras, junto con sus inserciones en los músculos del tórax. Según los datos recogidos en la bibliografía, este parámetro puede oscilar entre el 15,9% y 17,8% respecto al peso de la canal de referencia, en conejos sacrificados aproximadamente a los 60 días. Así, en conejos de raza Neozelandesa, Rao *et al.*, (1978) encontraron un porcentaje de 17,1% en animales sacrificados a las 8 semanas. Pascual *et al.* (2005), encontraron diferencias significativas para este parámetro para un grupo de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento respecto a un grupo control, siendo los valores determinados de 17,8 y 17,1%, respectivamente.

Pla *et al.* (1996), encontraron un peso mayor en una línea de conejos seleccionada por velocidad de crecimiento (147 g) que en otra seleccionada por tamaño de camada (144 g).

En un trabajo posterior realizado por estos autores se encontraron unos pesos de las extremidades delanteras (respecto al peso de la canal de referencia en conejos sacrificados a las 9 semanas) comprendidos entre 139 y 151 g, con porcentajes entre el 15,9% y el 16,7%. Por su parte, Hernández *et al.* (2006) determinaron valores de alrededor de 157 g en líneas con distinta velocidad de crecimiento y tamaño de camada.

1.3.8.3. Peso de la parte intermedia

De acuerdo con Blasco y Ouhayoun (1993), esta parte anatómica es la comprendida entre la sección entre la última vértebra torácica y la primera lumbar (Figura 5, punto 2) y la sección entre la sexta y la séptima vértebra lumbar (Figura 5, punto 3). Este parámetro puede oscilar entre 17,1 y 29,9%. Pla *et al.* (1996) registraron valores de alrededor de 170 g en distintas líneas de conejos seleccionadas por velocidad de crecimiento y tamaño de camada, mientras que los valores más altos (del 29,9%) fueron encontrados por Pascual *et al.* (2005) en canales procedentes de una línea de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento

En otros trabajos este parámetro ha sido medido tomando una base anatómica diferente. Dalle Zotte *et al.* (2015) estudiaron este carácter en dos razas de conejos diferentes, una de ellas como raza paterna la Pannon Ka y otra como base paterna el Gigante de Hungría. A diferencia de los trabajos de Pla *et al.* (1996) anteriormente referenciados, el punto de corte rostral tenía su base anatómica la sección comprendida entre la 7ª y la 8ª vértebra torácica, es decir, el punto de corte 1 señalado en la Figura 5. Los valores hallados por Dalle Zotte *et al.* (2015) para este parámetro para los dos grupos raciales fueron de aproximadamente un 33,5%, sin que se observaran diferencias significativas. Hernández *et al.* (2006) encontraron valores de este parámetro de un 23,8% de promedio, en un estudio comparativo con tres líneas de conejos seleccionadas por tamaño de la camada o velocidad de crecimiento, encontrando diferencias significativas para este parámetro para los conejos seleccionados por velocidad de crecimiento.

1.3.8.4. Peso de la parte trasera

Esta parte de la canal del conejo es la principal con respecto a las otras partes descritas, ya que en ella se acumula el mayor porcentaje de piezas comestibles. Comprende el resto de la canal, desde el punto de corte 3 (Figura 5) (Blasco y Ouhayoun, 1993).

Como en otros parámetros, el factor racial influye en el peso de esta parte de la canal

Así, Dalle Zotte *et al.* (2015) encontraron mayores pesos relativos de la parte trasera respecto a la canal de referencia de conejos con línea paterna Pannon Large (36,9%) que en los de Gigante de Hungría (37,3%).

Por su parte, Pascual *et al.* (2005) demostraron que la selección de una línea de conejos por velocidad de crecimiento podía tener efecto sobre el porcentaje en peso de la parte trasera de la canal respecto al peso de la canal de referencia. Estos autores encontraron un valor inferior en este parámetro (37,3%) en conejos seleccionados por velocidad de crecimiento respecto a un grupo control (38,5%). Pla *et al.* (1996) observaron unos valores de 327-334 g en las líneas mencionadas en anteriores apartados, con porcentajes entre el 29,7% y el 30,8% de la canal.

1.3.8.5. Peso de la cabeza

Este parámetro no forma parte de la canal de referencia, aunque sí de las canales que se comercializan en España. Normalmente, los valores se expresan en porcentaje en peso de la cabeza respecto al peso de la canal en frío. También es un parámetro muy variable, y en el influyen múltiples factores, entre ellos la raza.

Bovera *et al.* (2004) encontraron unos valores del 11,3% en el conejo de Ischia. Estos porcentajes fueron superiores al 8,8% observado por Hernández *et al.* (2006) en conejos híbridos de base Californiano con Neozelandés, sacrificados a las 9 semanas de edad, con el mismo grado de maduración, y pertenecientes a tres líneas seleccionadas por tamaño de camada y velocidad de crecimiento, sin que se apreciaran diferencias significativas entre ellas. Pla *et al.* (1998) sí encontraron diferencias significativas en el peso en valor absoluto de la cabeza en las dos líneas de conejos descritas anteriormente, siendo estos pesos de 95-97 g, correspondiendo los menores valores a la línea seleccionada por velocidad de crecimiento. Expresados estos valores en porcentaje, se situaron próximos al 9%.

Paci *et al.* (2012), en un trabajo en el que comparaban una población local de crecimiento lento con híbridos comerciales, observaron que en los conejos autóctonos el porcentaje en peso de la cabeza respecto del de la canal en frío suponía un 9,5 %, mientras que en los híbridos este valor fue del 8,9%.

1.3.8.6. Peso del tubo digestivo

El peso del tubo digestivo se puede determinar de dos maneras, como peso completo o como peso del tubo digestivo vacío. El peso completo incluye esófago, estómago,

intestino, glándulas anexas, contenido gastrointestinal y sistema urogenital con la vejiga urinaria vacía (Blasco y Ouhayoun, 1993). En el conejo, el intestino alcanza un desarrollo considerable, dado que es en una parte de este -el ciego- donde se realiza una segunda fermentación de los alimentos ingeridos, gracias a los movimientos antiperistálticos del segmento proximal del colon y al fenómeno de la cecotrofia. Esto permite una mejora de la digestibilidad próxima al 30% (Jilge y Meyer, 1975).

Los valores que se han encontrado para el peso del tubo digestivo completo pueden oscilar entre 18,4 y 26,4%, pudiendo influir factores como la raza o la edad al sacrificio.

Los valores del peso del tubo digestivo difieren bastante entre los diversos autores. Así, Bovera *et al.* (2004) encontraron en el conejo de Ischia porcentajes en torno al 26,4% para el peso del tubo digestivo completo y del 11,7% para el valor en vacío. En los trabajos de Paci *et al.* (2012), antes referenciados, se encontraron unos valores del 18,5% (tubo digestivo completo) para los conejos autóctonos y del 22,3% para los híbridos comerciales.

En relación con la edad de sacrificio, Dalle Zotte *et al.* (1995) obtuvieron unos valores del 21,6% en conejos sacrificados a los 77 días y del 18,4% en los que se sacrificaron con 91 días.

1.3.8.7. Peso del hígado

El valor de este parámetro suele proporcionarse como porcentaje en peso respecto al peso de la canal en frío. Se han referenciado valores entre el 5,8 (Paci *et al.*, 2012) y el 8,1% (Pla *et al.*, 1998).

El efecto del genotipo es discutido. Mientras Paci *et al.* (2012) no encontraron diferencias significativas para este valor en los animales descritos en el apartado 1.2.12, Hernández *et al.* (2006) encontraron unos valores significativamente menores en conejos sacrificados a las 9 semanas en las líneas seleccionadas por tamaño de la camada que en las seleccionadas por velocidad de crecimiento. En el conejo de Ischia, Bovera *et al.* (2004) obtuvieron valores de un 6,4%. En los trabajos de Pla *et al.* (1998), el peso del hígado fue significativamente mayor en la línea seleccionada por velocidad de crecimiento que en la seleccionada por tamaño de camada (87 frente a 77 g), lo que, expresado en porcentaje, supone un 8,1 y un 6,8% respectivamente.

Este parámetro también está condicionado por el tipo de alimentación. Martínez *et al.* (2005) observaron que conejos alimentados con hoja de morera tenían un peso del hígado

significativamente mayor que los alimentados con una dieta a base de alfalfa (103,1 g frente a 78,7 g). Sin embargo, el porcentaje del peso del hígado respecto al peso de la canal en frío fue mayor en este segundo grupo (7,1% frente a 6,5%).

1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE DE CONEJO

El Código Alimentario Español (1967) define la carne como *la parte comestible de los músculos de los bóvidos, óvidos, suidos, caprinos, équidos y camélidos sanos, sacrificados en condiciones higiénicas. Por extensión, se aplica también a la de los animales de corral, caza de pelo y pluma y mamíferos marinos. La carne será limpia, sana, debidamente preparada e incluirá los músculos del esqueleto y los de la lengua, diafragma y esófago, con o sin grasa, porciones de hueso, piel, tendones aponeurosis, nervios y vasos sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de éste en el proceso de preparación de la carne. Presentará olor característico, y su color debe oscilar del blanco rosáceo al rojo oscuro, dependiendo de la especie animal raza, edad, alimentación, forma de sacrificio y periodo de tiempo transcurrido desde que aquél fue realizado.*

La calidad de la carne es un concepto complejo que depende de una serie de parámetros físicos, químicos e histológicos, que se pueden medir en la carne cruda o cocinada. Los parámetros físico-químicos incluyen principalmente el pH medido a las 24 h tras el sacrificio, la actividad de agua, la capacidad de retención de agua y el color, aunque éste también forma parte de las propiedades sensoriales del producto.

1.4.1. pH

En la carne se pueden considerar dos valores de pH: el inicial del músculo, justo después del sacrificio, y el pH final, que es el valor medido una vez que se ha estabilizado tras concluir el proceso de la glucólisis anaerobia durante los fenómenos post-mortem. Según Hulot y Ouhayoun (1999), los trabajos que han tratado con el pH inicial de la carne de conejo son difíciles de interpretar, puesto que el momento exacto para tomar dicha medida no es del todo preciso, teniendo en cuenta que la mayor caída del pH se produce en la primera hora después del sacrificio. El pH final viene determinado por el nivel de ácido láctico producido en el músculo durante la glucólisis anaerobia, y es un parámetro de gran importancia, ya que influye decisivamente en el proceso de maduración de la carne. Los procesos de proteólisis de la estructura miofibrilar se desencadenan por la actividad de las proteasas musculares, como las catepsinas y el factor activado por el calcio (CAF), que tiene

lugar a unos valores determinados de pH. A su vez, el pH influye en otras características físico-químicas de la carne, como la estructura proteica y la capacidad de retención de agua, así como en sus propiedades sensoriales, como la ternura, la jugosidad, el sabor y el color, además de en su vida útil (Hulot y Ouhayoun, 1999).

Los valores finales de pH varían dependiendo del tipo de músculo. Así, los músculos de los cuartos traseros de la canal de conejo presentan por lo general un pH final superior a los de los lomos, debido principalmente al tipo de fibras musculares (Blasco y Piles, 1990). En función del tipo de ruta metabólica preponderante que utilizan las fibras musculares para obtener energía (aerobia o anaerobia), se pueden diferenciar dos tipos de fibras:

- a) fibras rojas, ricas en mitocondrias y mioglobina, de bajo contenido de glucógeno, de contracción lenta, con predominio del metabolismo oxidativo y baja actividad ATPásica.
- b) fibras blancas, pobres en mitocondrias y ricas en glucógeno, de contracción rápida, en las que predomina el metabolismo glucolítico y alta actividad ATPásica.

En el momento del nacimiento todas las fibras musculares serían oxidativas, estableciéndose las diferencias en etapas posteriores, en función de las necesidades metabólicas, siendo estas variaciones reversibles. El ejercicio, por ejemplo, incrementa el número de mitocondrias en las fibras blancas, transformándose estas, de nuevo, en fibras rojas (Ouhayoun y Dalle Zotte, 1993).

Los músculos que predominan en el cuarto trasero del conejo, como son el *Soleus*, el *Semimembranosus propius* y el *Biceps femoris*, están constituidos fundamentalmente por fibras rojas, alcanzando en consecuencia un pH final más elevado. Sin embargo, los músculos que predominan en los lomos, como la parte media y posterior del *Longissimus dorsi* o el *Psoas major*, formados por fibras blancas, presentan un pH final más ácido (Hulot y Ouhayoun, 1999). En la bibliografía se indican valores en torno a 5,8 en el músculo *Biceps femoris* y de aproximadamente 5,7 en el *Longissimus dorsi* (Blasco y Piles, 1990; Dalle Zotte *et al.*, 2016).

En relación con las razas, se ha observado que la musculatura de la raza Gigante de Flandes contiene una mayor cantidad de fibras blancas que las razas Pequeño Ruso y Neozelandés, y también que el conejo silvestre (Bacou y Vigneron, 1976), lo que se traduciría también en diferentes valores de pH. Algunos estudios han apuntado que el pH

final de la carne del conejo silvestre es más elevado que el de la de los conejos domésticos que se utilizan para la producción de carne, lo que resultaría también en una mayor capacidad de retención de agua en los primeros (González Redondo *et al.*, 2010;). Este comportamiento se debe a la mayor disminución de las reservas energéticas y la menor producción de ácido láctico debido al esfuerzo físico y el estrés que se producen durante la caza.

1.4.2. Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) de un alimento es un concepto que fue introducido de forma independiente por Scott (1957) y Salwin (1959) (Labuza, 1980). Se puede definir como la relación entre la presión de vapor de un alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. Es un parámetro que está íntimamente ligado a la humedad del alimento e influye, en consecuencia, en su capacidad de conservación, de manera que al disminuir el contenido en agua, cualquier alimento es más estable al deterioro químico o microbiano (Labuza, 1980). Las carnes frescas presentan valores de a_w muy altos debido a su elevado contenido de humedad. En la carne de conejo, este parámetro puede estar comprendido entre 0,980 y 0,999 (Cossu y Capra, 2014).

1.4.3. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) es otro parámetro físico-químico que influye mucho en la calidad de la carne, ya que se relaciona con la textura y el color de la carne cruda y la jugosidad y firmeza de la carne cocinada. Una baja CRA puede producir elevadas pérdidas por escurrido en la canal o sus piezas y por exudación durante el cocinado.

El agua en el músculo está presente en dos formas distintas: como agua ligada fuertemente a las proteínas y como agua libre, inmovilizada en los tejidos. Las variaciones en la CRA afectan al agua libre (Hamm, 1986).

En la carne de conejo se han descrito valores de CRA (expresada como porcentaje de agua liberada) comprendidos entre el 18,9 y el 35,5%, dependiendo del músculo, la raza y la selección (Conesa *et al.*, 1990; González Redondo *et al.*, 2010; Ramírez *et al.*, 2004).

La CRA está muy relacionada con el pH. En este sentido, la caída del pH que acontece durante el proceso de *rigor mortis*, disminuye este parámetro, debido fundamentalmente a la retracción de la red miofibrilar, a la fijación de iones Ca^{++} y Mg^{++} en los polos negativos de las proteínas y a la desnaturalización de las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas (Hulot y Ouhayoun, 1999).

Algunos factores genéticos pueden afectar a los fenómenos *post-mortem* y, por lo tanto, a la CRA. En determinadas razas de cerdos portadores del gen del halotano, se produce una caída brusca del pH *post-mortem* mientras el músculo está caliente, debido a una alteración en los canales de liberación del calcio en el retículo sarcoplásmico, lo que conduce a una rápida desnaturalización de las proteínas y liberación del agua ligada, produciendo carnes PSE (pálidas, blandas y exudativas) (Fujii *et al.*, 1991). A diferencia del porcino, en la carne de conejo no se han observado problemas de caídas bruscas del pH durante el oreo, no detectándose problemas de músculo pálido (Hernández y Gondret, 2006).

Otros factores que influyen en la CRA son el tipo de fibras musculares, ya que este parámetro puede diferir en función de que estas sean rojas o blancas, atendiendo a los niveles de fosforilasa, aldolasa, lactato deshidrogenasa, creatin-quinasa y glucógeno (Aquaron y Serratrice, 1972), en lo que también influye el genotipo (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005). En este sentido se estudiado en la raza porcina Hampshire el efecto que produce una mutación en el gen PRKAG3, que codifica una protein-quinasa activada por el AMP, que incrementa hasta un 70% los niveles de glucógeno muscular, lo que conlleva una caída del pH más acusada y una peor CRA (Milan *et al.*, 2000).

1.4.4. Color

El color de la carne depende en primera instancia de la concentración de mioglobina, del grado de oxidación del átomo de hierro en el grupo hemo y de la posible desnaturalización de la globina (Hulot y Ouhayoun, 1999). En presencia de bajas concentraciones de oxígeno, la mioglobina se oxida a metamioglobina, de un color parduzco, mientras que si la molécula está cargada de oxígeno (oximioglobina), adquiere un tono rojo brillante. Por otra parte, en el color también influyen otros factores relacionados con la reflexión de la luz y así, un valor bajo de pH determina un incremento de la luminosidad de la superficie de la carne, debido a que la retracción de la estructura miofibrilar produce una mayor reflexión de la luz. En carnes procedentes de animales fatigados o estresados, la disminución del pH no es tan acusada y la luminosidad de la carne se ve reducida (Hulot y Ouhayoun, 1999).

El color se puede determinar mediante análisis sensorial o por medio de técnicas instrumentales. Para la determinación instrumental se utiliza habitualmente el método basado en el espacio CIELab (Comission Internationale de L'Eclairage, 1978). En este modelo, todos los colores con una misma luminosidad (L^*) se encuentran en el mismo plano circular a través del cual cruzan los ejes a^* , que con valor positivo se acercan a los tonos

rojos y con signo negativo a los verdes, y b^* , que con signo positivo se acercan a los tonos amarillos y con signo negativo a los azules.

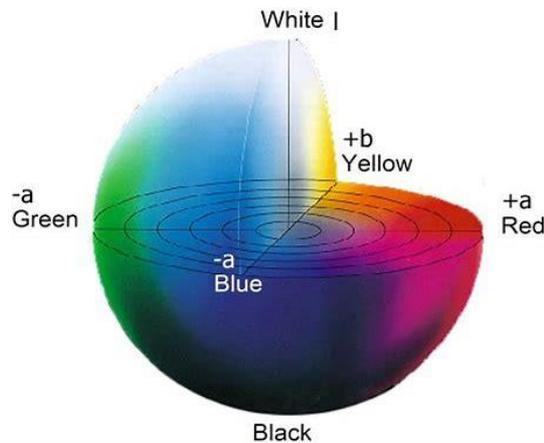


Figura 6. El modelo de color CIELab.

La carne de conejo se caracteriza por su elevada L^* , debido a su alta capacidad para reflejar la luz, y tiene un bajo índice a^* , debido a su bajo contenido de mioglobina (Mínguez *et al.*, 2017). En la bibliografía se señalan valores comprendidos en torno a 51,5-63,5 para L^* , -2,7-5 para a^* y 1,5-10,5 para b^* , dependiendo de la raza y la zona de medida (Bovera *et al.*, 2004; Pla *et al.*, 1996; Mínguez *et al.*, 2017). Otros factores relacionados con este parámetro son el pH y la CRA. La luminosidad de la fibra muscular aumenta a medida que aumenta la acidificación de la misma durante el *rigor mortis*, debido a la retracción de la estructura miofibrilar y en consecuencia, se produce una reducción de la CRA a medida que el pH se aproxima al punto isoelectrico (Hulot y Ouhayoun, 1999).

1.5. COMPOSICIÓN DE LA CARNE DE CONEJO

Además de los parámetros físico-químicos y sensoriales, otro factor de calidad de la carne es su composición, sobre todo en relación con el contenido de proteínas y la cantidad y composición de la fracción lipídica, que inciden directamente en sus propiedades saludables y juegan un papel relevante en la elección del consumidor, pudiendo hacerle decantarse, en este caso, por la carne de conejo frente a otros tipos de carne.

Comparada con la de otras especies animales, la carne de conejo es más rica en proteínas, y en ciertas vitaminas (B_3 , B_6 y B_{12}) y algunos minerales (fósforo, selenio, potasio

y cobalto), mientras que, por el contrario, es más pobre en grasas (Dalle Zotte y Szendrő 2011; Lebas, 1996), así como en sodio, hierro y zinc (Hernández y Gondret, 2006). Lombardi-Boccia *et al.* (2005) indican que la carne de conejo es la que posee menor contenido de zinc (0,55 mg/100 g). En relación con otras especies, la fracción grasa del conejo se caracteriza por su menor contenido de ácido esteárico y oleico, y por una alta proporción de ácidos grasos esenciales poliinsaturados (linoleico y linolénico). Debido a todas estas características composicionales, algunos autores destacan la aptitud de la carne de conejo como “alimento funcional”, señalando que podría ser adecuada como parte de la dieta de las personas con tendencia a la hipertensión, enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes (Dalle Zotte y Szendrő, 2011), e incluso para la alimentación infantil o para deportistas de alto rendimiento (Casillas-Peñuelas, 2015). La composición característica de la carne de conejo la convierte en un alimento con un valor energético reducido (del orden de 618 kJ/100 g) si se compara con las carnes de vacuno y porcino, que tienen un promedio de 665 kJ/100 g y 639 kJ/100 g respectivamente (Salvini *et al.*, 1998).

En la composición de la carne de conejo influyen diversos factores, entre ellos la alimentación, la línea genética, las condiciones ambientales, el sistema de cría y la edad. Hernández *et al.* (1999) demostraron que la carne de un grupo de conejos alimentados con una dieta con un 11,7% de extracto etéreo era más rica en ácido oleico que la de otro grupo alimentado con una dieta con menor contenido en extracto etéreo. Rao *et al.* (1978) investigaron la correlación entre de la edad del sacrificio y la composición, comprobando que el contenido de agua decrecía y el de lípidos totales aumentaba en lo animales sacrificados con mayor edad, mientras que el contenido de proteína no se veía significativamente afectado, oscilando los valores entre un 18,6 y un 19,4% entre los conejos sacrificados a las 8, 12 y 16 semanas. Sin embargo, estos autores sí observaron diferencias significativas en el contenido en lípidos (con valores comprendidos entre el 7,9 y el 10,9%), así como en el contenido en agua.

1.5.1. Contenido de agua

En la carne de conejo se ha descrito un contenido de agua entre el 68,5 y el 76% (Cobos *et al.*, 1995; Kouba *et al.*, 2008; Ortiz y Rubio, 2001; Rao *et al.*, 1978). Entre los factores que pueden influir en el mismo se encuentran la raza, la edad, la parte de la canal estudiada y la dieta (Hernández y Gondret, 2006). Ortiz y Rubio (2001), atribuyeron al factor racial diferencias significativas para el contenido de agua en músculo Longissimus dorsi en varias

razas de conejos (desde valores aproximados de 71,5% en la raza Rex hasta un 75,5% en la raza Californiana). Por lo que se refiere a la edad de sacrificio, Rao *et al.* (1978) observaron diferencias significativas en el contenido de agua de la carne de conejos sacrificados a las 8, 12 y 16 semanas, con cifras comprendidas entre el 68,5 y el 72%. En cuanto a la dieta, en algunos estudios con dietas que disminuyeron el contenido de grasa de la carne, como la utilización de pulpa de remolacha en sustitución total o parcial del uso de cebada, se ha observado un correspondiente descenso del extracto seco en la carne (Cobos *et al.*, 1995).

1.5.2. Proteínas de la carne de conejo

Como se ha mencionado, la carne de conejo es rica en proteínas, con valores medios en torno a los 21-22 g/100 g (Dalle Zotte, 2014; Lebas, 1996), aunque en la bibliografía se encuentran valores comprendidos entre el 18 y el 22%, dependiendo de la edad, la raza y de la parte anatómica que se considere.

El contenido de proteína tiende a incrementarse con la edad del animal. En este sentido, se han encontrado valores entre el 18 y el 21% en conejos de 30 y 181 días de edad, respectivamente (Ouhayoun, 1974).

Por su parte, Tůmová *et al.* (2014), en un estudio en ocho grupos raciales de conejos (siete razas puras autóctonas checas y el híbrido HYPLUS) sacrificados a los 90 días, observaron que las razas más grandes como la raza gigante Moravian Blue presentaban un contenido de proteína en torno a un 1,5% menor que las razas más pequeñas, como la Czech Black Guard Hair, lo que atribuyeron al diferente grado de madurez en el momento del sacrificio.

Por lo que se refiere a las diferencias anatómicas, se suelen encontrar valores ligeramente más altos en el lomo que en el muslo. (Dalle Zotte *et al.*, 2015; Frunza *et al.*, 2019; Hernández y Gondret, 2006).

Las principales proteínas de la carne de conejo son las que forman parte de los paquetes musculares de músculo estriado o esquelético y del tejido conectivo que los envuelve (fascias o aponeurosis) y que forma también los tendones, ligamentos, huesos y cartílagos, así como el músculo liso (presente en el tracto digestivo y en las paredes vasculares) y el músculo cardíaco. Estas proteínas son mayoritariamente miosina, actina, mioglobina, colágeno, elastina y reticulina. La miosina es la proteína más abundante en el músculo esquelético, constituyendo el 30% del total de la proteína de las fibras musculares (Craig y

Offer, 1976; Ramírez, 2004). Por lo que se refiere al colágeno, Combes *et al.* (2004) señalan unos valores totales en la carne de conejos de 70 días de aproximadamente 16 mg/g de músculo en peso seco. El porcentaje de colágeno soluble respecto del colágeno total es mucho mayor en la carne cruda de conejo (75,3%) que el 19% encontrado en carne de vacuno (Bosselmann *et al.*, 1995) y el 17% encontrado en carne de porcino (Lebret *et al.*, 1998). Esto podría explicar la mayor ternura de la carne del conejo respecto a otros tipos de carne, a lo que se suma su bajo contenido de elastina (Hernández y Gondret, 2006). Dalle Zotte y Szendrő (2011) y Bodwell y Anderson (1986) destacan la alta digestibilidad y valor biológico de las proteínas de la carne de conejo, que contiene una elevada cantidad de aminoácidos esenciales.

1.5.3. Fracción lipídica de la carne de conejo

1.5.3.1. Contenido lipídico total

Al igual que en el resto de los mamíferos, el tejido graso se presenta en diversas localizaciones, como grasa subcutánea, intermuscular, de depósito (alrededor de riñones y corazón) e intramuscular. Desde el punto de vista sensorial, el contenido de grasa de la carne influye de forma notable en su jugosidad y aroma, y posee un efecto estimulante sobre la secreción de saliva (Hernández, 1997). Por otra parte, el contenido lipídico tiene una gran relevancia desde el punto de vista nutricional.

La mayor parte del tejido adiposo del conejo está compuesto por lípidos saponificables, en los que predominan los triacilglicérols o triglicéridos, monoglicéridos y diglicéridos, y en menor medida, fosfolípidos y esfingofosfolípidos y colesterol. El contenido de triglicéridos de la fracción lipídica es menor en el conejo que en otras especies, como el vacuno, porcino, pollo, cordero y pavo, aunque su contenido es muy variable (Cambero *et al.*, 1991). Por el contrario, la fracción fosfolipídica es relativamente constante en el músculo esquelético, con cantidades que oscilan entre 0,5 y 1 g/100 g de tejido, en función del tipo metabólico de este (Alasnier *et al.*, 1996; Hernández y Gondret; 2006). Por lo que se refiere a los lípidos insaponificables, la carne de conejo es pobre en colesterol, en comparación con las carnes rojas y el pollo (Lukefahr *et al.*, 1989). Los niveles medios de colesterol de la carne de conejo se sitúan en torno a 53 mg/100 g de carne fresca (Dalle Zotte, 2002)

El contenido graso de la carne de conejo es bastante variable. Estas variaciones dependen de la parte de la canal estudiada y de diversos factores ligados a la producción,

como la dieta, las condiciones ambientales, las técnicas de cría o la selección genética (Dalle Zotte, 2002). Los niveles medios de lípidos totales en la canal de conejo se sitúan en el 7-8%, con un intervalo comprendido entre el 1,8 y el 14,4% (Dalle Zotte, 2002; Dalle Zotte, 2014; Hernández y Gondret, 2006). Los valores medios se pueden considerar bajos, en relación con las carnes rojas de vacuno (9%) y la carne de cerdo (8,7%), similares a la carne de pollo (6,6%) y superiores a la carne de ternera (4%) (Salvini *et al.*, 1998).

La parte más grasa del conejo es la porción delantera, con valores comprendidos entre un 8 y un 14%, mientras que los cuartos traseros y el lomo presentan un contenido lipídico menor (Hernández y Dalle Zotte, 2010). El lomo es la parte más magra de la canal, con un contenido lipídico medio de 1,8 g/100 g (Dalle Zotte, 2014). Pla *et al.* (1998) determinaron el contenido de grasa del músculo *Longissimus dorsi* en canales de conejos híbridos comerciales sacrificados con diferentes pesos y obtuvieron porcentajes de grasa que no superaban el 1%, aunque estos valores son excepcionalmente bajos. Por lo que se refiere al muslo, se citan valores medios del 3,4% de grasa (Dalle Zotte, 2014).

Por lo que se refiere a la dieta, Fernández y Fraga (1996) señalan que existe una relación directa entre la adición de grasa en la misma y el estímulo en el depósito lipídico en la canal. En este mismo sentido, Dalle Zotte *et al.* (1997) observaron un incremento en el engrasamiento de las canales de conejo en el período post-destete (hasta los 45-55 días de edad) como consecuencia de la implementación de una dieta con grasa añadida. Sin embargo, Hernández *et al.* (2000) estudiaron el contenido de grasa intramuscular en la extremidad posterior de tres lotes de conejos alimentados con tres dietas distintas: un pienso convencional, otro a base de grasa vegetal y otro a base de grasa animal, con un 2,6, 9,9 y 11,7% respectivamente de extracto etéreo, y no encontraron grandes diferencias ya que los resultados oscilaron en torno al 4% en los tres casos.

La edad de sacrificio también afecta al contenido graso total de la canal. Así, Rao *et al.* (2014) observaron un aumento desde el 7,9% al 10,9% en conejos destetados a las cuatro semanas cuando la edad de sacrificio pasa de las ocho a las dieciséis semanas.

El genotipo parece tener una incidencia significativa en el depósito graso perirrenal de la canal, como lo demostraron Paci *et al.* (2012) comparando dos grupos de conejos, unos pertenecientes a una raza local de color gris de ámbito local y de crecimiento lento, y otros híbridos comerciales, ambos con idénticas condiciones de manejo y alimentación. En el primer grupo, el porcentaje de grasa perirrenal fue de aproximadamente un 2%, mientras que

en el segundo grupo fue del 1,1%.

1.5.3.2. Perfil de ácidos grasos

Una de las características que definen la calidad nutricional de la carne de conejo es su perfil de ácidos grasos, ya que la composición cualitativa de la fracción lipídica está relacionada con el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, entre otras patologías (Forouhi *et al.*, 2018). Los ácidos grasos saturados (AGS) están asociados con un aumento de los niveles plasmáticos de colesterol total y con un desequilibrio en los niveles de las lipoproteínas de alta densidad (HDL), que son las que transportan el colesterol al hígado, y las lipoproteínas de baja densidad (LDL), que son las que presentan efectos aterogénicos y trombogénicos. No obstante, se ha observado que no todos los AGS tienen los mismos efectos y así, los ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) incrementan en distinta medida las proporciones de LDL y HDL, mientras que se ha descrito que el ácido esteárico (C18:0) tiene un escaso efecto en estas dos fracciones (Hunter *et al.*, 2010; Mensink, 2016). Este diferente comportamiento se debe a las distintas rutas metabólicas de cada ácido graso en el organismo (Sampath y Ntambi, 2005). Entre todos los AGS, se ha descrito que el C14:0 es el que presenta un mayor potencial aterogénico y trombogénico, pero también hay que tener en cuenta la proporción en la que se encuentran o se ingieren estos ácidos grasos (Nettleton *et al.*, 2017). El C16:0 es el mayoritario en la carne, seguido del C18:0, mientras que la concentración de C14:0 es baja en comparación con otros alimentos de origen animal, como la leche de vaca (Månsson, 2008; Wood *et al.*, 2008).

Por su parte, los ácidos grasos insaturados (AGI), especialmente los poliinsaturados (AGPI), se asocian con una reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, mediante la reducción del colesterol total y, en consecuencia, la mejora de la relación colesterol total:HDL (Temple, 2018). En este sentido destaca el papel del ácido linoleico (C18:2 *n*-6) y los ácidos grasos *n*-3 (también conocidos como *w*-3 u omega-3), en especial los de cadena más larga (EPA y DHA) (Salter, 2013; Warensjö *et al.*, 2008). No obstante, recientemente se ha asociado un consumo elevado de ácido linoleico con una disminución de HDL y de la producción de AGPI de cadena larga en el organismo a partir del ácido α -linolénico (C18:3 *n*-3), al competir por las mismas enzimas en las rutas metabólicas (Greupner *et al.*, 2018; Khosla *et al.*, 2018). Los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), como el oleico (C18:1) también parecen tener algunos efectos favorables en la salud cardiovascular, si bien las observaciones que se recogen en la literatura científica no son del

todo concluyentes a este respecto. Como mecanismos cardioprotectores de los AGMI se han descrito la reducción de los niveles de triglicéridos, una mayor captación hepática del colesterol circulante y el aumento de HDL en sangre (Kris-Etherton *et al.*, 2001; Schwingshackl y Hoffmann, 2012).

Teniendo en cuenta todos los efectos antes mencionados, se han propuesto distintos indicadores de la calidad nutricional de la fracción lipídica de los alimentos, basados en el perfil de ácidos grasos, como el cociente o relación entre el contenido de AGPI y AGS (PUFA:SFA, por sus siglas en inglés), la relación entre el contenido de AGPI *n:6:n3*, el cociente h:H, que refleja la relación entre los ácidos grasos con efecto hipocolesterolémico e hipercolesterolémico (Fernández *et al.*, 2007; Santos-Silva *et al.*, 2002; Simopoulos, 2016; Wood *et al.*, 2008) y los índices aterogénico y trombogénico (Ulbricht y Southgate, 1991).

Por otra parte, desde el punto de vista tecnológico, la composición de ácidos grasos influye en las propiedades sensoriales de la carne y en su estabilidad y vida útil. Por lo que se refiere al primero de estos aspectos, se ha asociado el ácido oleico con una mayor palatabilidad de la carne, al proporcionar una mayor fluidez en la sensación en boca, mientras que el contenido de ácido palmítico y ácidos esteárico se relaciona con una mayor firmeza (Smith, 2016). En relación con la estabilidad, los fenómenos oxidativos que afectan a los ácidos grasos insaturados son responsables de la formación de sustancias volátiles que pueden impartir un sabor y aroma característico a las carnes maduradas, pero que en última instancia producen la alteración debida a la aparición de olores y sabores anómalos y decoloraciones durante el almacenamiento, entre otros efectos negativos (Monahan, 2000; Nuchi *et al.*, 2017). Este es un factor a tener en cuenta cuando se modifica la dieta de los animales para aumentar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados de la carne y mejorar su calidad nutricional, por ejemplo, mediante la incorporación de aceites de pescado o con vegetales ricos AGPI *n-3* (Navarrete *et al.*, 2007; Facciolongo *et al.*, 2018).

Además de la alimentación (cuyos efectos son más relevantes en los animales monogástricos como el conejo), otros factores que influyen en el perfil de ácidos grasos de la carne son la localización de la pieza y la especie, la raza o la selección genética. En este sentido, las razas o los genotipos con una menor concentración de lípidos totales en el músculo presentan una mayor concentración de AGPI, debido a que la proporción de fosfolípidos sobre el contenido de grasa total es mayor en los animales más magros que en los más grasos (Wood *et al.*, 2008).

En la Tabla 1 se muestra el perfil medio de ácidos grasos de la carne de conejo en comparación con otras carnes (Dalle Zotte, 2002). Como se puede observar, la carne de conejo se caracteriza por un contenido relativamente alto de AGPI, destacando en particular una mayor concentración de ácido linoleico (C18:2 *n*-6) y ácido linolénico (C18:3 *n*-3) que la que presentan las carnes de cerdo y de rumiantes. Estos dos ácidos grasos son esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo y deben ser consumidos directamente como parte de la dieta. El ácido linoleico es precursor de los ácidos grasos de la familia *n*-6 y el α -linolénico de la familia *n*-3, principalmente el eicosapentaenoico (EPA, C20:5 *n*-3) y el docosahexaenoico (DHA, C22:6 *n*-3), que desempeñan un papel fundamental en el control de las enfermedades cardiovasculares y en el desarrollo del tejido nervioso y de la retina, respectivamente (Alessandri *et al.*, 1998; Conquer y Holub, 1998). El ácido α -linolénico es el más abundante en la alfalfa, una materia prima que se utiliza de forma habitual en la dieta de los conejos. Por esta razón, la concentración de este ácido graso es mayor en la carne de conejo que en la de otras especies animales, lo que también contribuye a que su contenido de ácidos grasos ω -3 sea mayor (Dalle Zotte y Szendrő, 2011).

Tabla 1. Composición de ácidos grasos (% sobre el total) en la grasa infiltrada de la carne de distintas especies.

	CERDO	VACUNO	POLLO	CONEJO
C12:0	0,32	-	-	0,24
C14:0	1,22	2,52	0,62	3,14
C16:0	23,7	23,3	23,2	27,3
C18:0	11,7	13,7	8,2	7,9
C20:0	-	-	-	0,10
C22:0	-	-	-	0,004
Total AGS	37,0	39,5	32	38,6
C14:1n-6	-	-	-	0,45
C16:1n-7	3,14	4,20	5,62	6,67
C18:1n-9	41,3	38,2	35,4	25,4
C18:1n-7	-	-	-	-
C20:1n-9	-	-	-	0,31
Total AGMI	44,4	42,4	41,0	32,8
C18:2n-6	14,3	6,3	20,1	20,7
C18:3n-3	0,55	0,91	0,49	3,14
C20:4n-6	3,63	2,36	3,64	0,032
C20:5n-3	-	-	0,17	0,01
C22:5n-3	-	-	-	-
C22:6n-3	-	-	0,66	0,008
Total AGPI	18,5	9,5	25,1	23,9

Fuente: Dalle Zotte (2002)

Junto con el C18:2, los ácidos grasos más abundantes en la fracción lipídica de la carne de conejo son el C16:0 y el C18:1, encontrándose todos ellos en porcentajes superiores al 20% respecto al resto de ácidos grasos (Dalle Zotte, 2002; Mínguez *et al.*, 2017). No obstante, en comparación con otras carnes, el contenido de ácido oleico en la carne de conejo es significativamente inferior. Asimismo, la carne de conejo presenta un menor contenido de ácido esteárico que la carne de cerdo y de vacuno.

En la carne de conejo también es característica la presencia de pequeñas concentraciones de ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono y de ácidos grasos ramificados que no se encuentran presentes en otras carnes. Estos ácidos grasos proceden fundamentalmente de la actividad metabólica de los microorganismos en el tracto digestivo y también se asocian a la ingestión de cecotrofos (Leiber *et al.*, 2008; Papadomichelakis *et al.*, 2010a).

Por lo que se refiere a los índices de calidad nutricional de la fracción lipídica, en la carne de conejo se encuentran frecuentemente valores del cociente AGPI/AGS comprendidos entre 0,6 y 1 (Cavani *et al.*, 2004; Dalle Zotte, 2002; Hernández *et al.*, 2008;

Rodríguez *et al.*, 2017), superiores a los que presentan por ejemplo la carne de vacuno o cordero (Wood *et al.*, 2008). Los valores recomendados son de 0,4 o superiores (Wood *et al.*, 2004). En cuanto a la relación $n-6:n-3$, en la carne de conejo se han encontrado cifras comprendidas entre 6 y 14 (Dalle Zotte, 2002; Hernández *et al.*, 2008). Los valores que se citan en la bibliografía como recomendados son de 1-2:1, con un máximo de 6:1 (Mínguez *et al.*, 2017; Simopoulos, 2016; Wijendran y Hayes, 2004), si bien la mayoría de las carnes suelen superar estas cifras.

En relación con los factores que pueden influir en el perfil de ácidos grasos, parece que el factor racial podría tener menos influencia en el mismo que la selección genética (Dalle Zotte *et al.*, 2015; Rasinska *et al.*, 2017). Por lo que se refiere a la selección genética, distintos estudios han observado un mayor contenido de C14:0, C16:0 y C16:1 en líneas de conejos seleccionadas por su velocidad de crecimiento (Hernández *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2005).

En el conejo, a semejanza del resto de animales monogástricos, la composición de ácidos grasos está fuertemente influida por la dieta (Dalle Zotte y Szendrö, 2011). Por ejemplo, se ha observado que en la raza de conejos Popielno Blanca, autóctona de Polonia, una dieta a base hierba verde suplementada con cereales (avena y triticale) proporciona una concentración notablemente inferior de ácidos mirístico y palmítico en la carne que una dieta basada en hortalizas (zanahorias, remolacha, patatas hervidas) suplementadas con heno y cereal (Rasinska *et al.*, 2017). La inclusión de alfalfa fresca en la dieta disminuye notablemente el contenido en la carne de los ácidos mirístico, oleico y linoleico, mientras que aumenta el contenido de ácido esteárico y AGPI como los ácidos α -linolénico, EPA y DHA (Dal Bosco *et al.*, 2014). La proporción de AGPI también se incrementa considerablemente mediante la inclusión de aceites de pescado en la dieta, en detrimento de los AGMI (Rodríguez *et al.*, 2007). Igualmente, las dietas enriquecidas en semillas de lino aumentan la concentración de ácido α -linolénico (Kouba *et al.*, 2008). Como se ha mencionado, el aumento del contenido de ácidos grasos insaturados acelera el deterioro oxidativo de la carne y disminuye su vida útil, teniendo en cuenta, además, que la carne de conejo presenta intrínsecamente un contenido importante de AGPI (Dalle Zotte, 2002). No obstante, este efecto depende también de la fuente de ácidos grasos insaturados que se incluya en la dieta y de si ésta presenta también un contenido significativo de antioxidantes naturales, como es el caso de distintos compuestos fenólicos que se encuentran en los

vegetales (Papadomichelakis *et al.*, 2017). Esta circunstancia también puede dar lugar a variaciones estacionales en la composición de ácidos grasos de la carne. Otro factor relacionado con la cría y la alimentación que puede influir en la composición de ácidos grasos de la carne es el ejercicio físico (Cavani *et al.*, 2004; Peiretti, 2012).

1.5.4. Hidratos de carbono

Como sucede con otras carnes, la de conejo es pobre en carbohidratos. La función principal de los hidratos de carbono musculares es el abastecimiento energético siendo su contenido en el músculo de mamíferos de aproximadamente un 2%. El componente principal de los carbohidratos musculares es el glucógeno, encontrándose en cantidades de 4,4 μ moles por gramo de tejido, aunque su cantidad desciende rápidamente tras los procesos glucolíticos que acontecen tras el sacrificio (Hulot y Ouhayoun, 1999).

1.5.5. Minerales

La carne en general es una fuente importante de macrominerales y elementos traza, contribuyendo de manera significativa a la ingesta de estos nutrientes en la dieta. En la bibliografía se cita un contenido de minerales en distintas razas de conejo en torno a 1,2-1,3 g/100 g sobre peso fresco (Dalle Zotte *et al.*, 2011; Bovera *et al.*, 2004; Hermida *et al.*, 2006) y alrededor de un 3,5% sobre extracto seco (Lukefahr *et al.*, 1982). El contenido de cenizas es bastante estable en comparación con otros componentes de la carne.

1.6. ESTUDIO DEL PEDIGRÍ

Uno de los aspectos más importantes que se ha tenido en cuenta a la hora de abordar este trabajo es el mantenimiento de la diversidad genética en una raza con un censo reducido. Se puede afirmar que en una población donde no exista un adecuado programa de manejo, y además se añada el factor de un número reducido de animales reproductores, se producirá de forma irremediable una pérdida de variabilidad genética generación tras generación. Los niveles de variabilidad genética están condicionados por la capacidad de adaptación de la población, así como la de la raza para dar respuesta a la selección. La respuesta a la selección artificial para un carácter determinado es directamente proporcional a la dimensión de la variación genética de ese carácter. Asimismo, la respuesta a la selección natural es consecuencia de la variabilidad genética (Fisher, 1958).

Cuando se trata de conservar razas de censo reducido, como es el caso de las razas locales autóctonas, conviene afrontarlo en dos etapas sucesivas (Mäki-Tanila *et al.*, 2010). En primer lugar, es necesario realizar una valoración de la situación actual de la población, lo que nos permitirá conocer el grado de peligro para dicha raza, a la vez que podrá proporcionar información útil sobre la historia de la población. A continuación, se deberá decidir una estrategia de manejo para mantener dicha población en un estado saludable.

Tradicionalmente, para el estudio de la estructura genética de una población se ha recurrido a la utilización de la información genealógica, aunque otra forma alternativa de abordarlo es el uso de la información molecular, sobre todo, en aquellos casos donde se carece total o parcialmente de la información genealógica. En el caso de la raza Xalda, una raza ovina autóctona española en peligro de extinción, Álvarez *et al.* (2008) observaron que la utilización de marcadores del tipo microsatélites podría servir como herramienta adicional para el manejo de una población donde el pedigrí es incompleto o desconocido. Fernández *et al.* (2005) llegaron a las mismas conclusiones en cuanto a la utilización de microsatélites para programas de conservación.

Si los datos genealógicos están disponibles, la variabilidad genética de la población puede ser medida por medio de algunos parámetros basados en el cálculo de probabilidades, de los que se pueden citar varios. Uno de los más importantes es la probabilidad de identidad por la descendencia, definida como la probabilidad de que dos alelos sean copias de un alelo simple de un antecesor (Malécot, 1948), al que se denomina coeficiente de consanguinidad (F). Otro parámetro importante es el coeficiente de coascendencia, que se calcula como la probabilidad de que dos alelos elegidos al azar de dos individuos sean copias de un alelo de un antecesor común; la coascendencia entre dos individuos es la consanguinidad de un hipotético descendiente. Puesto que la consanguinidad está influida por el conocimiento del pedigrí y la pérdida de diversidad genética se suele computar por generación, el tamaño efectivo de la población (N_e), calculado como el inverso del doble del incremento de la consanguinidad (Falconer y Mackay, 1996), es uno de los parámetros más importantes, teniendo en cuenta su utilidad como medida a largo plazo de la tendencia de una población, en referencia tanto a su diversidad como a la consanguinidad y, de esta manera, poder conocer el posible estado de riesgo de las distintas razas ganaderas (FAO, 1998; Duchev *et al.*, 2006).

En estudios recientes, Villanueva *et al.* (2010) han propuesto usar como indicador el promedio del tamaño efectivo de la población a través de poblaciones para calcular la variabilidad genética en una raza ganadera. Sin embargo, las estimaciones del tamaño efectivo de la población (N_e) varían según la metodología que se emplee para su cálculo, limitando de este modo su utilización para determinar el estado de riesgo de una población o para medir la precisión de la selección genómica. Por este motivo, la determinación de la fiabilidad de las estimaciones de N_e es un reto muy importante.

Los métodos clásicos para estudiar N_e no suelen funcionar en poblaciones reales. Si se puede disponer de los datos genealógicos y es posible mantener a largo plazo una estrategia de apareamientos, se puede obtener el tamaño efectivo de la población utilizando el incremento de la consanguinidad entre dos generaciones (Falconer y Mackay, 1996), pero la fiabilidad de los resultados depende de la profundidad del pedigrí. Con el uso de otras metodologías basadas en el tamaño de la varianza familiar se sobreestiman los valores de N_e (Cervantes *et al.*, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2008). Mediante el uso del incremento individual de la consanguinidad, se precisa al menos de dos generaciones para obtener resultados fiables (Gutiérrez *et al.*, 2009). Este método reflejaría de forma precisa la historia genética de las poblaciones, principalmente el tamaño de la población fundadora, la estrategia de apareamientos o cuellos de botella debido al uso preferencial de determinados reproductores para el período durante el que las genealogías son conocidas. Se evita también de este modo la obtención de posibles valores negativos de N_e , que carecerían de sentido, cuando se aplican métodos basados en la regresión en una población en la que se pueda dar el caso de una disminución de la consanguinidad.

Por otro lado, Leroy *et al.* (2013), en concordancia con Cervantes *et al.* (2011), sugirieron que, considerando la precisión de la estimación de N_e , los métodos basados en la coascendencia podrían ser los de elección en detrimento de aquellos basados en el incremento de la consanguinidad en el caso de poblaciones subestructuradas. Sin embargo, es importante considerar también que el método basado en la coascendencia es el más apropiado para el cálculo de N_e en poblaciones subestructuradas si el objetivo es modificar esa subestructuración. Si ese no fuera el objetivo, la estimación más relevante de N_e sería la basada en el incremento de la consanguinidad, dado que la depresión consanguínea aparece por valores elevados de consanguinidad, y no por valores elevados de coascendencia. El concepto de tamaño efectivo de la población muestra un comportamiento asintótico de forma natural y, por lo tanto, se puede utilizar con fines predictivos, por ejemplo, para medir el

estado de riesgo de una población. Además, una pérdida repentina de subpoblaciones podría hacer imposible un futuro descenso de la identidad por descendencia media y por tanto los valores de N_e por incremento de la consanguinidad podrían demostrar de forma adecuada el riesgo de una determinada población en la que no es posible el intercambio de genes entre subpoblaciones (Goyache *et al.*, 2013).

Es posible encontrar numerosos ejemplos de citas bibliográficas para el cálculo dentro de una población determinada de índices aceptables de consanguinidad o, por el contrario, valores mínimos para el tamaño efectivo de la población. Con referencia a evitar a corto plazo problemas de depresión consanguínea, parece que existe un consenso entre los investigadores en cría animal que valores de ΔF entre 0,5% y 1% se pueden considerar aceptables. En este caso, un tamaño efectivo de la población de 50 a 100 podría resultar suficiente para mantener una población en un estado saludable. Meuwissen y Woolliams (1994) también consideraron buscar un equilibrio entre la depresión consanguínea, la cual reduce la capacidad de adaptación, y la variabilidad genética debida a la selección natural, que incrementa la capacidad de adaptación. En función de los criterios de adaptación que se consideren, los valores críticos de N_e varían entre 50 y 100 individuos. No obstante, está demostrado que determinadas poblaciones con valores inferiores evolucionan de forma favorable. Se pueden considerar poblaciones seguras, por ejemplo, el Pura Raza Español, raza autóctona equina, con un N_e de 49,6, calculado en función del incremento de la consanguinidad, o el caballo Árabe español, raza integrada, con un N_e de 34,2, ambas reconocidas en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado en España (Cervantes *et al.*, 2011a). Por otra parte, existen razas clasificadas como en peligro de extinción en el citado catálogo, como el caballo Hispano-Árabe y el Menorquín, con valores de N_e de 128,5 (Cervantes *et al.*, 2011a) y 43,8 (Cervantes *et al.*, 2010) respectivamente. Por este motivo, los resultados obtenidos en cuanto a la variabilidad genética deben ser analizados con cautela, puesto que dependen a su vez de otra serie de parámetros, como el censo, situación geográfica (subdivisión de la población), la gestión de los riesgos sanitarios, al igual que a la hora de interpretar los valores de tamaños efectivos estimados de la población.

De acuerdo con la Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2007), se puede considerar que una raza se encuentra en estado crítico si el número total de hembras reproductoras es menor o igual que 100 o el número total de machos reproductores es menor o igual que 5. Si el número total de hembras reproductoras es menor o igual que 1000 o el número total de machos reproductores es menor o igual que

20, la raza es considerada como “en peligro”. Sin embargo, la información genealógica no está disponible en muchas ocasiones, por ejemplo, en razas ganaderas de países en vías de desarrollo o en poblaciones salvajes. En estos casos, las recomendaciones de la FAO para considerar una raza como amenazada se basan en otras consideraciones, como el ratio entre sexos. Sin embargo, Leroy *et al.* (2013), confirmaron que los datos de la FAO para determinar el estado de riesgo de una población no proporcionan una visión completa del grado de diversidad genética. Por ejemplo, para ganado vacuno donde la utilización de la inseminación artificial es común, puede ser necesario un límite más elevado. Los valores de tamaño efectivo de las poblaciones pueden tener tendencias diferentes en función de la especie estudiada y, en particular, dependiendo de la estructura genética existente en la población.

Tanto el flujo genético como la estructura genética de las poblaciones pueden ser caracterizados por otra serie de parámetros relacionados con la probabilidad de origen de los genes. Todos los genes existentes en una población provienen necesariamente de alguno de los fundadores y dependiendo de la utilización desequilibrada de esos fundadores como reproductores, algunos de ellos pueden estar muy débilmente representados, o inclusive no estarlo. En estos casos, los estudios para determinar los fundadores y los ancestros son de mucha utilidad para medir la variabilidad genética y las consecuencias de la estrategia de apareamientos. Un fundador es aquel individuo con ambos ascendientes desconocidos, pero cuando uno de los ascendientes es desconocido, se le denomina fundador fantasma (Lacy, 1989). Un ancestro es aquel individuo que tiene más influencia en la población, en referencia a la variabilidad genética que sus ascendientes (aunque puede ser también un fundador) (Boichard *et al.*, 1997). Se pueden describir tres parámetros relacionados dentro de este contexto: número efectivo de fundadores (f_e), número efectivo de ancestros (f_a) y número de genomas fundadores equivalentes (f_g). Los valores de estos parámetros siempre siguen este orden: $f_e \geq f_a \geq f_g$. El parámetro f_e es el recíproco de la probabilidad de que dos genes escogidos al azar en la población de referencia provengan del mismo fundador (James, 1972). Por otra parte, el parámetro f_a complementa la información aportada por el número efectivo de fundadores teniendo en cuenta las pérdidas en variabilidad genética producida por un uso desequilibrado de algunos reproductores, que daría lugar a los cuellos de botella (Boichard *et al.*, 1997). Finalmente, el parámetro f_g , definido como el número de fundadores de los que se espera que produzcan la misma diversidad genética que en la población de referencia si los fundadores estuvieran representados equitativamente y no hubiera tenido

lugar ninguna pérdida de alelos (Lacy, 1989) teniendo en cuenta todas las posibles causas de pérdida de variabilidad genética. Estos parámetros son importantes cuando el recorrido histórico de la población es corto, y están notablemente afectados por la calidad del pedigrí. Cervantes *et al.* (2009) observaron unos valores menores en los tres parámetros en libros genealógicos abiertos de tres razas españolas con una base de datos genealógicos completa.

Sin embargo, los registros genealógicos a menudo están incompletos en las poblaciones en peligro y sólo está disponible la información de marcadores moleculares. El rápido desarrollo de la genética molecular ha hecho posible realizar un estudio detallado, así como la cuantificación de la diversidad genética (Woolliams y Toro, 2007). El genoma de un individuo presenta potencialmente cientos de miles de lugares que muestran variación. Este hecho puede ser analizado por diferentes tipos de marcadores. Hasta fechas recientes, se han venido utilizando los de tipo microsatélite. Hoy en día se utilizan preferentemente los SNPs (*Single Nucleotide Polymorphisms*), distribuidos ampliamente por todo el genoma y para los que existen chips baratos y de máximo rendimiento para su análisis.

Uno de los parámetros clásicos para determinar la diversidad genética por medio de la utilización de marcadores moleculares es la variabilidad alélica, definida como el número de variantes que los individuos de una población pueden presentar para un determinado “locus”. Este parámetro está relacionado con la variabilidad de genética cuantitativa de la población. En una raza pueden existir alelos que en otra están completamente perdidos. Con respecto a una raza, este tipo de alelos se denominan alelos privados, e indican la singularidad de su constitución genética (Groeneveld *et al.*, 2010). Hay dos medidas de diversidad genética cuya relación proporciona información relevante sobre la política productiva realizada en una población: la heterocigosis observada y la heterocigosis esperada. En homocigosis, ambos alelos son idénticos, mientras que la heterocigosis implica una variación relacionada con la tenencia de dos alelos diferentes. Una heterocigosis observada reducida va ligada a riesgo de consanguinidad. La depresión consanguínea es la reducción en el rendimiento de un carácter (especialmente la adaptabilidad) debida a la expresión de alelos deletéreos recesivos en homocigosis. La heterocigosis esperada es la proporción de heterocigotos que se pueden ver en una población ideal (esto es, sin selección, con apareamientos al azar, y viabilidad similar en la descendencia), con las mismas frecuencias alélicas que la población real. Si la heterocigosis observada es menor que la esperada significa que los apareamientos no se han realizado al azar, y se han cruzado individuos emparentados. Se pueden encontrar varios estudios realizados en algunas razas

de caballos españolas en los que se analiza la estructura genética por medio de análisis molecular. En la mayoría de ellos, se han analizado ambos parámetros, comprobándose que la heterocigosis observada es menor que la esperada (Royo *et al.*, 2007; Infante, 2011; Tupac-Yupanki *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2012; Solé *et al.*, 2012).

Es posible la utilización de otros métodos basados en datos moleculares para el análisis del tamaño efectivo de la población, como el desequilibrio del ligamiento (Hill, 1981; Waples, 1989) o los métodos temporales que tienen como fundamento la variación de las frecuencias alélicas (Waples, 1989; Jorde y Ryman; 2007) o basados en la teoría de la coalescencia (Berthier *et al.*, 2002), pero para este tipo de análisis, es preciso tener en cuenta el tamaño y el número de marcadores de las muestras que producen variación en el valor final. Otro método utilizado para el cálculo del tamaño efectivo de la población es por medio del incremento en la coascendencia molecular (Caballero y Toro, 2002) entre muestras durante dos generaciones (Falconer y Mackay, 1996). Parece ser que, en definitiva, no existe una “regla de oro” para el cálculo de valores del tamaño efectivo de la población basados en información molecular (Luikart *et al.*, 2010). En algunos casos, se ha propuesto el uso de la combinación de varios de estos métodos basados en la información molecular para aumentar la precisión (Waples y Do, 2010), pero la metodología basada en la información genealógica es hoy en día considerada la mejor opción. Los estudios realizados en el caballo Asturcón han demostrado que el uso de los métodos basados en la información molecular para estimar el tamaño efectivo de la población no es sencillo, y su utilización en los programas de conservación de dicha raza debe ser aplicada con cautela. La estrategia de muestreo (que incluye el tamaño de la muestra, período de muestreo y la estructura de edad de los individuos muestreados) debe estar perfectamente planificada para asegurar que se obtienen unas estimaciones robustas de N_e (Goyache *et al.*, 2011). Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en los casos en los que la prioridad de la conservación de una raza sea la opción, todos los métodos podrían ser útiles, pero no es posible combinarlos. Cuando el cálculo de N_e se lleva a cabo con el objetivo de comparar poblaciones en función de su grado de variabilidad genética remanente, se recomienda utilizar el mismo método sobre distintas poblaciones de un catálogo para definir el estado de riesgo de estas (Cervantes *et al.*, 2011b).

Además del tamaño efectivo de la población, existen varios parámetros para el estudio de la diferenciación genética entre poblaciones/subpoblaciones/líneas y estirpes que pueden ser calculados utilizando tanto la información molecular como la genealógica: los estadísticos F (Wright, 1978). En estos parámetros, la consanguinidad molecular no es la

misma que la consanguinidad genealógica, definida como la probabilidad de que un individuo posea dos alelos idénticos por descendencia (Malécot, 1948), sino la homocigosis, referida a la identidad por estado (Caballero y Toro, 2002). Del mismo modo, la distancia mínima de Nei, (Caballero y Toro, 2000; 2002), basada en la coascendencia media dentro de cada población y coascendencia entre ellas puede ser calculada con ambas fuentes de información.

En resumen, se puede afirmar que cuando no existe la posibilidad de disponer del pedigrí completo, se puede utilizar la información molecular para completar la información genealógica. De una manera más sencilla, muchas asociaciones de criadores están realizando los test de paternidad, útiles para determinar la probabilidad de los machos candidatos (y a veces también las hembras) en los sistemas extensivos y, de esta forma, rellenar huecos en el pedigrí. En situaciones más complejas, es posible determinar el parentesco general en grupos de individuos por medio de los estimadores de la coascendencia (Fernández y Toro, 2006) y utilizar esa genealogía construida para desarrollar el análisis de pedigrí (Cervantes *et al.*, 2011b).

A la hora de tomar decisiones en relación a la gestión genética de una población es importante conocer el grado de variabilidad genética. Esta información la puede proporcionar un estudio de su estructura genética, por medio del cual, se va a poder determinar cómo se ha realizado el flujo de genes, tener una idea cierta sobre el número de genes que la han originado, así como su grado de participación en la población actual (Cervantes, 2008).

Los parámetros que caracterizan la estructura genética de una población han sido estudiados en diversas especies. Dentro de la especie ovina, en la raza Xalda, una raza catalogada como en peligro de extinción ubicada en Asturias, Goyache *et al.* (2003) determinaron varios de estos parámetros, como los relacionados con factores demográficos (intervalos generacionales o generaciones completas equivalentes), relacionados con la probabilidad de origen de los genes (número efectivo de fundadores y de ancestros), coeficiente de consanguinidad individual y tamaño efectivo de la población.

En la especie equina, estos parámetros han sido definidos en la raza Árabe española por Cervantes (2008), calculando además, el número de genomas fundadores equivalentes y tamaño efectivo de la población basado en el incremento de la consanguinidad individual.

En vacuno de carne, la estructura genética ha sido estudiada por Gutiérrez *et al.* (2003)

en ocho razas autóctonas españolas de carne: Alistana, Sayaguesa, Avileña-Negra Ibérica, Morucha, Asturiana de los Valles, Asturiana de la Montaña, Pirenaica y Bruna de los Pirineos.

Kerdiles y Rochambeau (2002) estudiaron algunos parámetros genéticos en dos estirpes de conejos (1077 y 2066) seleccionadas por el tamaño de la camada, como el coeficiente de consanguinidad, tamaño efectivo de la población y número de genomas fundadores equivalentes.

También se ha realizado un estudio del pedigrí de una raza sintética de conejos (Pannon White) desarrollada y seleccionada en la Universidad de Kaposvár (Hungría). El objetivo de ese trabajo fue analizar la historia demográfica, el estado actual y la eficiencia del sistema de apareamientos para esa raza con respecto al potencial de acumulación de efectos perjudiciales y pérdida de variabilidad genética a través del análisis del pedigrí (Nagy *et al.*, 2010). Se estudiaron parámetros como el intervalo generacional, proporción de ancestros conocidos por generación, generaciones completas equivalentes, coeficientes de consanguinidad y parentesco, número efectivo de ancestros, de fundadores, genomas fundadores equivalentes y tamaño efectivo de la población, calculado por varios métodos (basada en la varianza familiar y en el incremento del coeficiente de consanguinidad).

1.7. EL CONEJO IBICENCO

El conejo Ibicenco o *conill pagès D'Eivissa* constituye una población autóctona de origen incierto, aunque de presencia muy antigua, que se cría en pequeñas explotaciones de la isla de Ibiza, fundamentalmente en casas de campo, donde ha sido capaz de sobrevivir a lo largo del tiempo a las distintas intrusiones de razas más seleccionadas y agresiones sanitarias debido principalmente a su rusticidad (Anguera, 2005). Según este autor, su característica principal en el aspecto exterior es tener fijado el gen “*Dutch*”, que se traduce en la existencia de una banda blanca alrededor del tórax, así como en el borde anterior de la cabeza, hocico y en la parte distal de las extremidades. El resto de la capa puede ser negro, gris, naranja o marrón, con distintos grados de intensidad.

Se trata de animales de cuerpo robusto y redondeado, no alargado, de talla mediana y de un peso en los animales adultos de 3,1 a 4,2 kg los machos y de 3 a 3,7 kg las hembras, siendo estas, por término medio, unos 250 g menos pesadas que los machos (Formoso-Raferty *et al.*, 2016). La cabeza es proporcionada al cuerpo, con la frente ancha y corta y cara fina que se estrecha en el hocico (acuminado), carácter este más acusado en las hembras. Los ojos son grandes y de color negro. Las orejas son medianas, estando siempre erguidas y en posición divergente. La línea dorsal asciende desde la nuca hasta las ancas, formando después una línea curva suave que asciende hasta la cola. Muestra una buena musculatura en los muslos y en los lomos. La cola es mediana o pequeña. La piel está ajustada al cuerpo y el pelo es muy espeso, pero no muy largo.



Figura 7. Ejemplar de conejo Ibicenco de capa negra con las características bandas blancas.

López y Sierra hacen referencia al conejo Ibicenco en un artículo sobre las razas y poblaciones autóctonas de conejos de nuestro país, publicado en el año 1998: “...tratándose de un animal pequeño a mediano, con capa no muy homogénea en cuanto al color, pero siempre con máscara blanca y oreja oscura. Rústico, resistente y con gran calidad de carne. Constituye una población aislada hasta hace poco tiempo, pero también va desapareciendo por la introducción de conejos blancos”.

En el año 2007 esta población de conejos fue reconocida por la legislación autonómica de las Islas Baleares como agrupación racial autóctona (Conselleria d'Agricultura i Pesca de les Illes Balears, 2007) y así, con el propósito de promocionar la misma, los criadores de conejo Ibicenco pretenden actualmente caracterizar la población con la intención de que sea aceptada en el Catálogo Nacional de Razas de Ganado en España, de modo que los productos procedentes de la misma puedan acogerse a distintivos de calidad y otras ventajas que acarrearía dicha aceptación.

El número de efectivos de conejo Ibicenco es escaso, cifrándose en no más de 200-250 animales en el año 2016 (Formoso-Raferty *et al.*, 2016), ya que en la actualidad ha sido desplazado por otras razas con mayores rendimientos productivos y más interesantes comercialmente por su aptitud cárnica como la raza Californiana, Neozelandesa blanca y sus cruces. No obstante, a pesar de la utilización masiva de razas comerciales altamente seleccionadas, algunos productores locales aún mantienen conejos reproductores Ibicencos para autoconsumo, argumentando para ello la excelente calidad de la canal e intentando aprovechar el valor añadido de una producción ecológica ligada a áreas rurales.

El diseño del programa de conservación de la población de conejo Ibicenco incluye: a) la caracterización reproductiva, b) el análisis de la estructura genética de la población mediante la creación y estudio de su libro genealógico, y c) el análisis de su productividad, así como de la calidad de la canal y de la carne en busca de un nicho comercial. El estudio comparativo de algunos parámetros reproductivos contemplados en el primer apartado (fertilidad, prolificidad, crecimiento, consumo de pienso, producción de leche, ganancia media diaria, índice de conversión y mortalidad), en lactación y cebo de conejos Ibicencos criados en las mismas condiciones de alimentación y manejo que un híbrido comercial de Californiano x Neozelandés, ha sido abordado recientemente por Formoso-Raferty *et al.* (2016).

Así, la fertilidad media (porcentaje de hembras gestantes respecto a las hembras inseminadas) del conejo Ibicenco se ha estimado en un 81,3% frente el 76,8% observado en las conejas híbridas comerciales. Sin embargo, los índices de prolificidad (número de gazapos nacidos vivos, muertos, totales y destetados de cada coneja) fueron significativamente mayores en las conejas híbridas (9,4) respecto a las ibicencas (3,6) (Formoso-Raferty *et al.*, 2016).

Igualmente, Formoso-Raferty *et al.* (2016) observaron que la duración de la gestación

en las conejas ibicencas fue significativamente superior a la de las híbridas (32,0 frente a 30,7 días), pudiendo ser debido, según estos autores, a que la menor prolificidad de las hembras ibicencas hizo que la gestación fuera más prolongada.

En estos trabajos se ha observado también que el peso al nacimiento del conejo Ibicenco es superior al de los híbridos comerciales, y sigue siendo así hasta la 3ª y la cuarta semana, donde llega a ser esa diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), equiparándose ambos pesos tras la primera semana de cebo y superando a continuación los híbridos a los Ibicencos (Formoso-Rafferty *et al.*, 2016). Por otra parte, estos mismos autores señalan que el número de gazapos destetados es menor en el caso del conejo Ibicenco, registrando por término medio 5 gazapos menos (8,7 en los híbridos frente a 3,4 en los Ibicencos). De acuerdo con estos autores, el peso de los conejos Ibicencos en el momento del destete fue superior al de los híbridos, parámetro que se equiparó tras la primera semana de cebo para pasar a ser significativamente superior en los híbridos tras la segunda semana. En consecuencia, los conejos híbridos tardarían dos días menos en alcanzar el peso al sacrificio que los conejos Ibicencos. Asimismo, y siguiendo a los autores citados, la ganancia media diaria resultó ser superior en los conejos híbridos (por encima de 200 g/día en la unidad experimental) que en los Ibicencos (alrededor de 130 g/día para la unidad experimental) durante toda la fase de cebo.

Formoso-Raferty *et al.* (2016) también han caracterizado otros parámetros en las conejas Ibicencas, como la longitud de los cuernos uterinos (59,7 mm), el peso de los ovarios (199 mg), la producción de leche, el número de gazapos destetados y peso de los gazapos al destete. Por lo que se refiere a la producción de leche en las conejas Ibicencas fue significativamente inferior a la que presentaron las híbridas (91,3 frente a 259 g en el 7º día de lactación, y 120 frente a 311 g en el día 14).

También se han realizado algunos trabajos sobre la fisiología reproductiva de los machos Ibicencos, en lo que se ha señalado una mayor presencia de gel en los eyaculados del conejo Ibicenco en comparación con la encontrada en conejos de monte criados en cautividad, lo que podría tratarse de una característica racial (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2005). Estos autores también detectaron un mayor porcentaje de formas espermáticas anormales, sobre todo en los animales más jóvenes.

CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La producción comercial de carne de conejo se fundamenta en la utilización de reproductores muy especializados y orientados a la producción de la mayor cantidad de carne en el menor tiempo posible, atendiendo en primera instancia al incremento de la prolificidad en la línea hembra o al aumento de la ganancia de peso y disminución del índice de conversión en la línea macho. Por esta razón, la utilización de razas autóctonas para la producción de carne se puede considerar residual, puesto que no cumplen en la mayoría de los casos estos parámetros de especialización, y muchos criadores prefieren utilizar razas o líneas que les aseguren una rentabilidad adecuada en el mercado. Sin embargo, de esta manera se puede poner en peligro la pervivencia de las poblaciones autóctonas, ocasionando una pérdida irreparable de la biodiversidad.

La necesidad de preservar la desaparición de razas en peligro ha sido (Ryder, 1976) y continúa siendo un objetivo de organizaciones científicas nacionales e internacionales, así como de entusiastas de las razas autóctonas, según el compromiso suscrito por 109 países en la Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Zoogenéticos en 2007, en la que se aprobó también la Declaración de Interlaken, en la que se reconoce el deber de *“mantener la diversidad de recursos zoogenéticos para la alimentación y la agricultura para permitir a ganaderos, pastores y mejoradores animales satisfacer las necesidades de producción actuales y futuras que derivan de los cambios del medio ambiente, incluido el cambio climático; para potenciar la resistencia a las enfermedades y los parásitos; y para responder a los cambios de la demanda de productos animales por parte de los consumidores”* (FAO, 2007).

Por todo ello, en el contexto actual existe un creciente interés por el consumo de carnes procedentes de razas menos intensivas, de crecimiento más lento y con una mayor resistencia a las enfermedades, bajo condiciones de sistemas alternativos de cría y alimentación, favoreciendo así el bienestar de los animales en producción dentro del marco de una agricultura sostenible (Dalle Zotte y Paci, 2014). Por otra parte, algunas razas autóctonas también se pueden adaptar bien a las condiciones de las explotaciones cunícolas actuales, pudiéndose mantener de este modo la diversidad genética, como en el caso del conejo Ibicenco (Formoso-Raferty *et al.*, 2016). En la actualidad esta población es criada por un número reducido de ganaderos de la isla de Ibiza y, con fines científicos, en la Granja Experimental de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) de la Universidad Politécnica de Madrid y en la Granja

Experimental de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid.

Con este trabajo se pretende avanzar en la caracterización de la población del conejo Ibicenco con posibles fines productivos. Los criadores actuales persiguen la explotación sostenible de esta población, y por ello se hace necesario explorar vías alternativas de rentabilidad para evitar su extinción. Dentro de este contexto, la conservación del conejo Ibicenco se puede alcanzar poniendo a disposición del consumidor la producción de carne, y que ésta sea fácilmente asequible en el mercado. A este respecto y, como se ha señalado, los criadores argumentan que el conejo Ibicenco presenta una canal de excelente calidad de la canal y aporta el valor añadido de una producción ecológica ligada a áreas rurales. Es por ello por lo que esta raza ha sufrido un decidido impulso para recuperar su máxima diversidad genética para garantizar su futuro. Gracias al corto intervalo generacional, el registro, análisis y diseño de distintas estrategias de apareamiento para evitar la desaparición han tenido bastante éxito.

La preservación de la máxima diversidad genética es uno de los principales objetivos en poblaciones pequeñas. Es comúnmente aceptado que la mejor estrategia para gestionar la diversidad genética, cuando el pedigrí de la población está disponible, es optimizar la contribución de los parentales minimizando en la medida de lo posible el peso de la coascendencia de los progenitores (Ballou y Lacy, 1995; Caballero y Toro, 2000; Fernández *et al.*, 2003). Esta estrategia es posible siempre que se mantengan bajo control unas óptimas condiciones sanitarias, y se disponga de material genético fresco o congelado, además de perfectamente identificado, en bancos de germoplasma o conservación *ex situ* de su material genético. Para ello, resulta de vital importancia la caracterización de los parámetros productivos (fertilidad y prolificidad, crecimiento y supervivencia de la camada desde el nacimiento hasta el período de cebo), así como la caracterización de los parámetros reproductivos (morfometría de los órganos reproductores, perfiles endocrinos de LH y progesterona, respuesta ovulatoria y de producción de embriones) (Formoso-Raferty *et al.* (2016). Sin embargo, el uso de estas tecnologías ignora a menudo la posibilidad de que el índice de pedigrí se desequilibre, en el caso de que se utilicen preferentemente reproductores de los que se desconoce total o parcialmente sus ancestros, como en el caso del conejo Ibicenco. Además, en el caso de la población de conejo Ibicenco, la mejor estrategia de diseño de apareamientos puede no ser aceptada, debido a la necesidad de mantener, en la medida de lo posible, los porcentajes de los distintos colores de la capa. En este trabajo se propone una nueva estrategia para esta población en particular.

En este trabajo se propone también realizar un estudio de los principales parámetros productivos y de las características de calidad de la carne del conejo Ibicenco. Resulta esencial en este sentido caracterizar los rendimientos que se pueden obtener en este grupo poblacional. Por otra parte, Según Fogliano y Vitaglione (2005), una de las vías para mejorar la alimentación es la selección de nuevas variedades o razas para el consumo. En el contexto actual, en el que el consumidor demanda productos saludables a la vez que sostenibles, una de las estrategias a explorar para la conservación de conejo Ibicenco es la caracterización de la composición de su carne. Es necesario investigar si la carne de esta población se puede diferenciar de la de otras razas de conejos y si esta puede ofrecer ventajas desde el punto de vista nutricional frente a los híbridos que se utilizan hoy en día para la producción comercial, y más aún frente al consumo de carnes rojas.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto este trabajo ha tenido como objetivo contribuir a la búsqueda de algunas características de diferenciación de la población del conejo Ibicenco en relación con su aptitud para la producción de carne y su conservación. Para ello se han abordado los siguientes objetivos parciales:

- análisis de la información genealógica del conejo Ibicenco para determinar la estructura genética de la población y desarrollar una estrategia de apareamientos en una población con una profundidad de pedigrí desequilibrada, en un escenario donde se intenta mantener la variedad en el color de la capa.
- estudio de los parámetros productivos de una población de conejos Ibicencos en comparación con una población de conejos híbridos comerciales (Californiano x Neozelandés).
- estudio de las características físico-químicas y la composición de la carne de una población de conejos Ibicencos en comparación con una población de conejos híbridos comerciales (Californiano x Neozelandés), con especial énfasis en la caracterización de la fracción lipídica.

CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. ESTUDIOS POBLACIONALES Y GENEALÓGICOS

Para el análisis del pedigrí de la población del conejo Ibicenco se utilizó la información incluida en el Libro Genealógico gestionado por la asociación de criadores correspondiente al período que cubre desde diciembre de 2009 hasta abril de 2014, y que procedía de dos ganaderías, con un total de 277 animales. La población estaba estructurada con arreglo a los colores principales de la capa, según se refleja en la Tabla 2. Los genes involucrados que determinan el color principal de la capa son el Agoutí (A), el Chinchilla (C) y el Extension (E). Es posible encontrar más información sobre la herencia de estos genes en varios trabajos (Bultman *et al.*, 1992; Fontanesi *et al.*, 2006; Kerns *et al.*, 2004; Kuramoto *et al.*, 2001; Robinson, 1958 y Searle, 1968).

Tabla 2. Distribución del número de animales vivos y muertos, por sexos y por colores, en la base de datos del Libro Genealógico de la raza ibicenca (diciembre 2009-abril 2014).

Muertos/Vivos	Machos	Hembras	TOTAL
(Total)			
Marrón	20/9	43/35	63/44
	29	78	107
Negro	13/4	21/27	34/31
	17	48	65
Gris	13/8	23/28	36/36
	21	51	72
Naranja	1/10	3/19	4/29
	11	22	33
TOTAL	47/31	121/143	137/140
	78	199	277

Para poder estudiar la población actual del conejo Ibicenco, se definió una población de referencia (animales en edad de reproducción) compuesta por 143 animales nacidos entre 2013 y 2014. Debido al interés de los criadores en mantener las diferentes capas, algunos parámetros fueron calculados de forma independiente para cada una de las cuatro subpoblaciones de acuerdo con el color principal de la capa: marrón, gris, negro y naranja (Figura 8).



Figura 8. Los cuatro colores de capa principales en el conejo Ibicenco: marrón, gris, naranja y negro.

3.1.1. Determinación de los parámetros demográficos

La evolución de la población registrada en el Libro Genealógico se estableció mediante recuento del número de animales registrados por año. Esta evolución no refleja necesariamente la del censo total de la población, puesto que el registro en el Libro Genealógico ha sido abierto recientemente y se está incentivando a los criadores a unirse a la asociación.

La profundidad de pedigrí se estudió valorando la proporción de ancestros conocidos por generación para la población de referencia (Gutiérrez *et al.*, 2003). También se calculó el número de generaciones equivalentes (g_e) en el pedigrí, como la suma de $(1/2)^n$ sobre todos los ancestros conocidos, donde n representa el número de generaciones que separa un individuo de un determinado ancestro conocido (Boichard *et al.*, 1997).

También se determinó el intervalo generacional, definido como la edad media de los progenitores al nacimiento de sus descendientes que van a reproducirse (James, 1977). Este parámetro se calculó por cuatro vías diferentes: madre-hija, madre-hijo, padre-hija y padre-hijo. Este parámetro permitirá cuantificar en qué medida se puede producir una posible pérdida de variabilidad genética en función del tiempo, teniendo en cuenta que un menor intervalo generacional puede conducir a una pérdida de variabilidad genética más acelerada.

3.1.2. Determinación de la probabilidad de origen de los genes

Un fundador es un individuo con ambos padres desconocidos; cuando se conoce a uno de los progenitores, al desconocido se le conoce como fundador fantasma (Lacy, 1989). Para identificar la pérdida de variabilidad originada por cuellos de botella, se define un ancestro como un individuo cuyos genes se encuentran más representados en la población de referencia que cualquiera de sus ascendientes, y puede ser también un fundador o no serlo (Boichard *et al.*, 1997).

La representación genética de la población fundadora se calculó mediante los siguientes parámetros:

- Número efectivo de fundadores f_e (Lacy, 1989): este parámetro es el recíproco de la probabilidad de que dos genes escogidos al azar en la población de referencia provengan del mismo fundador (James, 1972). Esta probabilidad se calculó a partir de la contribución genética de los fundadores hacia el *pool* de genes de la población de referencia. Si se desconocía uno de los progenitores, el progenitor desconocido era considerado también un fundador (Lacy, 1989). La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$f_e = \frac{1}{\sum_{k=1}^f q_k^2},$$

donde f es el número de fundadores que contribuyen a la población completa de referencia y q_k es la probabilidad de origen de los genes del ancestro k .

- Número efectivo de ancestros f_a (Boichard *et al.*, 1997): se define como el número más bajo de ancestros, no necesariamente fundadores, que contribuirían en la misma proporción para explicar la diversidad genética de la población de referencia, teniendo en consideración la pérdida de variabilidad ocurrida por “cuellos de botella” del pedigrí,

$$f_a = \frac{1}{\sum_{j=1}^a p_j^2},$$

donde p_j es la contribución marginal del ancestro j , y a es el número de ancestros.

- Número de genomas fundadores equivalentes (f_g). Se define como el número de fundadores de los cuales se espera que transmitan la misma diversidad genética que la población de referencia si los fundadores estuvieran representados de manera

equilibrada y no se hubieran producido pérdidas de alelos (Ballou y Lacy, 1995). Este parámetro se calculó como el inverso de dos veces el promedio de coascendencia (C) de los individuos dentro de la población ($f_g = \frac{1}{2C}$) (Caballero y Toro, 2000).

3.1.3. *Determinación de los coeficientes de consanguinidad, coascendencia y tamaño efectivo de la población.*

Se calcularon los siguientes parámetros:

- Coeficiente de consanguinidad (F): es la probabilidad de que un individuo tenga por descendencia dos alelos idénticos para uno de sus genes (Malècot, 1948), y fue calculada siguiendo el método de Mewissen y Luo (1992).
- Coeficiente de coascendencia entre dos individuos (c): es la probabilidad de que dos alelos escogidos al azar en un *locus* determinado de dos individuos distintos sean idénticos por descendencia (Falconer y MacKay, 1996).
- Tamaño efectivo de la población (N_e): es el número de reproductores de una población ideal que mostrarían el mismo incremento en la consanguinidad que el que se observa en la población de referencia. Este parámetro se calculó mediante la determinación del tamaño efectivo realizado de la población, dado que hoy en día se considera el método de elección porque refleja todas las eventualidades que pueden ocurrir en el pedigrí de cada individuo de la población, como el solapamiento generacional, la selección o la subdivisión (Leroy et al., 2013). Por este motivo tiene en cuenta las posibles consecuencias de la política de apareamientos, los posibles “cuellos de botella” y el tamaño de la población fundadora. El tamaño efectivo realizado de la población fue calculado como el inverso del doble del promedio del incremento individual de la consanguinidad ΔF_i , donde ΔF_i se define como $\Delta F_i = 1 - \sqrt[2]{1 - F_i}$, donde g_i es el número de generaciones equivalentes y F_i el coeficiente de consanguinidad de un individuo i (Gutiérrez et al., 2009). Actualmente se considera el método de elección para calcular el tamaño efectivo de la población cuando se trabaja con poblaciones parcialmente subdivididas de forma permanente, ya que se centra en los resultados finales en términos de consanguinidad. Sin embargo, si se desea conocer el tamaño efectivo en el caso de que cualquier animal se reprodujera aleatoriamente con cualquier otro de la población, podría ser preferible

basar el cálculo de N_e en el incremento de coascendencia (Cervantes *et al.*, 2011) entre un par cualquiera de individuos j y k . N_e puede entonces calcularse mediante el inverso del doble del promedio del incremento en coascendencia que se obtiene

mediante $\Delta c_{jk} = 1 - \left(\frac{g_j + g_k}{2}\right) \sqrt{1 - c_{jk}}$, donde c_{jk} es la consanguinidad de la descendencia de ambos individuos, y g_j y g_k el número de generaciones completas equivalentes de los progenitores.

Averiguando los respectivos promedios de los incrementos de la consanguinidad individual y de la coascendencia entre pares para cualquier par de individuos en la población de referencia, es posible determinar el tamaño efectivo realizado de la población, ya sea

basado en las consanguinidades $\bar{N}_e = \frac{1}{2\Delta F}$ o en la coascendencias $\bar{N}_{ec} = \frac{1}{2\Delta C}$.

3.1.4. Determinación de la estructura genética

Las medias de los coeficientes de coascendencia y de consanguinidad de la población y la media de las coascendencias dentro de las subpoblaciones se han utilizado para obtener los estadísticos F (Wright, 1978), que se calcularon de acuerdo con Caballero y Toro (2000). Estos autores idearon el método para analizar las diferencias genéticas en poblaciones subdivididas a partir de la media del coeficiente de coascendencia (f_{ij}) entre individuos de dos subpoblaciones, i y j , dentro de una metapoblación determinada. Para una subpoblación dada i , se calculó la coascendencia media (f_{ii}), la auto-coascendencia de todos los N_i individuos (s_i) y el coeficiente medio de consanguinidad ($F_i = 2s_i - 1$). Con estos parámetros y los correspondientes valores medios de la metapoblación, [Caballero y Toro (2000, 2002)]

se obtuvieron los estadísticos F de Wright (1978) como $F_{IS} = \frac{\bar{F} - \bar{f}}{1 - \bar{f}}$, $F_{ST} = \frac{\bar{f} - \tilde{f}}{1 - \tilde{f}} = \frac{\bar{D}}{1 - \tilde{f}}$ y

$F_{IT} = \frac{\tilde{F} - \tilde{f}}{1 - \tilde{f}}$, siendo \tilde{f} y \tilde{F} la coascendencia media y el coeficiente de consanguinidad para la

metapoblación completa, y \bar{f} la coascendencia media para la subpoblación, de forma que $(1 - F_{IT}) = (1 - F_{IS})(1 - F_{ST})$.

3.1.5. Apareamientos utilizando el tamaño efectivo equivalente

Se introduce aquí este concepto nuevo como una herramienta de utilidad para diseñar apareamientos en poblaciones con una profundidad de pedigrí fuertemente desequilibrada. En este escenario, los coeficientes de coascendencia dependen del conocimiento del pedigrí, de forma que podría ser adecuado buscar un método ajustado.

El incremento en coascendencia (Cervantes *et al.*, 2011) entre dos individuos j y k susceptibles de aparearse entre ellos permite ajustar los coeficientes de coascendencia en referencia a la profundidad de pedigrí. Este coeficiente puede ser convertido en un parámetro nuevo, denominado tamaño efectivo equivalente de un apareamiento (Ne_m), y puede servir como una herramienta muy útil para interpretar la diversidad resultante de un apareamiento determinado:

$$Ne_m = \frac{1}{2\Delta c_{jk}} = \frac{1}{2 \left(1 - \left(\frac{g_j + g_k}{2} \right) \sqrt{1 - c_{jk}} \right)}$$

El tamaño efectivo equivalente de un apareamiento (Ne_m) puede definirse como el tamaño de una población ideal en la que la consanguinidad media sería equivalente a la obtenida por este apareamiento en particular.

Todos los análisis genéticos se realizaron utilizando el programa ENDOG v4.8 (Gutiérrez y Goyache, 2005).

3.2. ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE LA CALIDAD DE LA CARNE

3.2.1. Animales

En estos estudios se comparó una población de conejos Ibicencos con otra de híbridos comerciales. El tamaño de la muestra consistió en 20 animales de cada población, procedentes los primeros de la inseminación de 16 conejas ibicencas con una mezcla de eyaculados de 8 machos de la misma raza, y los segundos de la inseminación de 72 hembras híbridas (Neozelandés blanco x Californiano) con una mezcla heterospérmica con semen de 6 machos del mismo origen racial. Los conejos Ibicencos progenitores procedían de una granja situada en Santa Eulària des Riu, en la isla de Ibiza, y los progenitores híbridos de una granja multiplicadora de la provincia de Ávila que provee de reproductores de dos líneas genéticas seleccionadas por la Universidad Politécnica de Valencia. Las madres fueron

conejas multíparas con un año y con un mínimo de dos partos, que se habían adaptado a las condiciones ambientales de la explotación de destino, en las instalaciones de la Granja Experimental de la ETSIAAB (Universidad Politécnica de Madrid).

Todos los protocolos experimentales fueron previamente sometidos a la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Politécnica de Madrid con fecha 24/01/2011.

3.2.2. Alimentación y alojamientos

Mediante un sistema automático se controlaron los parámetros ambientales para asegurar en todo momento un bienestar animal óptimo y un cumplimiento estricto de las normas comunitarias relativas a los estudios experimentales: ventilación (15 renovaciones/hora), temperatura (19-25 °C), humedad relativa (50±5%) y fotoperiodo constante con 16 horas de luz (desde las 07:00 hasta las 23:00 h) y 8 horas de oscuridad. La iluminación se consiguió mediante luminarias de fluorescentes de 40 W colocadas en la parte superior de la nave longitudinalmente sobre las líneas de jaulas donde estaban las conejas alojadas, con una separación entre ellas de 5 m.

La alimentación de los animales se llevó a cabo con un pienso comercial granulado para reproductoras y gazapos (Cunilactal, NANTA, Tres Cantos, España) y fue suministrado *ad libitum* a madres y crías durante toda la lactación y el cebo. Los ingredientes y composición del pienso empleado se muestran en la Tabla 3. El pienso fue complementado con otro pienso medicamentoso para los gazapos de engorde que contenía 100 ppm de bacitracina de zinc (Bacipremix 50, Andrés Pintaluba, Reus, España).

Tabla 3. Composición del pienso suministrado a los animales.

COMPONENTE	CANTIDAD (%)
Proteína bruta	16
Aceites y grasas brutos	4,7
Fibra bruta	15
Ceniza bruta	7,2
Calcio	1
Fósforo	0,61
Sodio	0,3

Las jaulas estaban construidas con varillas de hierro galvanizado, cuyas medidas eran

600 x 500 x 335 mm y las baterías de jaulas se dispusieron a una sola altura (sistema *flat-deck*) (Figura 9). Cada jaula, que fue desinfectada y desparasitada antes del inicio del cebo, disponía de un bebedero tipo chupete, que se mantenía cerrado por la presión del agua y se accionaba por el propio animal. El comedero era individual tipo tolva, de relleno manual, fabricado con chapa galvanizada, instalado en el exterior de la jaula con una capacidad de 2,5 kg de pienso granulado. Las salas disponían de fosas para la recogida de las heces, con unas medidas de 1,50 m de anchura y 0,50 m de profundidad. Su capacidad permitía almacenar las heces durante 6 meses, facilitando su posterior retirada mediante un dispositivo mecánico tipo arrobadera.



Figura 9. Instalaciones para la cría de los conejos en la Granja Experimental de la ETSIAAB (Universidad Politécnica de Madrid).

3.2.3. Cría y manejo de los animales

Las conejas se inseminaron con una mezcla heterospermica de semen fresco de los machos de cada raza alojados en la misma granja y obtenido con vagina artificial según la metodología descrita por Rebollar (1993). El diluyente utilizado fue un conservante comercial (CUDIL, Magapor, España). La dilución se realizó de modo que en cada dosis (0,5 ml) hubiera al menos 20 millones de espermatozoides. Para la deposición del semen se utilizaron cánulas de vidrio esterilizadas. Antes de realizar la inseminación se aplicó a cada

coneja una inyección intramuscular con 20 µg de un análogo de GnRH (Inducel-GnRH, Laboratorios Ovejero, León, España) para inducir la ovulación.

El diagnóstico de la gestación se llevó a cabo el día 11 después de la inseminación por medio de palpación abdominal de las hembras. Antes del parto, se confirmó dicho diagnóstico y se acondicionaron unos nidos a base de viruta prensada como cama. Los animales estuvieron alojados hasta su sacrificio en las instalaciones del Departamento de Producción Agraria de la ETSIAAB (Universidad Politécnica de Madrid).

El nido se colocó 3 días antes del parto, y tras el mismo se realizó el recuento de nacidos vivos y muertos de cada hembra. Una vez transcurrido el periodo de amamantamiento de 30 días se realizó el destete de los gazapos, siguiendo las recomendaciones de Blasco y Ouhayoun (1993). Para ello, los gazapos se separaron de las madres y fueron colocados en las jaulas de cebo, alojando 5 animales procedentes de varias camadas de la misma raza en la misma jaula. De este modo se obtuvieron 2 lotes, A y B. El lote A, incluyó los gazapos Ibicencos y el B los híbridos, según se refleja en la Figura 10. No se tuvo en cuenta para el experimento el sexo del animal, teniendo en cuenta que, a la edad del sacrificio y según bibliografía consultada, no parece que existan diferencias significativas en la composición de la canal de machos y hembras. El dimorfismo sexual a esas edades se puede considerar inapreciable (Blasco y Gómez, 1993; López *et al.*, (1998); Lukefahr *et al.*, 1982; Pla *et al.*, 1996).

Los animales se pesaron individualmente al inicio del cebo, semanalmente y al final de este. La jaula fue considerada como la unidad experimental y la densidad de conejos al inicio del período de cebo fue de 5 animales en 0,3 m².

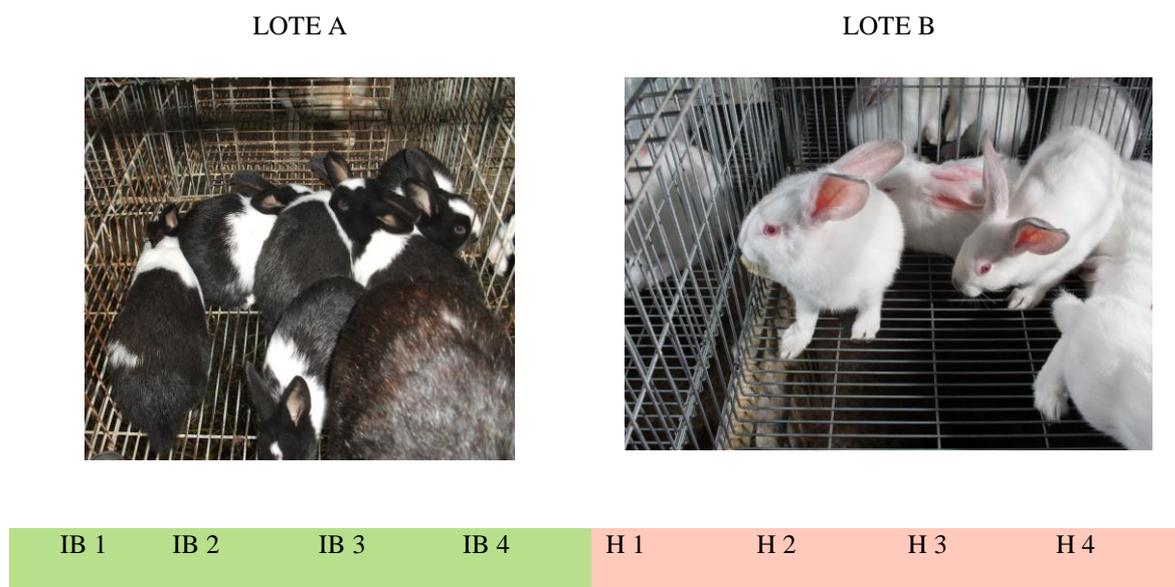


Figura 10. Distribución por lotes y grupos de conejos según la raza (IB: Ibicencos, H: Híbridos)

3.2.4. Sacrificio de los animales

Una vez concluido el periodo de cebo se procedió al sacrificio de los animales a los 60 días de edad en la nave de sacrificio de la ETSIAAB (Universidad Politécnica de Madrid).

Previamente se determinó el peso del conejo vivo al sacrificio (PVS60), después de un período de ayuno de 24 horas, según las indicaciones de Blasco y Ouhayoun (1993). Se denomina peso vivo estandarizado al sacrificio al peso vivo de los animales una vez que finaliza el período experimental. En el conejo, este parámetro se suele tomar a los 70 días, siendo recomendable especificar si se utiliza otro período de tiempo. El traslado de los conejos desde las naves de cebo hasta la nave de sacrificio se inició a las 8:00, trasladando a los animales de dos en dos en jaulas metálicas, transportadas por un operario a pie hasta la nave de sacrificio, contigua a las naves de cebo. El tiempo de traslado fue de aproximadamente 5 min. Teniendo en cuenta el corto periodo de transporte, el estrés sufrido por el animal se puede considerar despreciable, así como su influencia sobre la canal. A continuación, se llevó a cabo la eutanasia de forma inmediata por conmoción cerebral, según el punto 3 del anexo III del Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. La eutanasia se completó con el degüello o desangramiento, según el punto 2 del anexo III de la misma normativa.

Los 40 animales se sacrificaron en tres grupos durante 3 días. En cada grupo se procesó un número igual de conejos híbridos e Ibicencos de forma alternativa, comenzando con un

conejo híbrido. El primer día se sacrificaron 12 animales, el segundo día 14 y el tercer día los 14 restantes. A cada animal se le asignó una numeración, de 1 al 40 según el orden de sacrificio.

La sala de matanza disponía del utillaje necesario para el sacrificio, aturdimiento, sangrado, desollado y despiece: cuchillos, estiletes, ganchos y bridas para colgar las canales, pilas y barreños para recoger la sangre, la piel y las vísceras abdominales, bandejas de aluminio y plástico, bolsas de plástico, etiquetas, etc.

3.2.5. Preparación de la canal

En la preparación de la canal se siguió el método descrito por Blasco y Ouhayoun (1993). De este modo, se obtuvo el cuerpo entero del animal, una vez sangrado, desprovisto de piel, parte distal de las extremidades, seccionadas a nivel de las articulaciones carpianas y tarsianas, la cola, cortada a nivel de la tercera vértebra coxígea, y el tracto gastrointestinal y urogenital. En esta tesis se trabajó con el tipo de canal europea, que contiene cabeza, hígado (sin la vesícula biliar) y riñones. Se pesó el tubo digestivo para obtener la dimensión de este parámetro, tanto en valor absoluto (PTD) como en porcentaje, respecto al peso de la canal en frío.

A continuación, se tomó el peso de la canal en caliente (PCC). Este parámetro se obtuvo en un intervalo de entre 15 a 30 minutos después del sacrificio. Para ello, se colocó cada canal preparada y escurrida en el interior de una bandeja de PVC de 74x46 cm que se pesó en la misma nave de sacrificio, en una balanza previamente tarada. En el caso de los conejos Ibicencos, se registró también la subpoblación a la que pertenecían (marrón, gris, negro o naranja). Se tomaron también los pesos del tracto digestivo (incluyendo estómago, bazo, intestino delgado e intestino grueso), para calcular el porcentaje del peso del mismo respecto al peso al sacrificio. Después del pesado en caliente, se etiquetaron las canales, para su identificación. En cada etiqueta, se anotó el número de orden de sacrificio, la fecha y la raza. Tras el etiquetado se colgaron las canales en perchas de plástico, por medio de una brida. Cada percha soportaba dos canales. Las perchas se trasladaron inmediatamente a la sala de oreo, refrigerada a 3,6 °C y ubicada en una sala contigua a la nave de sacrificio, en las instalaciones de la ETSIAAB. Las canales se dispusieron colgadas en listones de acero, evitando el contacto de unas con otras y con las paredes y suelos, con el fin de facilitar la circulación de aire y que la disminución de la temperatura fuera lo más homogénea posible.

Tras un período de oreo de 24 horas después del sacrificio, los animales se trasladaron

a la Planta Piloto de Higiene, Tecnología y Seguridad Alimentaria de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid. El transporte se realizó a pie, en bolsas de plástico, dada la corta distancia entre ambas instalaciones (100 m). El tiempo total de traslado fue aproximadamente de 3 min. A su llegada a la Planta Piloto, las canales se volvieron a acondicionar en una cámara de refrigeración a una temperatura de 4 °C y se tomó el peso de las canales oreadas y refrigeradas (incluyendo cabeza, hígado, riñones y vísceras torácicas), obteniéndose así el peso de la canal en frío (PCF).

3.2.6. *Despiece de la canal*

Se separaron las distintas partes de la canal siguiendo la sistemática de Blasco y Ouhayoun (1993) (Figura 5). La cabeza se separó del resto de la canal a nivel de la articulación occipito-atloidea. La parte delantera de la canal se separó del resto tomando como referencia el punto de corte 2 (Figura 5), entre la última vértebra torácica y la primera lumbar, cortando la pared torácica siguiendo la línea de prolongación de la duodécima costilla y pesándose esta pieza a continuación (PPD). En esta medida se incluía, en consecuencia, el peso del corazón, pulmones, timo, esófago y tráquea. Se obtuvo asimismo el valor porcentual que representa esta pieza respecto al peso de la canal en frío, mediante la fórmula:

$$PPD (\%) = \frac{PPD \times 100}{PCF}$$

La parte trasera de la canal se separó del resto por el punto de corte 3 (Figura 5) entre la 6ª y la 7ª vértebra lumbar, cortando la pared abdominal transversalmente a la columna vertebral. Se pesó también la parte intermedia, desde el punto de corte 2 y el punto de corte 3, así como la cabeza e hígado de cada canal (despojados de la vesícula biliar), con el fin de obtener el peso absoluto de las dos partes y sus porcentajes con respecto al peso de la canal en frío.

La parte intermedia se separó del resto de la canal, incidiendo entre los puntos de corte 2 y 3, siendo pesada a continuación, obteniéndose tanto el peso absoluto (PPI) como el porcentaje respecto del peso de la canal en frío, mediante la fórmula:

$$PPI (\%) = \frac{PPI \times 100}{PCF}$$

De la parte intermedia se obtuvo el lomo extrayendo la parte correspondiente del músculo *Longissimus dorsi* y desechando las vértebras lumbares, músculos de la pared

abdominal, riñones y grasa perirrenal. Una vez separado el lomo según la sistemática descrita, se halló el rendimiento en peso que suponía esta pieza (RL) respecto al peso de la parte intermedia, mediante la fórmula:

$$RL = \frac{PL \times 100}{PPI}$$

Donde PL es el peso de la porción del músculo *Longissimus dorsi* entre los puntos de corte 2 y 3 y PPI es el peso de la parte intermedia entre los mismos puntos de corte.

A continuación, se pesaron las extremidades posteriores, incluyendo los coxales. Se separó cada extremidad posterior (PMD: Peso extremidad posterior derecha y PMI: Peso de la extremidad posterior izquierda), que se pesó por separado para, a continuación, conformar el peso total de las extremidades posteriores (PTM). Cada extremidad posterior se deshuesó y se pesó la carne obtenida de cada una de ellas (CMD: Peso de la carne del muslo derecho y CMI: Peso de la carne del muslo izquierdo), sumando posteriormente el peso de la carne de ambas para conformar un peso total de la carne de los muslos (PCM). A continuación, se obtuvo el rendimiento de la carne de los muslos (RCM) respecto al peso total de ambas extremidades posteriores, mediante la fórmula:

$$RCM = \frac{PCM \times 100}{TM}$$

Finalmente, se pesaron las extremidades delanteras. Se pesó cada extremidad por separado y se registró también el peso total, sumando ambos valores. Los cuartos delanteros se desecharon una vez pesados, puesto que sobre ellos no se realizaron determinaciones posteriores.

Para determinar los pesos se utilizó una balanza granataria AND HW-10KGL (SAN JOSÉ, CA, EEUU), con una precisión de 2 decimales. En la Tabla 4 se muestran los distintos parámetros que se consignaron respecto a pesos y rendimientos.

Tabla 4. Pesos determinados en este estudio.

Parámetro	Acrónimo	Imagen
Peso vivo al sacrificio	PVS60	
Peso de la canal en caliente	PCC	
Peso de la canal en frío	PCF	
Peso de la parte delantera	PPD	

Tabla 4. Pesos determinados en este estudio (continuación).

Parámetro	Acrónimo	Imagen
Peso de la extremidad delantera derecha	PDD	
Peso de la extremidad delantera izquierda	PDI	
Peso de las dos extremidades delanteras	PED	
Peso de la parte intermedia	PPI	

Tabla 4. Pesos determinados en este estudio (continuación).

Parámetro	Acrónimo	Imagen
Peso de la carne del lomo	PL	
Peso de la parte trasera	PPT	
Peso del muslo derecho	PMD	
Peso del muslo izquierdo	PMI	
Peso total de ambas extremidades posteriores	PTM	

Tabla 4. Pesos determinados en este estudio (continuación).

Parámetro	Acrónimo	Imagen
Peso total de la carne de los muslos	PCM	
Peso de la cabeza	PC	
Peso del hígado	PH	
Peso del tubo digestivo	PTD	

Las distintas partes de la canal estuvieron en todo momento identificadas y vinculadas con el animal de procedencia.

3.2.7. *Obtención y preparación de las muestras*

La caracterización físico-química y composicional se llevó a cabo en la carne del lomo y del muslo, que se consideran las partes más representativas de la calidad de la carne de conejo (Blasco y Ouhayoun, 1993). Una vez anotados los pesos de las piezas, éstas se

introdujeron en bolsas de polietileno (3 por cada canal), que se rotularon con los siguientes datos:

- canal de procedencia (de 1 a 40)
- tipo de pieza: L (lomo), MI (extremidad posterior izquierda), MD (extremidad posterior derecha)

Las muestras se conservaron en refrigeración a 5 °C hasta su procesado posterior, en el que se procedió a la separación del hueso de la carne de las extremidades posteriores y del lomo por medio de un bisturí y se pesó la parte correspondiente a la carne procedente de los paquetes musculares. Dicho peso se restó de la suma de pesos de ambas extremidades posteriores, obteniendo de este modo el peso del hueso. La comparación del peso de la carne de las extremidades posteriores y el peso de los huesos permitió determinar la proporción entre ambas partes.

Una vez pesada la carne procedente de las extremidades posteriores y el lomo, las muestras se introdujeron en la misma bolsa de procedencia, previamente rotulada y se volvieron a mantener en refrigeración a 5 °C hasta la realización de las determinaciones físico-químicas inmediatas y su posterior procesado para su conservación en congelación para el resto de los análisis.

Se determinó el color de las muestras, el pH, la actividad de agua (a_w), la capacidad de retención de agua (CRA), el contenido de agua, las cenizas, el contenido de proteínas, el contenido de lípidos y el perfil de ácidos grasos. Una vez determinado el color en las piezas enteras, la carne se picó en una picadora BRAUN de 450 W (BRAUN, Kronberg, Alemania), cuyo vaso, brazo y cuchillas se limpiaron entre una y otra muestra con un jabón neutro y una esponja. Antes del picado, se retiraron los tendones, fascias y aponeurosis con la ayuda de unas tijeras. La carne se picó durante 20-30 segundos. Para la determinación del contenido de proteínas, lípidos y el perfil de ácidos grasos, las muestras se mantuvieron en congelación a -18 °C. El resto de los análisis se llevó a cabo inmediatamente tras la obtención de las muestras.

3.2.8. Determinación del pH

Para la determinación del pH, se utilizó un pechímetro CRISON GLP 21 (CRISON, Alella, España). Antes de iniciar los análisis, el aparato se calibró con distintas soluciones tampón de forma secuencial (pH 7, 4 y 9). Se tomaron dos muestras de 1,5 g del muslo

izquierdo en dos puntos diferentes y otras dos en los lomos. De cada muestra se preparó un homogeneizado con 10 ml de agua destilada, en frascos de vidrio de 25 ml. La muestra se trituró en una homogeneizadora ULTRATURRAX IKA, T18 Basic (ULTRATURRAX, Wilmington, NC, EE.UU.) durante 30 segundos a 10.000 rpm. Para la medición del pH, se introdujo el electrodo en el frasco de vidrio con la muestra homogeneizada evitando el contacto del electrodo con las paredes o el fondo. El resultado final se expresó como la media aritmética de las dos medidas tomadas en cada pieza.

3.2.9. Determinación de la actividad de agua

Se analizaron tres muestras de carne picada obtenidas del muslo derecho y del lomo. Para la determinación de la a_w se utilizó un equipo DECAGON CX-1 (DECAGON, Pullman, EE.UU) (Figura 11). El resultado se expresó como la media aritmética de las tres medidas obtenidas en cada punto.



Figura 11. Determinación de la actividad de agua.

3.2.10. Capacidad de retención de agua

La CRA se determinó de forma indirecta, utilizando la técnica de Grau y Hamm (1953), en la que se mide el agua liberada al someter la carne a una fuerza de compresión y partiendo del concepto de que el contenido de agua de la carne es relativamente constante.

Para la determinación de este parámetro se utilizaron tres muestras de carne picada del muslo derecho de 0,3 g, y otras tres muestras de 0,3 g de los lomos. Cada muestra se colocó sobre una lámina de papel de filtro Whatman nº 1 de 13x9 cm (Figura 12).



Figura 12. Colocación de la muestra sobre la lámina de papel de filtro.

El conjunto de carne y papel de filtro se colocó entre dos placas de compresión de metacrilato de 0,5x9x13 cm que se cerraron mediante tornillos y tuercas, aplicando una compresión máxima durante 5 minutos. Como resultado de la compresión se forma una delgada película de carne, alrededor de la cual queda un círculo húmedo formado por el agua que se ha liberado y que ha sido absorbida por el papel de filtro. Una vez retirados los tornillos se dibujó el contorno de la película de carne formada (L1) y el perímetro de la huella originada por el agua expulsada como consecuencia de la presión ejercida (L2) según se muestra en la Figura 13.

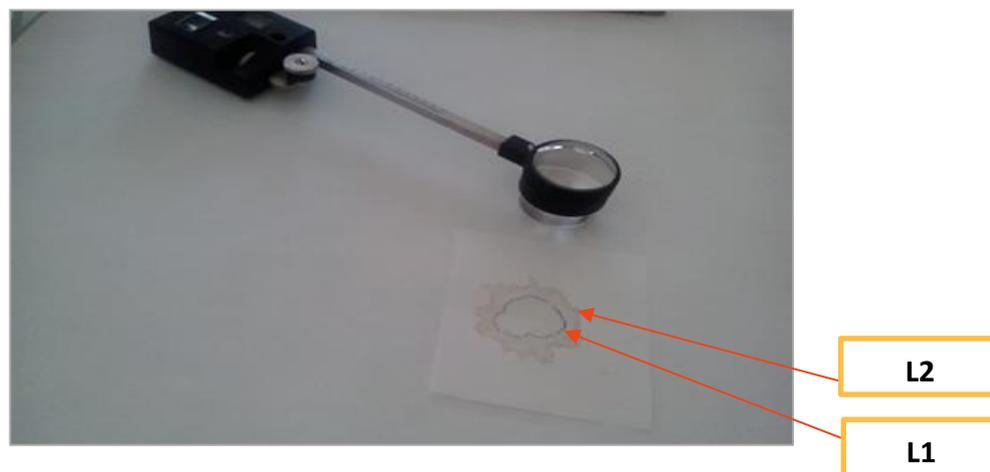


Figura 13. Delimitación de los contornos L1 y L2 para el cálculo de la CRA.

Con un planímetro polar Keuffel & Esser modelo 620000 (Keuffel & Esser, Nueva York, NY, EE.UU.), se determinaron las áreas delimitadas por las línea L2 y L1. La diferencia entre ambas áreas expresada en cm^2 , multiplicada por un factor de corrección (0,84), expresa la cantidad de agua expulsada, con un error estimado de un 5-6%, según la fórmula:

$$\text{mgH}_2\text{O} = \text{Superficie del agua liberada} \times 0,84/0,0948$$

El resultado se expresó en $\text{g H}_2\text{O}/100 \text{ g}$ de carne, obtenido de la media aritmética de las tres muestras analizadas por cada pieza.

3.2.11. Determinación del color

El color de la carne se midió con un colorímetro KONIKA MINOLTA CR-400 (KONIKA MINOLTA, Osaka, Japón) (Figura 14), según el método descrito por la CIE (Comission Internationale de L'Eclairage System, 1976). Antes de la medida, el colorímetro se calibró sobre una superficie de cerámica blanca, suministrada por el fabricante.



Figura 14. Colorímetro KONIKA MINOLTA CR-400.

Se tomaron tres medidas en distintas partes del muslo derecho y el lomo, tras la separación del hueso. En el muslo, el colorímetro se colocó de forma perpendicular a la aponeurosis, y en el lomo, de forma perpendicular a la superficie de corte de la sección 2 (Figura 5), evitando restos de grasa o posibles manchas de sangre.

3.2.12. Determinación del contenido de agua

El contenido de agua se determinó mediante desecación de las muestras en una estufa HARAEUS T-6200 (HERAEUS, Hanau, Alemania) a 120 °C hasta peso constante (48 horas). Se utilizaron muestras de aproximadamente 3 g que se pesaron en una balanza de precisión, dentro de cápsulas de porcelana previamente desecadas en estufa y atemperadas en un desecador de vidrio.

El contenido de agua se determinó por diferencia entre el peso de la muestra fresca y el de la muestra desecada una vez alcanzado el peso constante. De cada conejo se tomaron cuatro muestras, dos del lomo y dos del muslo derecho. Los resultados se expresaron como la media de los valores obtenidos para cada muestra en g/100 g de carne.

3.2.13. Determinación del contenido total de proteínas

El contenido total de proteína se determinó mediante el método de Kjeldahl. Para ello se utilizaron muestras de aproximadamente 2 g que se pesaron en una balanza de precisión. De cada individuo se analizaron dos muestras de lomo y dos muestras del muslo derecho.

Cada muestra se introdujo en un tubo de digestión al que se añadieron 20 ml de ácido sulfúrico al 96%, junto con una pastilla de catalizador compuesto por sulfato potásico (99,9%) y selenio (0,1%) (PANREAC, Castellar del Vallès, España) y 4-6 perlas de vidrio. Los tubos se colocaron en una unidad de digestión BÜCHI K-435 (BÜCHI Labortechnik, Flawil, Suiza) conectada a un sistema de extracción de gases, durante un tiempo aproximado de 2 horas, hasta que la digestión fue completa, lo que se evidenciaba por un aspecto completamente transparente en las muestras.



Figura 15. Aspecto de los tubos de Kjeldahl al inicio de la digestión.

Concluida la digestión, se procedió a la destilación del contenido de los tubos en un destilador BÜCHI, en el que el amoniaco obtenido se recogió en un matraz Erlenmeyer con un volumen de 25 ml de una solución de ácido bórico al 4%, utilizando como indicador una solución (p/v) de rojo de metilo al 0,2% y azul de metileno al 0,1% en etano al 96%. La destilación se detuvo cuando se alcanzó un volumen de 200 ml, tras lo cual se procedió a la valoración con una solución de ácido clorhídrico 0,5 N. La alcalinidad del medio se comprobó mediante la adición de unas gotas de una disolución de fenolftaleína en etanol al 1%, virando la solución de sulfato amónico de incolora a violeta.

El porcentaje de nitrógeno total de las muestras se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Nitrógeno total (\%)} = \frac{14,007 \times N \times V \times 100}{P}$$

Siendo:

Pm del nitrógeno: 14,007

N: Normalidad del ácido clorhídrico

V: Volumen de ácido clorhídrico gastado en la valoración (en ml)

P: Peso de la muestra en mg

El porcentaje de proteínas en la carne se calculó como se indica:

$$\text{Proteína total (\%)} = 6,25 \times \% \text{Nitrógeno total}$$

3.2.14. Determinación del contenido lipídico total

Para estos análisis se partió de muestras de carne picada de aproximadamente 20 g de peso, obtenidas del lomo y del muslo derecho, que se mantuvieron congeladas a -18 °C hasta el momento de su utilización. El contenido de lípidos se determinó mediante el método de Bligh y Dyer (1959) modificado por Hanson y Olley (1963).

Cada muestra se colocó en un tubo de vidrio de centrífuga de 13x5,5 cm con una mezcla de disolventes compuesta 20 ml de cloroformo (al 98% estabilizado con metanol), 40 ml de metanol (99,5%) y 10 ml de agua destilada. A la mezcla se añadió una punta de espátula de 2,6-bis(1,1-dimetil-4-metilfenol) (BHT) (PANREAC) como antioxidante, para preservar la estabilidad de la grasa extraída durante el almacenamiento posterior para la realización de los siguientes análisis. A continuación, la mezcla se homogeneizó en un homogeneizador ULTRA-TURRAX durante 2 minutos a una velocidad entre 10.000 y 40.000 rpm, manteniendo el tubo de centrífuga sumergido en un baño de agua y hielo para evitar el calentamiento de la muestra. Tras esta primera homogeneización se añadieron al tubo 20 ml más de cloroformo y 10 ml más de agua destilada y se procedió a homogeneizar nuevamente la mezcla durante 2 minutos.

A continuación, las muestras se centrifugaron a 1.500 x g durante 10 minutos, a 4 °C. Una vez concluida la centrifugación, en cada tubo de vidrio se observaba la separación de tres fases: una fase superior (acuosa), con los restos de metanol y agua destilada, una fase intermedia, con los restos de tejidos orgánicos (residuo sólido) y una fase inferior (fase clorofórmica), formada por el cloroformo y la fracción lipídica extraída. Tras retirar la fase acuosa por medio de una pipeta Pasteur conectada a una bomba aspiradora de vacío, de cada tubo se tomó con una pipeta de vidrio un total de 25 ml de la fase clorofórmica, que se trasvasaron a un matraz de vidrio (previamente desecado y pesado) utilizando un embudo provisto de un filtro de algodón impregnado con una mezcla de cloroformo/metanol (2/1) (v/v), sobre el que se dispensó una pequeña cantidad de sulfato sódico anhidro para retener los posibles restos de agua presentes en la fase clorofórmica recogida de los tubos.



Figura 16. Filtración de la fase clorofórmica obtenida tras la centrifugación de las muestras.

A continuación, la fracción lipídica se separó del cloroformo mediante evaporación a vacío en un rotavapor BÜCHI R-200 acoplado a un baño maría y conectado a una bomba de agua EYELA A-3S (EYELA, Rikakikai, Japón) para conseguir el vacío adecuado. Los matraces se insertaron en el rotavapor y se mantuvieron parcialmente sumergidos en la cubeta de agua precalentada a 43 °C, hasta la completa evaporación del cloroformo. A continuación, cada matraz con los lípidos totales extraídos se trasladó a un desecador de vidrio y, tras la estabilización de la temperatura y la eliminación de la humedad residual, se procedió a determinar su peso. La cantidad de grasa en 25 ml de la fase clorofórmica se determinó por diferencia entre el peso del matraz con la grasa y el del matraz vacío. A partir de este resultado se calculó el contenido de grasa en los 40 ml totales de la fase clorofórmica, correspondientes a la cantidad de muestra de partida, cuyo valor se utilizó para calcular el contenido de lípidos en 100 g de carne del muslo derecho o del lomo.

Una vez calculado el contenido de lípidos totales de cada muestra, la grasa se trasvasó a viales de vidrio de 23x57 mm con tapón de rosca mediante arrastre secuencial con un total de 10 ml de cloroformo y posterior desecación bajo corriente de nitrógeno en un baño a 50 °C durante 10 minutos. Finalmente, los viales se conservaron en congelación a -18 °C hasta el momento de su utilización para determinar el perfil de ácidos grasos.

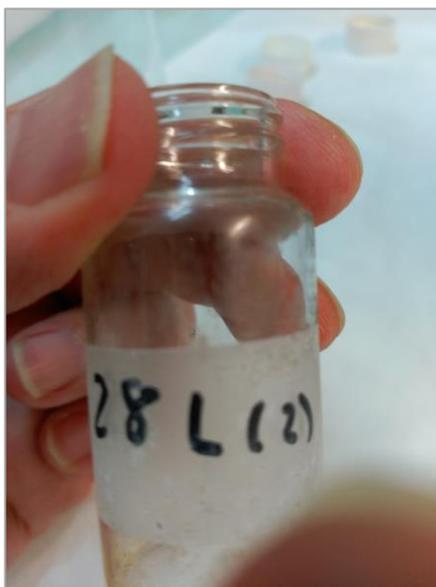


Figura 17. Vial con la muestra identificada con la grasa extraída de la carne de conejo.

3.2.15. Determinación del contenido de cenizas

Este parámetro se determinó mediante calcinación de las muestras en un horno mufla HERAEUS MR 170, a una temperatura de 550 °C durante 12 horas. Para ello se utilizaron muestras de aproximadamente 3 g que se pesaron en una balanza de precisión dentro de cápsulas de porcelana (STAATLICH, Berlín, Alemania) de 6,5 cm de diámetro externo, 5,5 de diámetro interno y 292 mm de profundidad. El contenido de cenizas se obtuvo por diferencia de pesos entre la muestra fresca y la muestra incinerada, una vez estabilizada a temperatura ambiente en un desecador de vidrio.

3.2.16. Análisis del perfil de ácidos grasos

El perfil de ácidos grasos de la carne se determinó por cromatografía de gases. Para estos análisis se utilizó un cromatógrafo KONIK KRK 3000 HRGC (KONIK, Barberà del Vallès, España) provisto de un detector de ionización de llama (FID) y conectado a un sistema de adquisición e integración de datos *Peak Simple Chromatography Data Systems* (SRI Instruments, Earl St. Torrance, EE.UU.). La separación cromatográfica de los ácidos grasos se llevó a cabo en una columna HP-INNOWAX de 30 metros de longitud, 0,32 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de la fase estacionaria (AGILENT, Santa Clara, EE.UU.).

Para los análisis cromatográficos se disolvieron aproximadamente 100 mg de grasa en 1 ml de hexano en un vial de vidrio y se prepararon los ésteres metílicos de los ácidos grasos mediante transesterificación con 0,8 ml de KOH 2M en metanol. Tras 30 segundos de agitación y 5 minutos de reposo se observaba la separación de dos fases, quedando el hexano con los ésteres metílicos en la parte superior. Con una microjeringa se tomaron 0,5 µl de esta fase para su inyección en el cromatógrafo.

Las condiciones del análisis fueron las siguientes:

- Flujo del gas portador (helio): 1 ml/minuto
- Temperatura del bloque de inyección: 250 °C
- Split ON
- Temperatura del horno:
 - inicial: 160 °C durante 2 minutos
 - gradiente 1: 3 °C/minuto hasta 210 °C
 - gradiente 2: 6 °C/minuto hasta 250 °C
 - final: 250 °C durante 4,5 minutos
- Temperatura del detector: 250 °C

De cada conejo se analizaron dos muestras de grasa del lomo y dos muestras del muslo. Los análisis cromatográficos se realizaron por duplicado. La identificación de los ácidos grasos se llevó a cabo mediante comparación de los tiempos de retención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos analizados con los de los correspondientes patrones (SIGMA-ALDRICH, St. Louis, MO, EE.UU.).

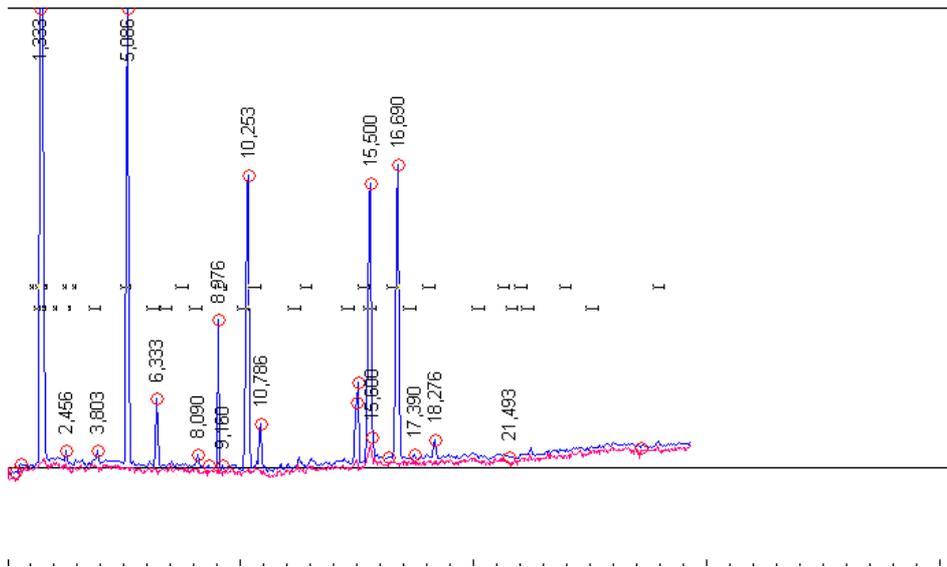


Figura 18. Ejemplo de un cromatograma obtenido de una muestra de lomo correspondiente a un conejo Ibicenco.

Los resultados se expresaron en porcentaje de cada ácido graso respecto al total. Además, se calcularon los siguientes ratios e índices (Bordoni *et al.*, 1999; Fernández *et al.*, 2007; Santos-Silva *et al.*, 2002; Ulbricht y Southgate, 1991):

- Ratio AG poliinsaturados/saturados:

$$AGPI:AGS = \frac{\sum AGPI}{\sum AGS}$$

- Ratio AG insaturados/saturados:

$$AGI:AGS = \frac{\sum AGI}{\sum AGS}$$

- Índice de insaturación:

$$I.I. = \sum_i^n \% \text{Ácido graso } i \times \text{número de dobles enlaces en el ácido graso } i$$

- Ratio AGPI n-6/n3:

$$n-6/n-3: \frac{C18:2 \ n-6 + C20:4 \ n-6}{C18:3 \ n-3 + C20:5 \ n-3 + C22:5 \ n-3 + C22:6 \ n-3}$$

- Ratio AG hipocolesterolémicos/ hipercolesterolémicos:

$$\frac{h}{H} = \frac{C18: 1n - 9 + C18: 2n - 6 + C20: 4n - 6 + C18: 3n - 3 + C20: 5n - 3 + C22: 5n - 3 + C22: 6n - 3}{C14: 0 + C16: 0}$$

- Índice aterogénico:

$$I. A. = \frac{\text{láurico} + 4 \times \text{mirístico} + \text{palmítico}}{AGPI n - 3 + AGPI n - 6 + AGMI}$$

- Índice trombogénico:

$$I. T. = \frac{\text{mirístico} + \text{palmítico} + \text{esteárico}}{0,5 \times AGMI + 0,5 \times AGPI n - 6 + 3 \times AGPI n - 3 + \text{ratio} \frac{n - 3}{n - 6}}$$

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la comparación estadística de los parámetros físico-químicos y la composición de la carne se utilizó el paquete SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, EE.UU.). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para establecer las diferencias para cada parámetro estudiado entre los dos grupos raciales y las dos piezas analizadas. Para la comparación de las medias se utilizó la prueba *t de Student*.

3.4. REACTIVOS Y GASES

Los reactivos de uso general (disolventes orgánicos, ácidos, bases, etc.) fueron suministrados por PANREAC y SIGMA-ALDRICH.

Los gases para los análisis cromatográficos y la evaporación de los disolventes orgánicos (N₂, H₂, He y aire) fueron suministrados por Carburos Metálicos (Madrid, España).

El agua destilada para las extracciones y las disoluciones acuosas se obtuvo de un destilador MILLIPORE modelo TANKMPK01 (MILLIPORE, Darmstadt, Alemania).

El hielo para los baños de refrigeración de las muestras procedió una máquina SCOTSMAN modelo AF100 (SCOTSMAN ICE SYSTEMS, Vernon Hills, IL, EE.UU).

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. HERRAMIENTAS GENÉTICAS ÚTILES PARA LA GESTIÓN DE LA POBLACIÓN DE CONEJO IBICENCO

Este es el primer trabajo donde se ha estudiado la estructura genética a partir de la información proporcionada por el pedigrí en una raza de conejos de censo reducido, y es la primera vez que se ha puesto en práctica un nuevo método de diseño de apareamientos basados en el tamaño efectivo equivalente. En primer lugar, se realizó una breve descripción de la información demográfica proporcionada por el Libro Genealógico del conejo Ibicenco, analizando su base genética, pasando a discutir a continuación la situación actual en términos de tamaño o censo efectivo. Finalmente se estudiaron métodos que podrían ser de utilidad para diseñar una estrategia de apareamientos para esta población de conejos de censo muy reducido, con un conocimiento genealógico desigual y bajo la condición de mantener los cuatro colores básicos de la capa asociados a la misma.

4.1.1. Parámetros demográficos

La evolución de la inscripción de animales en el Libro Genealógico desde 2009 hasta 2014 se muestra en la Figura 19.

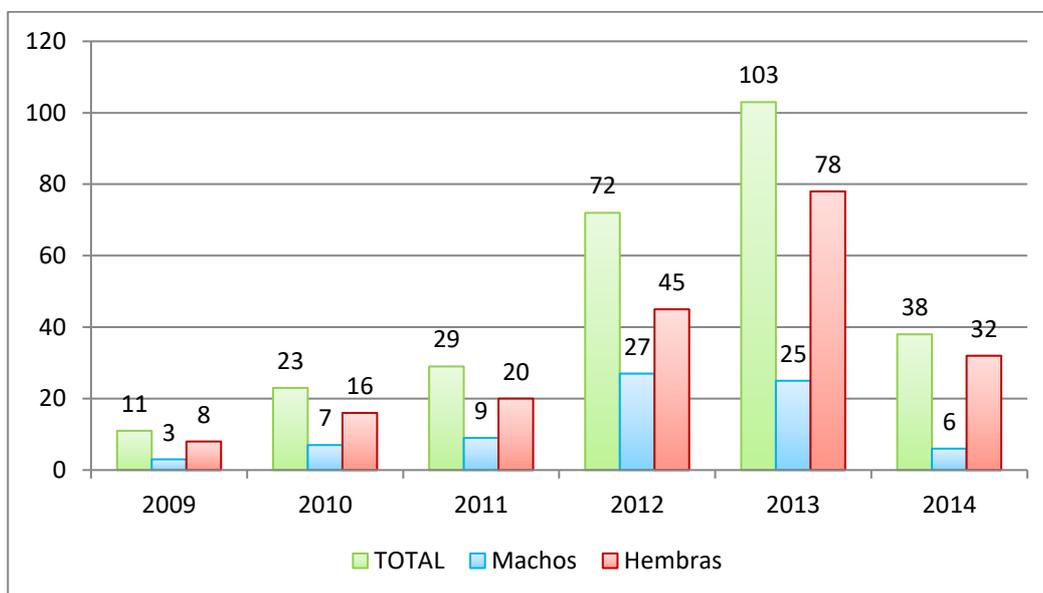


Figura 19. Evolución del número de animales inscritos en el Libro Genealógico del conejo Ibicenco (periodo 2009-2014).

La aparente reducción del censo del año 2014 se debe a que sólo se incluyó la información disponible en el momento del análisis que alcanzaba a los animales registrados durante los cuatro primeros meses de ese año.

La Figura 20 muestra la evolución de las cuatro subpoblaciones asociadas a los cuatro colores diferentes de la capa, entre 2009 y 2014. En la población de referencia, el color naranja representó un 34% de la población, el marrón el 29%, el gris, el 24% y el negro un 13%.

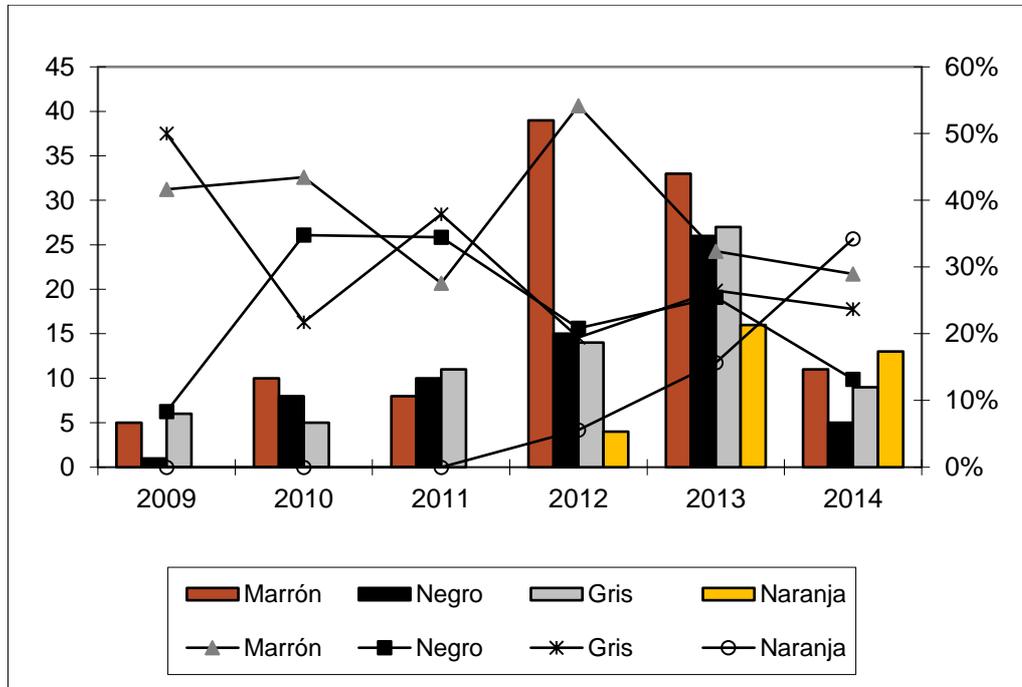


Figura 20. Evolución de las distintas subpoblaciones del conejo ibicenco (periodo 2009-2014).

En lo que respecta a la profundidad de pedigrí para la población de referencia (animales nacidos entre 2013 y 2014) hasta la quinta generación anterior, el conocimiento del pedigrí completo fue de un 97% para la generación de padres, un 86% para la generación de abuelos, un 76% para la generación de bisabuelos y un 49% para la de tatarabuelos (Figura 21). Un dato para resaltar es el profundo desequilibrio existente en el conocimiento del pedigrí en la población de referencia, con animales que aparecen como fundadores y otros con el conocimiento completo del pedigrí hasta siete generaciones atrás. Este hecho hace que la estrategia de apareamientos basada en coeficientes de coascendencia sea de poca utilidad puesto que la solución propuesta propondría sistemáticamente la utilización de reproductores de animales con un conocimiento escaso del pedigrí.

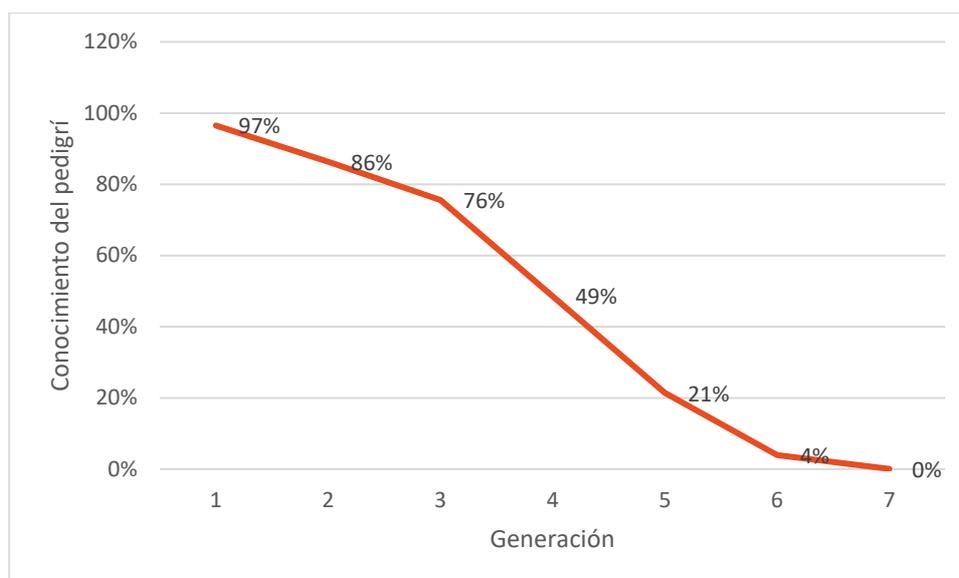


Figura 21. Profundidad del pedigrí

Dado que la pérdida de variabilidad genética se acumula de generación en generación, los parámetros genéticos que la miden deben estar referidos a la cantidad existente de información genealógica (Boichard *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2003). El conocimiento de la profundidad del pedigrí es entonces fundamental, puesto que juega un papel importante en el ajuste del resto de parámetros genealógicos. Cuanto más profundo sea el pedigrí, más fiables serán los resultados. En el conejo Ibicenco, la media de generaciones completas equivalentes fue de 3,4 en la población de referencia. Este valor no es muy elevado, aunque sí suficiente, pero los resultados deben ser interpretados con cautela.

El intervalo generacional se muestra en la Tabla 5. Este parámetro ha sido calculado para cuatro vías diferentes de parentales-descendencia. Para la población de referencia, el intervalo generacional fue alrededor de un año: 11,8 meses. No se encontraron diferencias significativas debido al sexo en ambas generaciones de parentales y descendencia. Este intervalo generacional tan corto podría también reducirse en caso necesario, favoreciendo de este modo la acumulación de más información genealógica, pero teniendo en cuenta que esta reducción del intervalo generacional puede originar como resultado un incremento de la tasa de consanguinidad en un mismo lapso de tiempo. No obstante, es posible que, con la entrada de otros criadores en el Libro Genealógico, estos valores puedan verse alterados de forma significativa, puesto que los resultados actuales están basados en datos procedentes de dos granjas. En cualquier caso, este intervalo generacional es similar al obtenido en la raza de conejo Pannon White de Hungría (1,2 años) (Nagy *et al.*, 2010).

Tabla 5. Media del intervalo generacional (en años), errores estándar (s.e.) y desviaciones estándar (s.d.) de las medias para las cuatro vías diferentes de parentales-descendencia. N es el número de parejas de datos realizados para las cuatro vías.

Tipo	N	Intervalo \pm s.e.	s.d.
Padre-Hijo	8	1,260 \pm 0,254	0,720
Padre-Hija	14	0,896 \pm 0,250	0,708
Madre-Hijo	8	1,049 \pm 0,223	0,631
Madre-Hija	14	0,996 \pm 0,236	0,669
Media	44	0,979 \pm 0,100	0,663

4.1.2. Probabilidad de origen de los genes

Los análisis relacionados con la probabilidad de origen de los genes son de extrema importancia cuando se estudian poblaciones con bajo censo puesto que todo el bagaje genético, excepto al debido a migraciones y mutaciones, proviene exclusivamente de los animales fundadores. La gestión de este *stock* inicial es clave para el futuro de la población.

Tabla 6. Parámetros relacionados con la probabilidad de origen de los genes en los cuatro colores básicos de la capa y para la población total de referencia.

Capa	Fundadores/Nº Efectivo de Fundadores	Ancestros/Nº Efectivo Ancestros	Genomas Fundadores Equivalentes
Marrón	21/9	19/10	5,3
Gris	19/7	17/7	4,0
Negro	15/6	14/4	3,0
Naranja	19/10	16/8	4,6
Total	26/10	25/11	5,8

La Tabla 6 incluye el número de fundadores, el número de ancestros y el número efectivo de fundadores y ancestros, así como el número de genomas fundadores equivalentes en cada subpoblación y para la población total. En el conejo Ibicenco el número total de fundadores en la población de referencia fue 26 animales, mostrando claramente la necesidad de incluir más criadores, no registrados aún, en el Libro Genealógico. Este hecho es particularmente complejo en esta población en la que los criadores intentan mantener independientemente las cuatro subpoblaciones definidas por colores diferentes. Por otra parte, el desequilibrio en la representación del stock de fundadores conduce a un número efectivo de fundadores de 10. La reducción del stock genético inicial atribuido a la existencia de cuellos de botella fue despreciable, ya que el número de ancestros fue de 25. Además, el número efectivo de ancestros fue 11, mostrando que la nueva estrategia de apareamientos ha evitado los cuellos de botella en este pedigrí tan escaso, a diferencia de un año antes, cuando tanto el número efectivo de fundadores como de ancestros tenían el mismo valor de 9. Si comparamos estos resultados con los de un año antes (Martín de la Rosa *et al.* 2013), vemos que es posible reequilibrar la representación, dando preferencia en los apareamientos a aquellos reproductores con menos representación (Goyache *et al.*, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2003). La desequilibrada representación de estos fundadores/ancestros redujo la diversidad genética inicial a un 38% (f_e/f) o a un 44% (f_a/a). Un resultado positivo fue que, dentro de un marco de muy baja variabilidad genética, la utilización preferente de únicamente unos pocos ancestros no ha tenido mucha relevancia. De este modo, el número mínimo de ancestros que explican el 50% de la diversidad genética fue de 4.

Estos valores de número efectivo de fundadores y ancestros son muy bajos, si los comparamos con los obtenidos para otras razas comerciales, como la Pannon White de Hungría (Nagy *et al.*, 2010), con 52 y 26 para f_e y f_a respectivamente. Pero estas comparaciones deben ser tomadas con cautela debido a las diferencias en cuanto a censos y cantidad de información genealógica.

Por otra parte, incluso cuando los apareamientos han sido diseñados de forma óptima con el fin de mantener la variabilidad genética, resulta inevitable la pérdida de variabilidad debido a la deriva genética. El número de genomas fundadores equivalentes proporcionan la información sobre el número equivalente de fundadores independientes que se encuentran representados en la población de referencia. Este parámetro se encontró en un valor de casi 6, pero más alto que el valor de 5 encontrado en un estudio realizado un año antes (Martín de la Rosa *et al.*, 2013). Aunque este número resulta muy bajo, una población mucho más

grande como la raza de conejos Pannon White, tuvo un valor de 7 para este parámetro (Nagy *et al.*, 2010), pero con un pedigrí mucho más profundo, en torno a 11 generaciones equivalentes. La diversidad genética desde la fundación de la raza se redujo al 60% (f_g/f_e), y las razones, más allá del desequilibrio de fundadores o ancestros, fueron las pérdidas aleatorias adicionales de genes durante el proceso de segregación de los gametos además de los cuellos de botella, lo que se conoce como deriva genética.

Una preocupación adicional presente en esta pequeña población de conejos es la necesidad de mantener animales con los cuatro colores básicos de la capa, puesto que la reducida diversidad genética, lo es aún más si queremos mantener subdivididas las cuatro subpoblaciones de capas diferentes. Los criadores demandan animales de las distintas variedades de color dado que se considera que las pieles podrían suponer unos ingresos extras para los ganaderos. El valor más alto en variabilidad genética se encontró para el color de capa marrón, seguido del negro y el gris. La mayor pérdida total de genes en las capas gris y negra se debería al modo de herencia de estos colores que sólo aparecen en homocigosis recesiva, forzando de este modo a que los apareamientos se realicen con animales del mismo color, si no se desea segregación. Obsérvese que los parámetros globales fueron mucho más bajos que la suma de los mismos parámetros teniendo en cuenta todos los colores de la capa y ligeramente superior que el valor máximo obtenido para los diferentes grupos de color, lo que se explica porque que las cuatro subpoblaciones comparten muchos ancestros. Por lo tanto, se ha tenido una precaución especial a la hora de diseñar las estrategias de apareamiento para estas dos variantes particulares de color, tal y como se explica más adelante.

4.1.3. Consanguinidad y tamaño efectivo de la población.

La media de los coeficientes de consanguinidad para la población de referencia fue de 10,8%. Este valor es más elevado que el 6,4% encontrado en la raza Pannon White (Nagy *et al.*, 2010). En la Figura 22 se muestra la evolución de los coeficientes medios de consanguinidad junto con los coeficientes de generaciones equivalentes de 2009 a 2014.

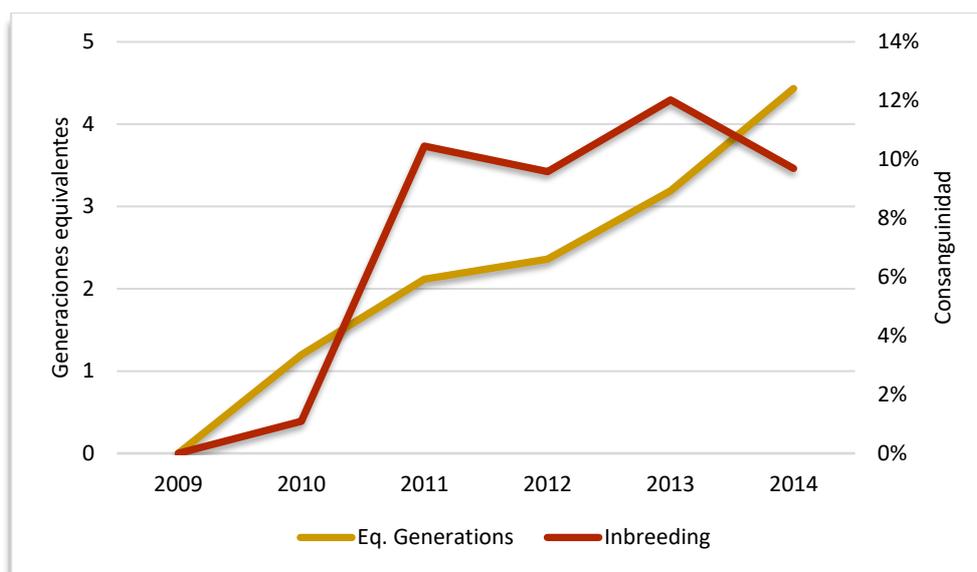


Figura 22. Evolución del coeficiente de consanguinidad media (Inbreeding) y del número de generaciones equivalentes (Eq. Generations).

Mientras que el conocimiento del pedigrí ha aumentado considerablemente desde el año 2009, el incremento del coeficiente de consanguinidad parece haberse estancado desde 2011 como consecuencia de las nuevas medidas tomadas en la estrategia de apareamientos.

Dado que el incremento de la consanguinidad es una consecuencia lógica del conocimiento de más generaciones de antecesores, el parámetro más utilizado para medir la consanguinidad es el tamaño efectivo de la población (N_e). De este modo, el tamaño efectivo de la población es considerado hoy en día como uno de los valores de referencia más importantes en genética de poblaciones, teniendo en cuenta su grado de utilidad como medida del mantenimiento de una población a largo plazo, en función tanto de su diversidad como su consanguinidad, caracterizando por tanto el estado de riesgo de las distintas razas ganaderas (Duchev *et al.*, 2006; FAO, 1998).

Actualmente, uno de los métodos de elección para el cómputo de N_e es $\overline{N_e}$, o tamaño efectivo realizado (Leroy *et al.*, 2013). La estimación de N_e basada en el incremento individual en la consanguinidad podría reflejar de una forma bastante aproximada el historial genético de una población, en concreto el tamaño de la población fundadora, su estrategia de apareamientos o cuellos de botella debidos a una utilización abusiva de unos pocos reproductores en un periodo para el cual se estudian las genealogías (bajo estas condiciones 5 generaciones). Todos estos fenómenos se manifiestan en el pedigrí del individuo y, por esta razón, se reflejan en el incremento individual de la consanguinidad (Cervantes *et al.*,

2008; Gutiérrez *et al.*, 2008, 2009). Además, en este último estudio se ha demostrado que con el uso del incremento individual de la consanguinidad para calcular el tamaño efectivo, bastarían dos generaciones para obtener resultados fiables.

Por otra parte, el cálculo del tamaño efectivo de la población basado en el incremento en coascendencia complementa la información aportada por el tamaño efectivo realizado de la población, ya que proporciona el valor de una población ideal equivalente si los apareamientos en la población bajo estudio fueran aleatorios. Se ha demostrado además que la comparación entre este cálculo del tamaño efectivo de la población ($\overline{N_{ec}}$) basado en la coascendencia y el mismo índice basado en el incremento individual de la consanguinidad nos puede proporcionar información acerca del grado de estructuración de la población (Cervantes *et al.*, 2011). El cómputo del tamaño efectivo realizado de la población basado en el incremento individual de la consanguinidad para la población de referencia para el conejo Ibicenco resultó ser de 9,6, y el calculado mediante el incremento individual de la coascendencia fue claramente superior, 17,5. El calculado en el primer caso ($\overline{N_e}$) se refiere al tamaño efectivo de la población asumiendo que la estructuración genética parcial de la población condiciona la estrategia de apareamientos que se seguirá en un futuro, mientras que en el segundo caso, ($\overline{N_{ec}}$) se asume que en el futuro próximo de la población los apareamientos se realizarán al azar. Dado que la diferencia entre ambos valores calculados sobre el tamaño efectivo de la población es estrecha, nos demuestra que los diferentes colores de la capa se mezclan bastante. De hecho, teniendo en cuenta que el aislamiento geográfico de las dos explotaciones implicadas y el escaso intercambio genético por inseminación artificial, el cociente entre ambos tamaños efectivos de población ($\overline{N_{ec}} / \overline{N_e}$) dio un resultado de 1,81 subpoblaciones equivalentes, lo que indicaría una cierta tendencia a practicar apareamientos consanguíneos que tendrían por objeto el mantenimiento de los cuatro colores diferentes de colores de la capa. Sin embargo, el índice de subdivisión producido como resultado de esta práctica no es hoy en día demasiado elevado.

La fundación de la población de conejo Ibicenco se realizó a partir de un número de fundadores extremadamente reducido, que además se encontraban aislados geográficamente, lo que asociado al bajo censo podría conducir a un declive si no se lleva a cabo ninguna acción para prevenir el incremento de la consanguinidad en esta población. Si realizamos una breve revisión del tamaño de efectivo N_e en otras poblaciones, el parámetro

nos indica claramente que la raza del conejo Ibicenco se encuentra actualmente en peligro de extinción. Todos los índices de tamaño efectivo de la población calculados para esta raza, se encuentra muy por debajo de 50-100, que es el valor recomendado por algunos autores para mantener una población viable a largo plazo (Meuwissen, 2009). Por ejemplo, el tamaño efectivo realizado N_e vía incremento de la consanguinidad fue de 78 en la raza Pannon White (Nagy *et al.*, 2010). Dado que otras poblaciones no consideradas en peligro de extinción mantienen valores de N_e alrededor de 50 (Cervantes *et al.*, 2008), estos umbrales de 50-100 han sido cuestionados y se propone su revisión (Leroy *et al.*, 2013).

Si se compara el tamaño efectivo de la población con el número efectivo de fundadores (10), con el número efectivo de ancestros (11) y con el de genomas fundadores equivalentes (6), los valores de N_e resultaron más elevados, demostrando que la población está siendo gestionada de una forma correcta si el objetivo es mantener la máxima variabilidad genética.

4.1.4. Estructura genética

La peculiar estructura poblacional por colores del conejo Ibicenco aconseja realizar un análisis más profundo teniendo en cuenta las dificultades en el manejo de la reducción de la variabilidad bajo estas condiciones.

En la Tabla 7 se muestran los estadísticos F de Wright (F_{IS} para cada grupo de color y todos los coeficientes F_{ST} entre grupos de colores), y la coascendencia media (Caballero y Toro, 2002) intra e intergrupos de colores. Ambos parámetros, F estadísticos y coascendencia media muestran que los grupos naranja y gris son los que presentan una mayor distancia genética, mientras que los grupos de grises y negros se encuentran más próximos. Igualmente, y de acuerdo con los resultados de consanguinidad y probabilidad de origen de los genes, la subpoblación de grises fue la más consanguínea.

Tabla 7. Estadísticos F de Wright (F_{IS} en la diagonal y F_{ST} fuera de la diagonal) y coascendencia media (f_{ij}), en la misma subpoblación (diagonal) y entre subpoblaciones (fuera de la diagonal), definidas por el color de la capa para la población de referencia.

$F_{IS_F_{ST}}$	Gris	Marrón	Negro	Naranja	f_{ij}	Gris	Marrón	Negro	Naranja
Gris	-0,0462	0,0372	0,0219	0,0523	Gris	17%	6%	11%	3%
Marrón	0,0372	-0,0304	0,0353	0,0236	Marrón	6%	9%	4%	4%
Negro	0,0219	0,0353	0,0404	0,0376	Negro	11%	4%	13%	4%
Naranja	0,0523	0,0236	0,0376	-0,0168	Naranja	3%	4%	4%	11%
Media	0,0163	0,0164	0,0136	0,0242	Media	9%	6%	8%	5%

Los valores negativos de F_{IS} indican la existencia de más coascendencia que consanguinidad en el seno de todas las subpoblaciones, lo que, en teoría, podría indicarnos que los apareamientos realizados dentro de la misma subpoblación (grupos de color), se podrían estar realizando intentando evitar cruces entre parientes cercanos. Sin embargo, este hecho debe ser interpretado con precaución, dado que las coascendencias medias incluyen autoascendencias ($\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times$ consanguinidad), lo que supone al menos valores de 0,5 para cada individuo, y estas autoascendencias tienen un peso muy fuerte en subpoblaciones de tamaño pequeño.

4.1.5. Estrategia de apareamientos

El peligro de que el conejo Ibicienco pueda llegar a extinguirse ha sido demostrado en este estudio. Está también bien documentado que la mejor estrategia para el manejo de programas de cría orientados a mantener la diversidad genética y limitar la consanguinidad se realiza por medio de seleccionar progenitores que minimicen el parentesco medio de la población (Ivy y Lacy, 2012). Sin embargo, y puesto que la medida de coascendencia depende fuertemente de la profundidad del pedigrí, ésta podría no ser la mejor estrategia cuando se trata de poblaciones con un conocimiento de pedigrí muy desigual. Bajo este escenario, la contribución genética de los animales involucrados depende también de la profundidad del pedigrí. Finalmente, la voluntad de los criadores de mantener la estructura de capas de la población, en el caso del conejo Ibicienco, supone una complejidad añadida al manejo de los apareamientos. De hecho, si solo se hubiesen tenido en cuenta las coascendencias para diseñar los apareamientos, la población probablemente se habría encaminado hacia la desaparición de los diferentes colores de capa, a excepción del marrón. Si las coascendencias no son manejadas con cautela, las subpoblaciones de colores de capa con menor número de efectivos, como el negro y el gris, incrementarían su consanguinidad hasta niveles peligrosos.

En el presente estudio se propone una nueva técnica para ayudar a diseñar los apareamientos. En la parte izquierda de la Tabla 8, se muestra como ejemplo un escenario real con sus coeficientes de coascendencia entre dos machos y tres hembras. En la parte derecha de la misma tabla, los mismos coeficientes de coascendencia fueron estandarizados y transformados en sus tamaños efectivos equivalentes del cruce (N_{em}). Si prescindimos de esa transformación, por ejemplo, las tres hembras F_1 , F_2 y F_3 podrían aparearse con los machos tanto M_1 como M_2 , puesto que los coeficientes de coascendencia que resultarían de esos apareamientos son equivalentes. Sin embargo, las diferencias en cuanto a profundidad

de pedigrí de todos los individuos mencionados muestran que, para todos los casos, se preferiría el cruce de las tres hembras con el macho M_2 . Este método está suficientemente desarrollado para el caso del conejo Ibicenco, en consideración a los colores de la capa, lo cual requiere prestar una especial atención en los apareamientos.

Tabla 8. Coeficientes de coascendencia (C) entre machos y hembras (izquierda), coeficiente de relación media (AR) y tamaño efectivo equivalente del cruce (N_{em}) para un descendiente hipotético (derecha) en un ejemplo real con dos machos y tres hembras.

C		♂	Gris	Gris	N_{em}		♂	Gris	Gris
			M1	M2				M1	M2
♀		AR	20%	21%	♀		AR	20%	21%
	Negro	F1	14%	9%		9%	Negro	F1	14%
Negro	F2	19%	13%	13%	Negro	F2	19%	10,5	12,7
Marrón	F3	19%	10%	10%	Marrón	F3	19%	13,7	16,0

Este método podría ser estudiado para su aplicación en el diseño de apareamientos minimizando el incremento global en la coascendencia en lugar de otros que se basan en minimizar el incremento absoluto en los coeficientes de coascendencia (Toro *et al.*, 1988) (Fernandez *et al.*, 2003). Nótese también que, aunque el empleo de N_{em} como criterio es muy útil en esta raza de conejos, podría no ser recomendable optimizarla maximizando este parámetro, porque incrementos muy bajos en la coascendencia, serían transformados en tamaños efectivos de población demasiado altos. En su lugar, como se ha mencionado anteriormente, la optimización estaría indicada minimizando el incremento global de la coascendencia entre todos los futuros descendientes, para lo cual habría que ignorar la información del color de las capas.

En el caso del conejo Ibicenco, como se ha señalado en la Tabla 8, se debe tener en cuenta otro tipo de información a la hora de diseñar los apareamientos. En este caso, la representación de cada animal en el pedigrí de la raza, se incluye por medio del Coeficiente de Relación Media (AR) que se define como la probabilidad de que un alelo escogido al azar del total de la población, pertenezca a un animal (Goyache *et al.*, 2003; Gutiérrez *et al.*,

2003). También, el color de capa o genotipos probables para los genes involucrados que los determinan (Tabla 9) pueden ser tenidos en cuenta para decidir los apareamientos definitivos. Por lo tanto, es recomendable monitorizar de esta manera todos los apareamientos posibles para gestionar la variabilidad genética de esta población autóctona en un escenario de estructuración parcial y permanente de los colores. De hecho, esta estrategia fue aplicada durante 18 meses, en 2012 y 2013, resultando en una ostensible mejora de algunos parámetros, como \overline{N}_{ec} de 11,8 a 17,5 o f_a de 9 a 11 (Martín de la Rosa *et al.*, 2013).

Tabla 9. Hipótesis sobre la segregación alélica de los cuatro colores de capa en el conejo Ibicenco y genes que la determinan: Agoutí (Aa), Chinchilla (CC^{ch}), Extensión (Ee).

Alelos	ACE	ACe	Ac ^{ch} E	Ac ^{ch} e	aCE	aCe	ac ^{ch} E	ac ^{ch} e
ACE	AACCEE	AACCEe	AACc ^{ch} EE	AACc ^{ch} Ee	AaCCEE	AaCCEe	AaCc ^{ch} EE	AaCc ^{ch} Ee
ACe	AACCEe	AACCee	AACc ^{ch} Ee	AACc ^{ch} ee	AaCCEe	AaCCee	AaCc ^{ch} Ee	AaCc ^{ch} ee
Ac ^{ch} E	AACc ^{ch} EE	AACc ^{ch} Ee	Aac ^{ch} c ^{ch} EE	Aac ^{ch} c ^{ch} Ee	AaCc ^{ch} EE	AaCc ^{ch} Ee	Aac ^{ch} c ^{ch} EE	Aac ^{ch} c ^{ch} Ee
Ac ^{ch} e	AACc ^{ch} Ee	AACc ^{ch} ee	Aac ^{ch} c ^{ch} Ee	Aac ^{ch} c ^{ch} ee	AaCc ^{ch} Ee	AaCc ^{ch} ee	Aac ^{ch} c ^{ch} Ee	Aac ^{ch} c ^{ch} ee
aCE	AaCCEE	AaCCEe	AaCc ^{ch} EE	AaCc ^{ch} Ee	aaCCEE	aaCCEe	aaCc ^{ch} EE	aaCc ^{ch} Ee
aCe	AaCCEe	AaCCee	AaCc ^{ch} Ee	AaCc ^{ch} ee	aaCCEe	aaCCee	aaCc ^{ch} Ee	aaCc ^{ch} ee
ac ^{ch} E	AaCc ^{ch} EE	AaCc ^{ch} Ee	Aac ^{ch} c ^{ch} EE	Aac ^{ch} c ^{ch} Ee	aaCc ^{ch} EE	aaCc ^{ch} Ee	aac ^{ch} c ^{ch} EE	aac ^{ch} c ^{ch} Ee
ac ^{ch} e	AaCc ^{ch} Ee	AaCc ^{ch} ee	Aac ^{ch} c ^{ch} Ee	Aac ^{ch} c ^{ch} ee	aaCc ^{ch} Ee	aaCc ^{ch} ee	aac ^{ch} c ^{ch} Ee	aac ^{ch} c ^{ch} ee

Chinchilla

Agoutí

Naranja

Negro

4.2. PESOS Y RENDIMIENTOS

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros relacionados con pesos y rendimientos en las dos poblaciones de conejos analizadas en este estudio, y su comparación estadística. A continuación, se discuten en detalle los datos observados para estos parámetros.

Tabla 10. Pesos (g) y rendimientos (%) de la canal y despieces de las poblaciones de conejos objeto de estudio (n=20 individuo de cada población; *p* obtenido en la prueba *t de Student*).

Parámetro	Híbridos	Ibicencos	<i>p</i>
Peso vivo al sacrificio	2.071,7±129,8 ^a	1.640,2±172,9 ^b	<0,0001
Peso de la canal en caliente	1.278,3±93,03 ^a	1.053,1±93,53 ^b	<0,0001
Peso de la canal en frío	1.230,7±90,90 ^a	1.018,5±90,31 ^b	<0,0001
Pérdidas por escurrido	3,70±0,56	3,28±0,60	n.s.
Rendimiento	59,40±2,83 ^b	62,23±2,31 ^a	<0,01
Peso parte delantera	351,3±28,74 ^a	289,0±32,48 ^b	<0,0001
Peso parte delantera/ Peso de la canal en frío	28,50±1,02	28,30±1,19	n.s.
Peso extremidad delantera derecha	70,05±5,38 ^a	57,75±7,07 ^b	<0,0001
Peso extremidad delantera izquierda	73,90±7,75 ^a	61,80±6,79 ^b	<0,0001
Peso extremidades delanteras	143,9±12,01 ^a	119,5± 12,70 ^b	<0,0001
Peso parte intermedia	288,5±30,54 ^a	251,7±25,55 ^b	<0,001
Peso parte intermedia/ Peso de la canal en frío	23,46±2,05 ^b	24,71±1,40 ^a	<0,05
Peso del lomo	109,7±13,18 ^a	94,10±10,81 ^b	<0,001
Rendimiento del lomo	38,17±4,06	37,50±3,53	n.s.
Peso parte trasera	396,6±26,82 ^a	312,2±25,60 ^b	<0,0001
Peso parte trasera/ Peso de la canal en frío	32,27±1,51 ^a	30,70±1,63 ^b	<0,005
Peso extremidad posterior derecha	182,0±13,48 ^a	141,3±12,75 ^b	<0,0001

Tabla 10 (continuación). Pesos (g) y rendimientos (%) de la canal y despieces de las poblaciones de conejos objeto de estudio (n=20 individuo de cada población; *p* obtenido en la prueba *t de Student*).

Parámetro	Híbridos	Ibicencos	<i>p</i>
Peso extremidad posterior izquierda	178,9±14,01 ^a	141,8±10,50 ^b	<0,0001
Peso carne muslo derecho	123,9±11,12 ^a	97,95±8,76 ^b	<0,0001
Peso carne muslo izquierdo	123,0±12,26 ^a	99,00±7,75 ^b	<0,0001
Peso total de extremidades posteriores	360,9±25,95 ^a	283,0±21,95 ^b	<0,0001
Peso total carne de los muslos	246,9±22,26 ^a	197,0±15,47 ^b	<0,0001
Rendimiento en carne de los muslos	68,35±2,80	69,61±1,85	n.s.
Peso cabeza	119,5±10,5 ^a	97,4±9,3 ^b	<0,0001
Porcentaje peso de la cabeza/peso canal en frío	9,73±0,81	9,58±0,71	n.s.
Peso del hígado	58,60±8,33 ^a	45,30±6,32 ^b	<0,0001
Porcentaje peso del hígado/peso canal en frío	4,74±0,42	4,45±0,56	n.s.
Peso tubo digestivo	320,0±57,48 ^a	209,3±58,81 ^b	<0,0001
Porcentaje peso del tubo digestivo/peso canal en frío	15,40±2,48 ^a	12,63±2,71 ^b	<0,01

^{a,b}: letras distintas en la misma fila para la misma pieza indican diferencias significativas entre los dos grupos raciales.

4.2.1. Peso vivo al sacrificio

Los conejos ibicencos mostraron un peso al sacrificio (PVS60) significativamente menor que los híbridos comerciales, con valores en torno a un 20% inferiores ($p < 0,0001$) (Figura 23). Como era de esperar, los resultados en los conejos híbridos se corresponden con la utilización como progenitores de unas líneas paternas de animales altamente seleccionados durante varias generaciones para la velocidad de crecimiento, al contrario que

los Ibicencos, en los que la selección para este carácter no ha sido constatada. En este sentido, en un estudio sobre conejo Ibicenco, Formoso-Raferty *et al.* (2016), observaron que los animales tardaron 2 días más en alcanzar el peso al sacrificio que en un grupo de comparación formado por híbridos comerciales.



Figura 23. Peso vivo al sacrificio a los 60 días (g) y desviaciones estándar de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos.

Estos resultados demostrarían la gran influencia que tiene el factor racial sobre este parámetro, puesto que el resto de los factores de cría fueron idénticos para ambos grupos raciales. Como se demostró en distintos estudios, el peso vivo al sacrificio está condicionado por el tipo de raza de la que se obtengan las canales para consumo, siendo este parámetro mayor en aquellas razas consideradas como “gigantes” que en las razas más pequeñas, tomando como referencia una misma edad al sacrificio (Dudley y Wilson, 1943), (Ouhayoun y Poujardieu, 1979).

Los resultados obtenidos para este parámetro en los conejos Ibicencos fueron también inferiores a los obtenidos por Dalle Zotte *et al.* (2015) en el estudio referenciado, en el que demostraron la influencia que el factor racial puede ejercer sobre el peso vivo al sacrificio en conejos procedentes de dos cruces distintos, siendo en ambos la línea hembra de base genética Pannon Ka y la línea macho Pannon Large y Gigante de Hungría respectivamente, aunque, como se ha señalado, los animales se sacrificaron a las 12 semanas de edad, y los

autores registraron un peso medio de 3.109 g en los cruces de Pannon Ka x Pannon Large, superiores a los 2.881 g observados en los cruces de Pannon Ka x Gigante de Hungría.

Comparando con los resultados publicados en la bibliografía, los pesos obtenidos en los conejos Ibicencos fueron del orden de los observados por Tůmová *et al.*, (2014) en la raza Czeck Black Guard Hair (1.787 g) con una edad al sacrificio considerablemente mayor (90 días). Asimismo, los conejos Ibicencos mostraron un peso mayor en comparación con algunas razas minoritarias de carácter local, como el conejo de Ischia (1.640 g frente a 1.286 g) en menos de la mitad de tiempo (60 días frente a 145) (Bovera *et al.*, 2004). En la raza Gigante de España, autóctona y reconocida oficialmente en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (MAPA, 2019) se han señalado pesos vivos al sacrificio de alrededor de 2 kg a los 64-65 días (López y Sierra, 1998).

Por su parte, los conejos híbridos mostraron pesos similares a los obtenidos por Rouvier (1970) en conejos de la raza Gigante Ruso sacrificados a los 84 días (2.055 g), e inferiores a conejos híbridos comerciales sacrificados a los 77 días (Dalle Zotte *et al.*, 1995) y a animales pertenecientes a la raza checa Azul de Moravia (2.603 g), sacrificados a los 90 días (Tůmová *et al.*, 2014).

4.2.2. Peso de la canal

En la Figura 24 se muestran los pesos de la canal en caliente (PCC) y en frío (PCF), tomados sobre la canal comercial. Ambos pesos fueron aproximadamente un 18% menores en los conejos Ibicencos en comparación con los híbridos ($p < 0,0001$), como cabía esperar en animales no seleccionados para estos parámetros.

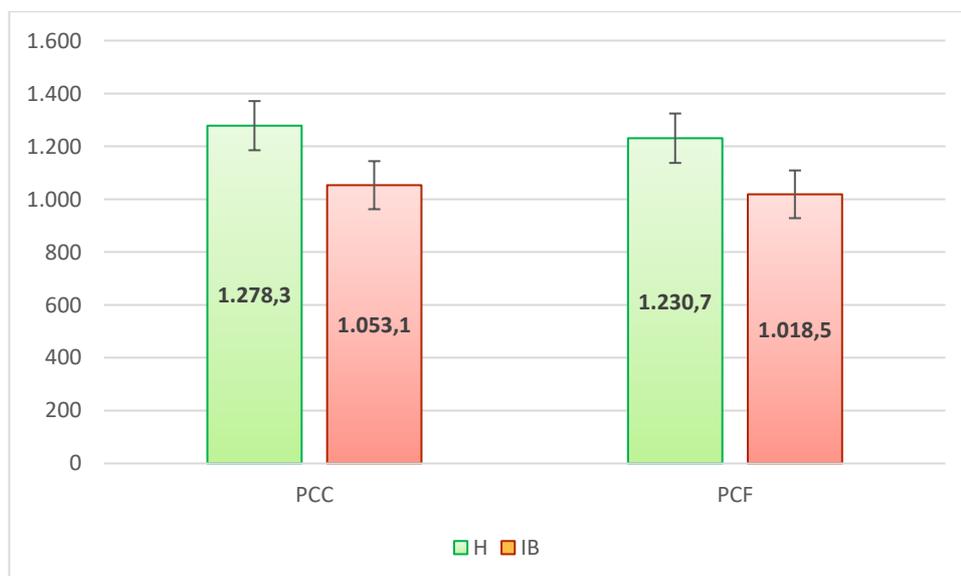


Figura 24. Peso (g) de la canal en caliente (PCC) y en frío (PCF) de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

El factor racial, parece igualmente determinante para el carácter de peso de la canal, tanto en frío como en caliente. Los pesos de la canal comercial encontrados en los conejos Ibicencos fueron muy superiores a los observados en otras razas locales, como el conejo de Ischia, con una edad al sacrificio de 4,5 meses (Bovera *et al.*, 2004). Del mismo modo, el PCC de los conejos Ibicencos fue superior al observado por Tůmová *et al.* (2014) en animales de la raza Czech Black Guard Hair sacrificados a los 90 días (986 g), y se puede considerar similar al de otras razas estudiadas por estos autores, como la Czech Solver (1.080 g) y la Czech Gold (1.074 g). Sin embargo, los PCC encontrados en el Ibicenco fueron inferiores a los observados en la raza autóctona de conejos Gigante de España (catalogada como en peligro de extinción), que fue de 1201 g, aunque los animales de procedencia de estas canales fueron sacrificados con un peso superior al del Ibicenco (2012 g). No hemos encontrado datos comparativos para este parámetro con la raza Antiguo Pardo Español, también de reciente introducción en el Catálogo Oficial de Razas Autóctonas de España. Por su parte, los valores observados en los animales híbridos resultaron ser ligeramente superiores a los pesos entre 1.122 y 1.146 g obtenidos por Hernández *et al.* (2000) en conejos sacrificados con 65 días de edad.

4.2.3. Pérdidas por escurrido

Los conejos Ibicencos y híbridos mostraron pérdidas del 3,3 y el 3,7%, respectivamente, según se muestra en la Figura 25; pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Estas pérdidas son similares a las observadas por Lukefahr *et al.* (1982) en las razas Neozelandesa y Gigante de Flandes, sacrificados en un intervalo de edades comprendido entre 57 y 64 días, en los que no se tuvo en cuenta el sexo del animal. Por otra parte, fueron menores que las registradas por Pla *et al.* (1996) en dos líneas sintéticas de conejos con diferente velocidad de crecimiento, alimentados con pienso convencional y sacrificados con un peso vivo aproximado de 2 kg (entre 8 y 9 semanas de edad), y superiores a las observadas por Dalle Zotte y Paci (2014) en conejos con ascendencia genética paterna de las razas Azul de Viena y Leonado de Borgoña (en torno a un 2% en ambos casos), sacrificados cuando alcanzaron los 2,8 kg de peso vivo.

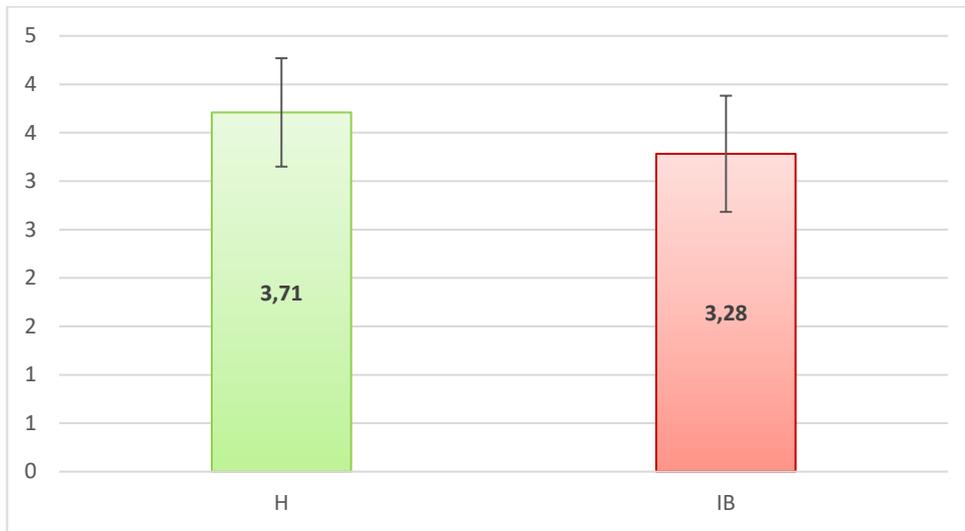


Figura 25. Pérdidas por escurrido (%) en las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.2.4. Rendimiento de la canal

La población de conejos Ibicencos mostró unos valores de rendimiento superiores a los híbridos ($p > 0,01$), como se puede observar en la Figura 26. En este grupo racial, los rendimientos superaron el 60%, mientras que las canales de conejos híbridos no superaron esta cifra. Se puede observar también un mayor rendimiento en los Ibicencos que en el Gigante de España (57,5%) (López y Sierra, 2002) y que en la raza cunícola Antiguo Pardo Español, en la que su programa de conservación y mejora establece un rendimiento medio del 56,4% (MAPA, 2019). Distintos estudios señalan que las razas grandes, especialmente las seleccionadas por su velocidad de crecimiento, presentan menores rendimientos que las razas más pequeñas o líneas seleccionadas por el tamaño de la camada al destete (Hernández *et al.*, 2006; Szendrö *et al.*, 2010; Tůmová *et al.*, 2014). Por esta razón, y según las conclusiones de los trabajos de Hernández *et al.*, (2006), este parámetro se debe tener muy en cuenta, puesto que muchos mataderos industriales en la actualidad pagan a los productores atendiendo al rendimiento de la canal. En este sentido, Paci *et al.* (2012), encontraron unos rendimientos mayores en un 5,4% aproximadamente en conejos grises pertenecientes a una raza local italiana que en conejos híbridos. En el análisis de este último estudio se resaltó que estas razas o poblaciones minoritarias podrían ser consideradas preferidas por el consumidor, además por la razón a la calidad de su carne o a sus condiciones

naturales de cría, por sus buenas características de rendimiento en matadero.

Los resultados obtenidos en este trabajo para el parámetro del rendimiento de la canal en los conejos Ibicencos, son superiores a los observados por Szendrő *et al.* (2010), en el que se analizó este carácter en diez genotipos de conejos diferentes sacrificados a los 78 días, en los que intervenían como línea materna Pannon White y una estirpe denominada “M”, seleccionada por el número de pezones y tamaño de la camada por la metodología BLUP, y como línea paterna la misma línea “M”, Pannon White, Large Body Line, seleccionada por la ganancia de peso diaria, línea HYCOLE, seleccionada por ganancia de peso diaria y peso vivo en adulto y la una línea coloreada denominada CL, no seleccionada para ningún parámetro. En este último trabajo, se encontraron rendimientos a la canal entre un 60 y un 60,8%, concluyendo que los genotipos de las hembras y los machos no afectaban significativamente a este carácter.

Igualmente, los rendimientos de los conejos Ibicencos obtenidos en este trabajo son superiores a los hallados por Abdel-Azeem *et al.* (2007) en conejos de las razas puras Baladi Red, Chinchilla Gigante, Gigante Francés Mariposa y Simenwar, donde se obtuvieron resultados en torno al 57%.

Los valores registrados en los conejos Ibicencos parecen estar en consonancia con el menor porcentaje del peso del tubo digestivo en relación con el peso vivo al sacrificio que se observó en este trabajo (12,6% frente a un 15,4%), si bien, además el factor racial, el peso de esta porción también puede estar influido por el tipo de dieta. Así, una dieta con un alto contenido de fibra puede resultar en un mayor peso del tubo digestivo (Bovera *et al.*, 2004).

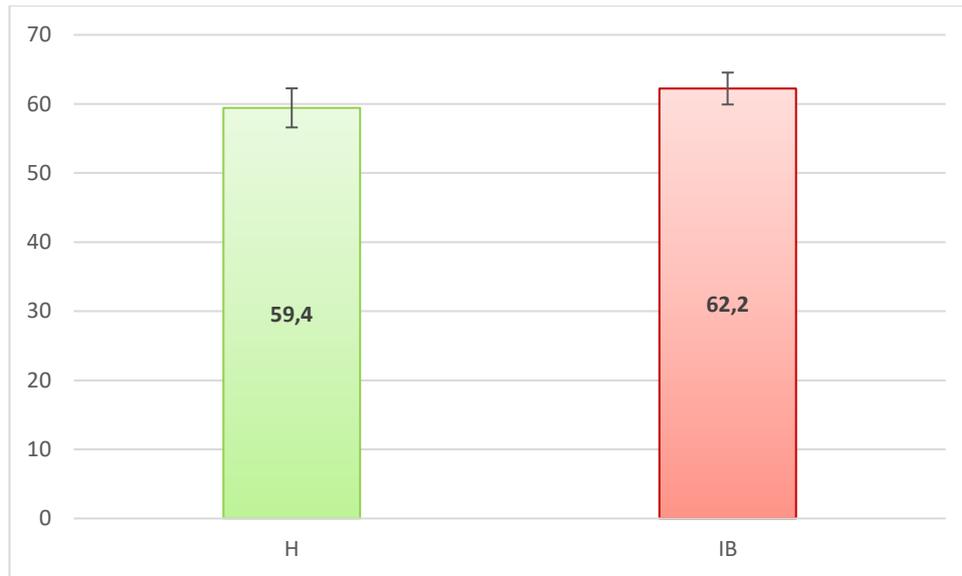


Figura 26. Rendimiento de la canal (%) de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.2.5. *Despiece de la canal*

En las Figuras 27 y 28 se muestra la comparación entre los pesos y los porcentajes respecto al peso de la canal en frío de los tres cortes principales (parte delantera, parte intermedia y parte trasera) en las dos poblaciones de conejos estudiadas.

Los valores absolutos de los pesos de los tres cortes principales de la canal de los conejos Ibicencos fueron claramente inferiores ($p < 0,0001$ en PPD y PPT; y $p < 0,001$ en PPI). Estos valores parecen corresponderse a la marcada diferencia entre una población seleccionada para la obtención de unos altos rendimientos cárnicos en matadero con otra población autóctona, de carácter local, que no ha sido influida por el mencionado proceso de selección. Sin embargo, comparando los valores porcentuales de dichos pesos respecto al peso de la canal en frío, las diferencias no fueron tan acusadas e incluso se puede apreciar que este parámetro, referido a la parte intermedia de la canal, fue superior en los conejos Ibicencos que en los híbridos ($p < 0,05$).

A continuación, se presenta de manera más detallada y por separado cada uno de los cortes principales.

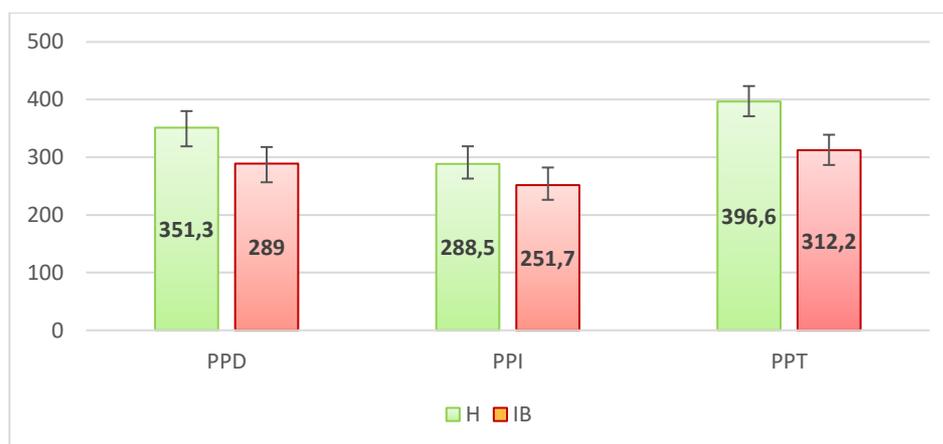


Figura 27. Peso absoluto (g) de los cortes principales de la canal de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicens. PDD: Peso de la parte delantera; PPI: Peso de la parte intermedia; PPT: Peso de la parte trasera. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

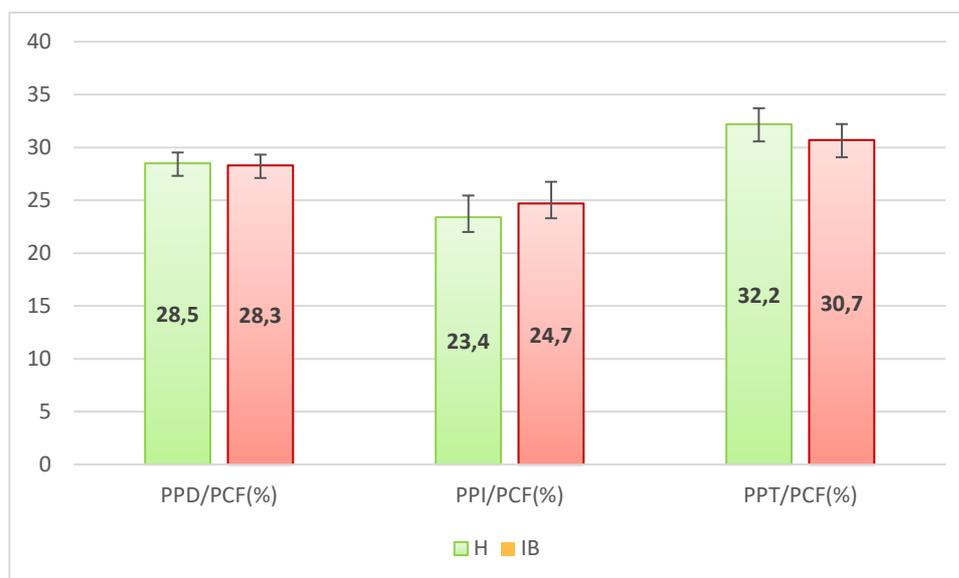


Figura 28. Peso (% respecto al peso de la canal en frío) de los cortes principales de la canal de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicens. PDD: Peso de la parte delantera; PPI: Peso de la parte intermedia; PPT: Peso de la parte trasera. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.2.5.1. Parámetros de la parte delantera de la canal

Los principales parámetros que se han estudiado en la parte delantera de la canal son el peso en valor absoluto de la parte delantera (PPD), peso porcentual de esta porción respecto al peso de la canal en frío (PPD/PCF%), el peso en valor absoluto de cada

extremidad delantera (PDD y PDI) y el conformado por ambas (PED). Como se puede apreciar en la Figura 29, y en concordancia con lo observado en el peso de la canal, el peso de la parte delantera desprovista de la cabeza (Figura 5, punto de corte 2), incluyendo las vísceras torácicas, fue notablemente inferior (aproximadamente un 18%) para el grupo Ibicenco en comparación con los conejos híbridos ($p < 0,0001$). El peso registrado en el grupo híbrido se asemeja al obtenido por Pla *et al.* (1996) en las razas sintéticas ya mencionadas y sacrificadas con 2 meses, al igual que en este trabajo.

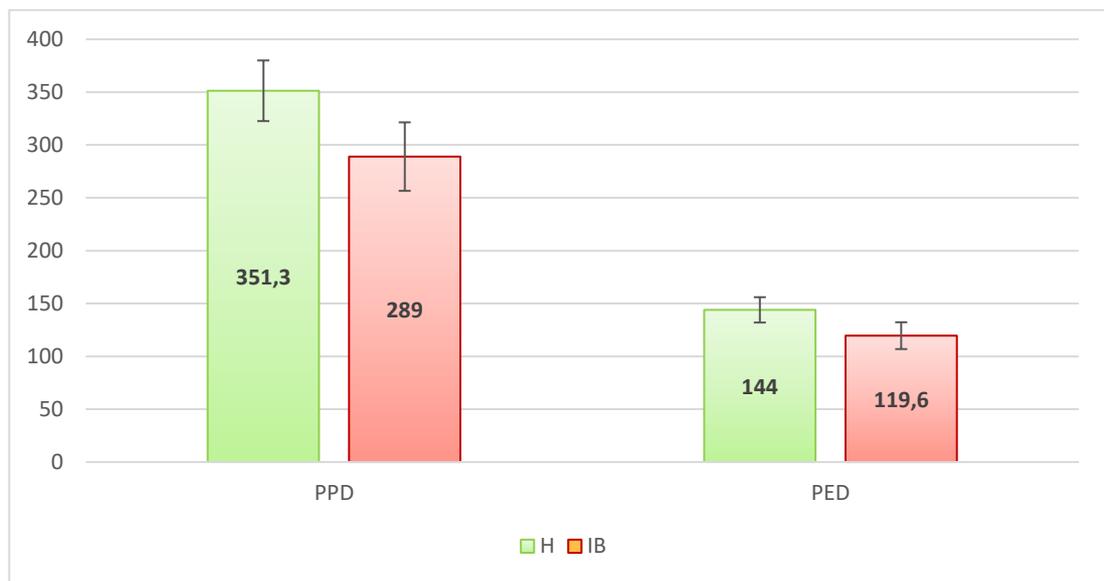


Figura 29. Peso (g) de la parte delantera (PPD) y de las extremidades anteriores (PED) de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

Con respecto al peso del de la canal en frío, la parte delantera presentó un rendimiento en torno al 28,5%, sin que en este caso se observaran diferencias significativas (Tabla 10). Estos valores son del orden de los que se han señalado en otros trabajos, como los observados por (Dalle Zotte *et al.*, 2015) en cruces de *Pannon Large* con *Pannon Ka* y Gigante de Hungría con *Pannon Ka*, con valores de alrededor de un 27%, si bien en este estudio los autores tomaron como punto de separación el espacio entre la séptima y la octava vértebra torácica, en lugar del espacio entre la última torácica y primera lumbar utilizado en este trabajo.

El peso de las extremidades delanteras fue también significativamente superior ($p < 0,0001$) en los conejos híbridos (ca. 144 g) que en los Ibicencos (ca. 119,6 g). Los valores

registrados en los primeros son similares a los señalados por Pla *et al.* (1996) en conejos pertenecientes a líneas sintéticas sacrificados con el mismo peso. Los pesos registrados para los conejos Ibicencos han resultado ser significativamente menores a los encontrados en las referencias estudiadas, desde 139,4 g (Pla *et al.*, 1998) a 157 g (Hernández *et al.*, 2006) para este parámetro. Como se puede observar en la Tabla 10, en ambos grupos raciales la porción delantera izquierda presentó un mayor peso que la derecha (aproximadamente un 6,7% en los conejos Ibicencos y un 5,3% en los híbridos).

4.2.5.2. Parámetros de la parte intermedia de la canal

Los parámetros estudiados en la parte intermedia de la canal son el peso en valor absoluto de esta porción (PPI), el porcentaje de la misma respecto al peso de la canal en frío (PPI/PCF%), el peso de los lomos (PL) y el rendimiento del lomo (RL) o porcentaje del peso de los lomos respecto al peso de la parte intermedia, según se describe en el apartado 3.2.6 En la Figura 30 se muestran los pesos de la parte intermedia de la canal (PPI), correspondiente a la porción comprendida entre los puntos de corte 2 y 3 (Figura 5). El peso de esta parte fue en torno a un 14,6% menor en los conejos Ibicencos en comparación con los híbridos ($p < 0,001$). Una vez obtenidos los lomos (desechando las vértebras lumbares, los músculos de la pared abdominal, los riñones y la grasa perirrenal), se observó que su peso fue un 14% mayor en los conejos híbridos en comparación con los Ibicencos ($p < 0,001$) (Figura 29).

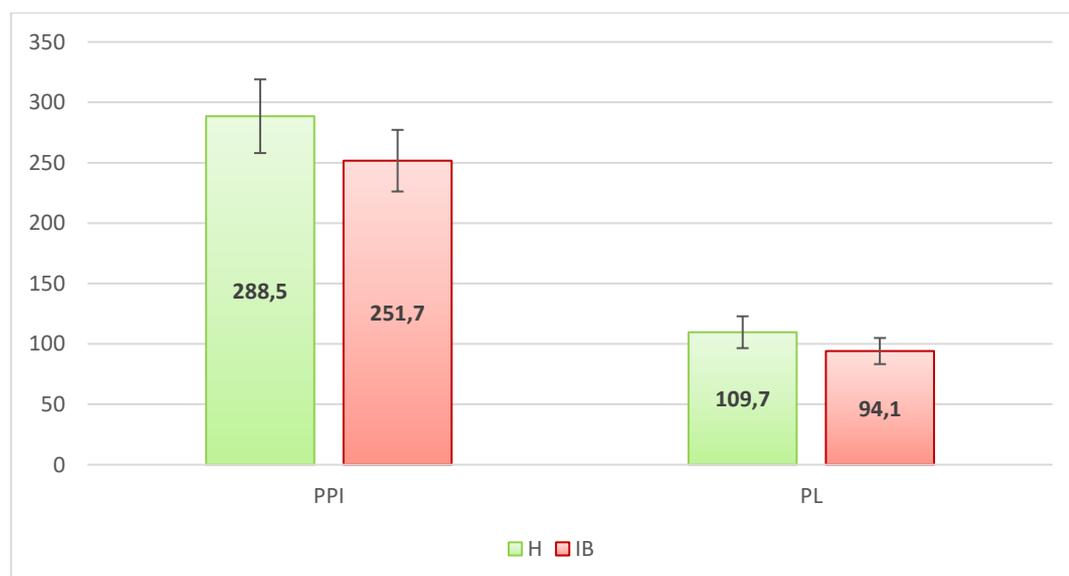


Figura 30. Peso (g) de la parte intermedia (PPI) y de los lomos (PL) de las dos

poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

Sin embargo, por lo que respecta al porcentaje en peso de esta pieza respecto al peso de la canal en frío, los conejos Ibicencos mostraron un rendimiento mayor ($p < 0,05$), que el de los híbridos en aproximadamente un 1,3% (Figura 30).

Los porcentajes del 24-25% observados en este trabajo son similares a los valores en torno al 25% observados por Dalle Zotte y Paci (2014) en las razas Azul de Viena y Leonado de Borgoña. Por su parte, en la bibliografía se pueden encontrar valores para este parámetro superiores al 30%, debidos a la utilización de otros puntos de corte de la canal que proporcionan piezas de mayores dimensiones. Este es el caso de los rendimientos observados por Dalle Zotte *et al.* (2015), en cuyo trabajo se utilizó como corte de referencia para la separación de la parte intermedia el espacio situado entre la séptima y la octava vértebra torácica. También se han encontrado valores inferiores (alrededor de un 17%), en conejos híbridos de las líneas HYLA e HYPLUS sacrificados a los 63 días (Zita *et al.*, 2010).

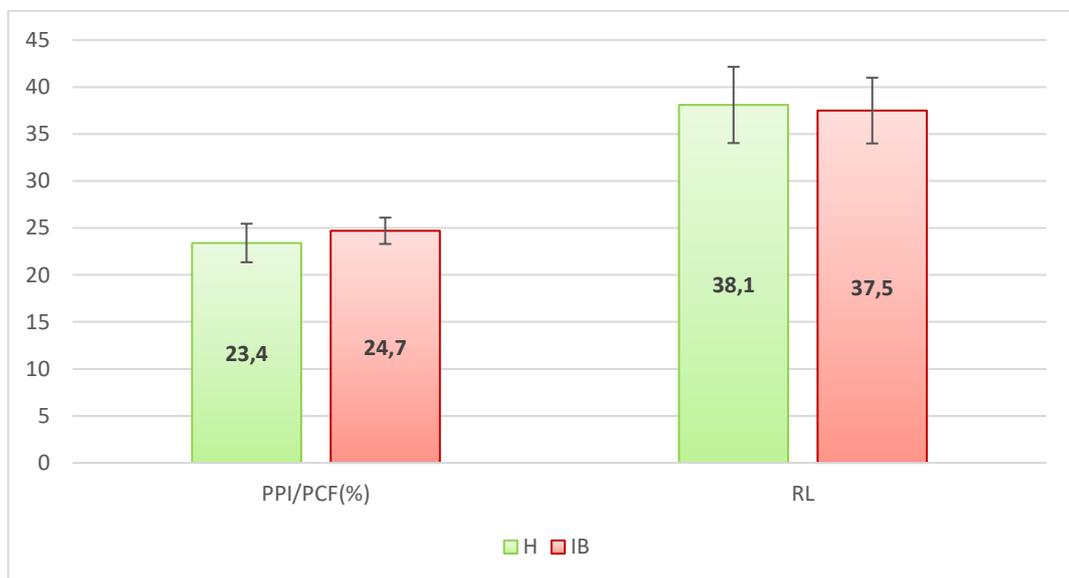


Figura 31. Peso (%) de la parte intermedia respecto al peso de la canal en frío y rendimiento de los lomos (RL) de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

Igualmente, como se puede apreciar en la Figura 31, el rendimiento de la carne del lomo (RL) no presentó diferencias significativas entre ambos grupos raciales estudiados

(Tabla 10).

4.2.5.3. Parámetros de la parte trasera de la canal

Los principales parámetros que se han estudiado en la parte trasera de la canal son los descritos en el apartado 3.2.6 de este trabajo: el peso en valor absoluto (PPT), el peso de esta porción anatómica en relación con el peso de la canal en frío (PPT/PCF%), el peso de la extremidad posterior derecha (PMD), el peso de la extremidad posterior izquierda (PDI), el peso de ambas extremidades posteriores (TM), el peso de la carne de la extremidad posterior derecha (CMD), el peso de la carne de la extremidad posterior izquierda (CMI), el peso de la carne de ambas extremidades (PCM) y el rendimiento en carne de las extremidades posteriores (RCM). En la Figura 32 se muestran los pesos obtenidos. En consonancia con las anteriores determinaciones de pesos en la canal y sus distintos despieces, las mediciones efectuadas en la parte trasera de la canal fueron claramente superiores en los conejos híbridos. Así, el peso de esta parte fue alrededor de un 21% inferior en los conejos Ibicencos, aunque los valores mostrados por éstos (aproximadamente 312 g) no distaron mucho de los obtenidos por Pla *et al.* (1996) en conejos de líneas sintéticas sacrificados con 2 kg de peso.

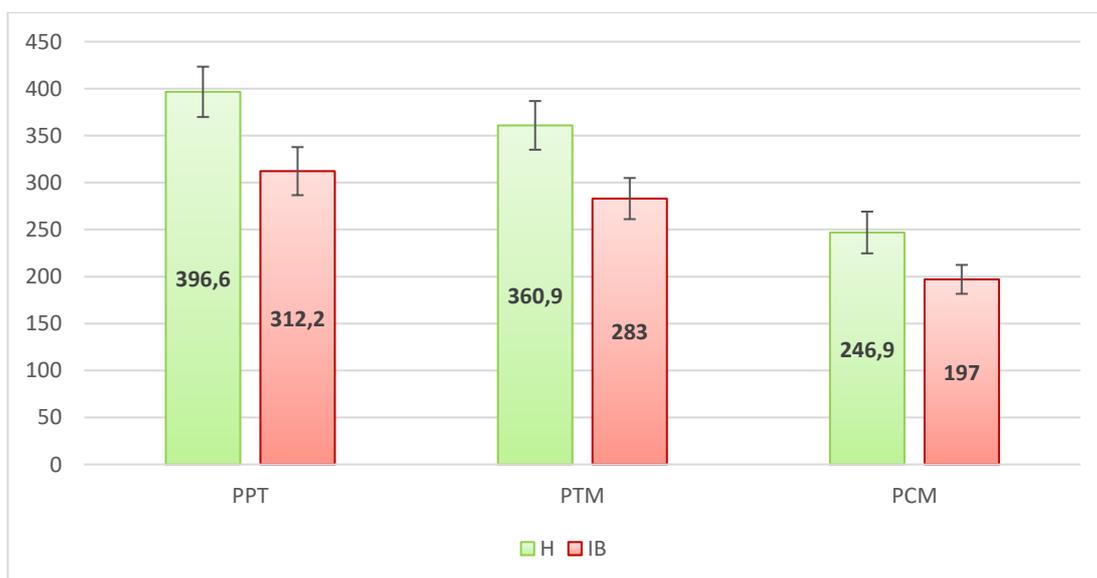


Figura 32. Peso (g) de la parte trasera (PPT), de las dos extremidades posteriores (PTM) y de la carne extraída de ambas extremidades de las dos poblaciones objeto de estudio (PCM). H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

Por su parte, el peso total de ambas extremidades posteriores (separadas de la parte posterior incidiendo por la línea de corte 5, que desprende a ambas del hueso sacro, músculo

iliopsoas y vértebras coxígeas, según se detalla en la Figura 5), fue menor ($p<0,0001$) en los conejos Ibicencos que en los híbridos en un porcentaje de alrededor del 21,5%, al igual que el peso de cada extremidad por separado. En los conejos híbridos se encontró un peso ligeramente superior en la extremidad posterior derecha que en la izquierda (al igual que sucedía en las extremidades anteriores), pero en este caso no se apreciaron diferencias en los conejos Ibicencos.

El peso de la carne de cada extremidad, así como el conformado por ambas fue significativamente superior en los híbridos que en los Ibicencos en cerca de un 20% ($p<0,0001$).

En la Figura 33 se muestran los rendimientos de la parte trasera de la canal. En relación con los porcentajes con respecto a la canal en frío, el rendimiento de la parte trasera fue significativamente mayor (en torno a un 1,5%) en los conejos híbridos ($p<0,05$). Estas medidas fueron menores que las encontradas por Dalle Zotte *et al.* (2015) en los grupos raciales antes descritos. En este último trabajo, para los cruces de Pannon Large con Pannon Ka se obtuvo un valor del 36,9% y para los cruces de Gigante de Hungría con Pannon Ka, un 37,3% ($p<0,05$). Estas diferencias entre los resultados de este trabajo y los obtenidos por Dalle Zotte *et al.*, pueden ser debidas a que los animales fueron sacrificados a distintas edades (8 semanas frente a las 12 de los experimentos de Dalle Zotte *et al.*).

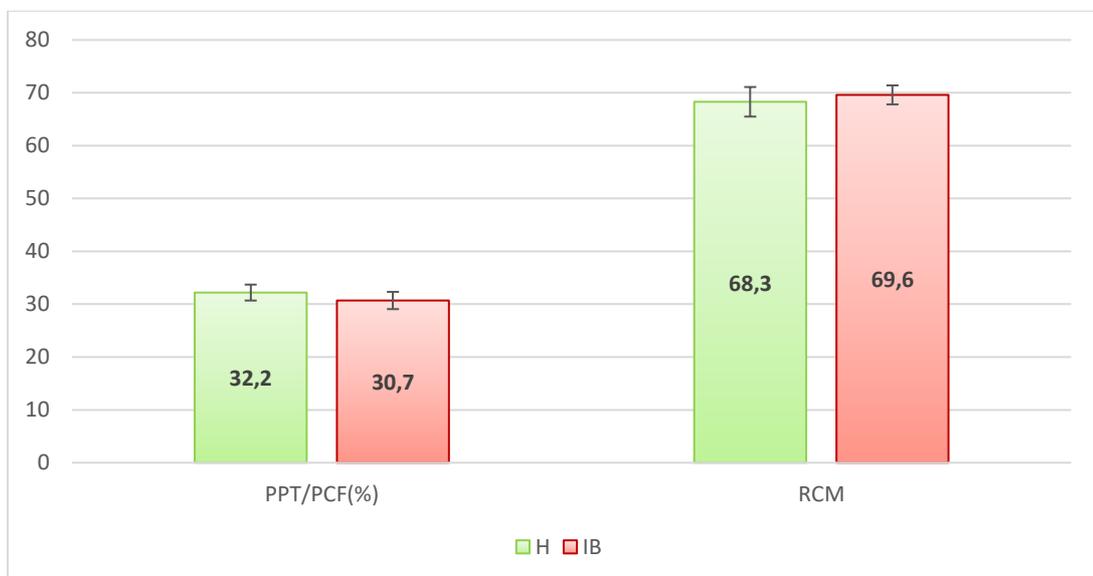


Figura 33. Peso (%) de la parte trasera de la canal (PPT) respecto al peso de la canal en frío (PCF) y del rendimiento en carne de los muslos (RCM) de la carne de los muslos de las dos extremidades posteriores (PCM) respecto al peso total de ambas

(PTM) en las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

El porcentaje en peso de la parte posterior ha sido también estudiado para dos razas utilizadas en Italia para la producción de carne de conejo ecológica, bien en pureza o en cruces de primera generación, Azul de Viena y Leonado de Borgoña. En un experimento llevado a cabo por Dalle Zotte y Paci (2014) con estas dos razas, en animales sacrificados con aproximadamente 2,8 kg de peso vivo, el porcentaje en peso de la parte posterior respecto al peso de la canal fue de alrededor de un 34% para ambas, no encontrándose diferencias significativas. En este caso, el porcentaje fue calculado respecto a la canal de referencia (sin cabeza). Esta puede ser la explicación de por qué el porcentaje es mayor que el calculado en este trabajo.

Pascual *et al.* (2005) hallaron diferencias significativas en el porcentaje en peso de la parte trasera de dos líneas de conejos del mismo origen genético, resultando que en los animales que habían sido seleccionados por velocidad de crecimiento durante 23 generaciones obtuvieron unos porcentajes inferiores que los que habían sido seleccionados durante 7 generaciones (37,3 frente al 38,5%).

Por otra parte, los resultados obtenidos parecen indicar una tendencia a un mayor rendimiento de la carne de los muslos (RCM) en la población de conejos Ibicencos (69,6% frente a 68,3%), aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

4.2.5.4. Peso de la cabeza, el hígado y el tubo digestivo

En las Figuras 34 y 35 se muestran comparativamente los pesos de la cabeza (PC), hígado (PH) y tubo digestivo (PTD) en las dos poblaciones en estudio en valores absolutos y en porcentaje respecto al peso de la canal en frío (PCF), respectivamente. Como se puede apreciar, el peso de la cabeza, hígado y tubo digestivo resultó superior en el grupo de híbridos que en los Ibicencos, en valores absolutos. Concretamente, el peso de la cabeza en los conejos Ibicencos resultó ser 22,1 g menor que el grupo de híbridos, lo que supone un 18,5% aproximadamente ($p < 0,0001$). Si nos atenemos a porcentaje del peso de la cabeza respecto al peso de la canal en frío, observamos que es fue similar en ambas razas, comparable a los obtenidos por Paci *et al.* (2012) en conejos grises de una raza local italiana (9,5%), pero superior al obtenido en el mismo experimento por los mismos autores en conejos híbridos (8,9%). En ambos grupos de conejos de los experimentos de Paci *et al.* (2012), los animales

fueron sacrificados cuando el peso vivo alcanzó 2.500 g. Asimismo, este parámetro fue inferior al medido por Bovera *et al.* (2004) en el conejo de Ischia (11,3%) y superior al obtenido por Hernández *et al.* (2006) (8,76%). Wang *et al.* (2016), estudiaron este parámetro en una raza local china (Tianfu Black), y obtuvieron un porcentaje del 11,34% en conejos sacrificados a las 10 semanas, superior a la población de Ibicencos de este trabajo. Sin embargo, en otra raza incluida en el estudio de Wang *et al.* (2016), el Champagne, los valores obtenidos para este parámetro (9,24%) fueron similares a los del Ibicenco.

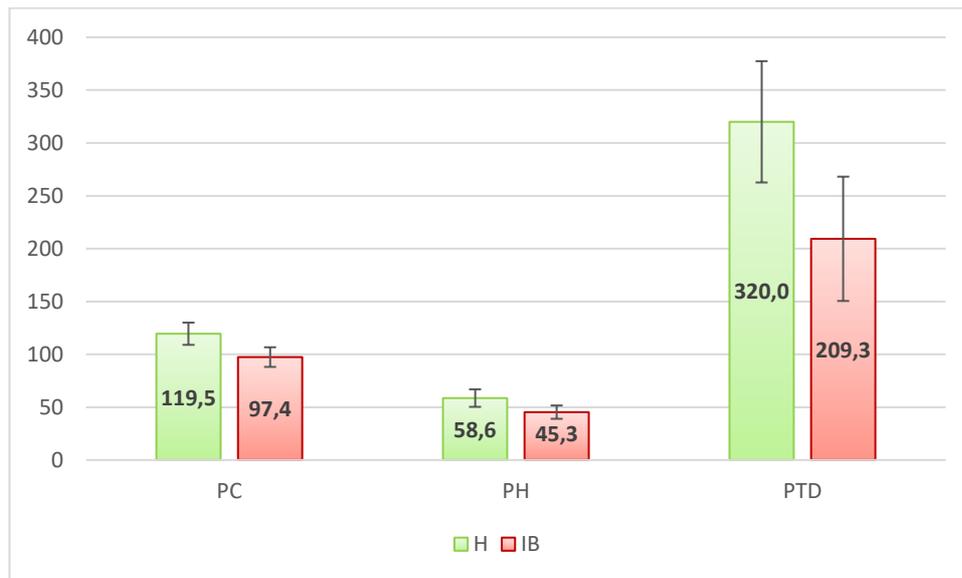


Figura 34. Peso (g) de la cabeza (PC), el hígado (PH) y el tubo digestivo (PTD) de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

En valores absolutos, el peso del hígado de los conejos Ibicencos fue significativamente menor ($p < 0,0001$) en 13,3 g que los valores registrados para esta víscera en el grupo de híbridos, como se puede observar en la figura 32, lo que supone un 22,7% inferior. Se encontraron no obstante unos valores semejantes en ambos genotipos en el peso porcentual del hígado, con unas diferencias sin significación estadística en favor del grupo de híbridos. Sin embargo, el peso del hígado en las dos razas estudiadas fue inferior a los obtenidos por Pla *et al.* (1996), tanto en valores absolutos como en porcentajes. Los valores en peso porcentual fueron inferiores al 7,49% obtenido en los trabajos de Hernández *et al.* (2006) y al 6,4% obtenido por Bovera *et al.* (2004) en el grupo de conejos de Ischia estudiados en su trabajo. Sin embargo, fueron semejantes en valor porcentual a los obtenidos por Rao *et al.* (1978) en conejos sacrificados con una edad similar (4,4-4,5%).

En términos absolutos, el peso del tubo digestivo en los conejos Ibicencos fue significativamente menor que el de los híbridos (unos 110 g), como se puede apreciar en la Figura 34. En el conejo Ibicenco, este parámetro es bastante semejante al medido por Bovera *et al.* (2004) en el conejo de Ischia, con el vaciado del tubo digestivo (en similitud con el ayuno de 24 h. practicado con anterioridad al sacrificio en los conejos de este trabajo) aunque, como hemos mencionado en otros apartados, los animales de la isla italiana fueron sacrificados a una edad bastante superior. El porcentaje de peso del tubo digestivo respecto al peso de la canal en frío resultó ser inferior en los Ibicencos. Al igual que en los trabajos de Paci *et al.* (2012), el peso porcentual en la población no mejorada (conejo Ibicenco o población local de crecimiento lento) fue inferior al de la población mejorada (híbridos). Los resultados encontrados en los trabajos de Paci *et al.* (2012) (18,5% y 22,3% para la raza local e híbridos respectivamente) fueron superiores a los hallados en este trabajo, probablemente debido al período de ayuno previo al que fueron sometidos antes del sacrificio los animales de este trabajo.

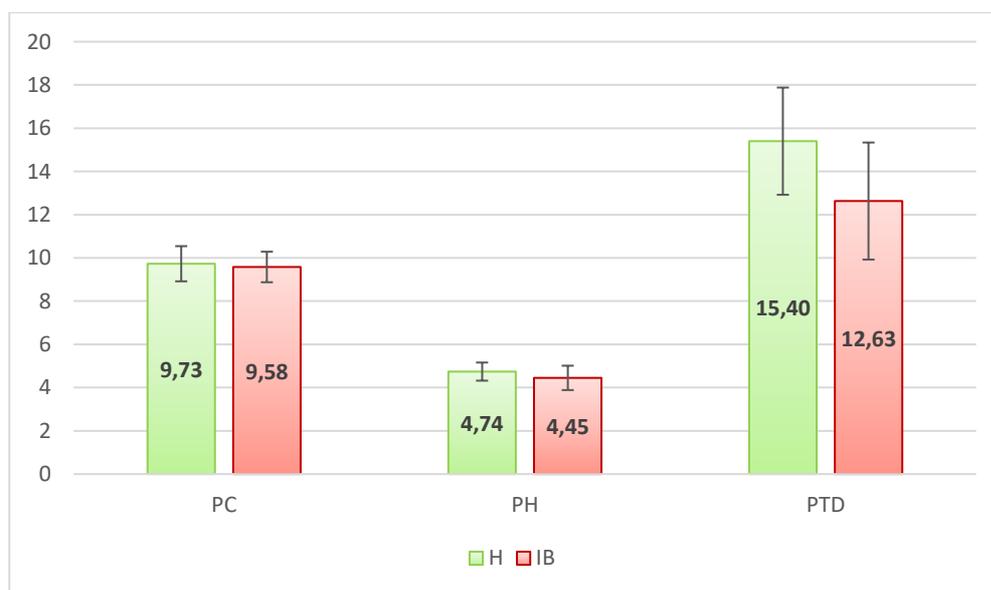


Figura 35. Peso (%) de la cabeza (PC), el hígado (PH) y el tubo digestivo (PTD) de las dos poblaciones objeto de estudio. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE

En la Tabla 11 se resumen las características físico-químicas determinadas en la carne de los dos grupos raciales estudiados. A continuación, se discuten estos parámetros por separado.

Tabla 11. Características físico-químicas de la carne (media \pm desviación estándar) de las poblaciones de conejos objeto de estudio.

Región anatómica	Parámetro	Híbridos	Ibicencos
<i>Lomo</i>	pH	5,55 \pm 0,09 ^{β}	5,57 \pm 0,14 ^{β}
	a _w	0,95 \pm 0,008	0,95 \pm 0,002
	CRA (g/100 g)	21,30 ^a \pm 3,39 ^a	19,10 ^b \pm 2,14 ^b
	L*	58,30 \pm 2,0 ^{α}	58,70 \pm 2,46 ^{α}
	a*	7,41 \pm 2,03 ^{β}	6,78 \pm 2,31 ^{β}
	b*	7,61 \pm 1,98 ^{α}	7,39 \pm 2,35 ^{α}
<i>Muslo</i>	pH	5,81 \pm 0,11 ^{α}	5,84 \pm 0,13 ^{α}
	a _w	0,96 \pm 0,006	0,96 \pm 0,01
	CRA (g/100 g)	21,20 \pm 3,35	19,60 \pm 3,10
	L*	52,80 \pm 3,15 ^{β}	52,90 \pm 3,52 ^{β}
	a*	9,66 \pm 2,68 ^{α}	8,97 \pm 3,87 ^{α}
	b*	5,04 \pm 1,88 ^{β}	5,77 \pm 2,01 ^{β}

^{a,b}: letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre los dos grupos raciales para la misma pieza ($p < 0,05$).

^{α,β} : letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre el muslo y el lomo para el mismo grupo racial ($p < 0,05$).

4.3.1. pH

El pH es un parámetro que afecta a distintas propiedades de la carne, como la capacidad de retención de agua, el color y la calidad microbiológica. Tanto en los conejos Ibicencos como en los híbridos se observaron valores de pH a las 24 h mayores en el muslo (5,8) que en el lomo (5,5) ($p < 0,05$), aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) debidas al grupo racial (Figura 36 y Tabla 11). Los valores de pH obtenidos en este trabajo son similares a los observados por Hernández *et al.* (2000) en conejos sacrificados a los 65 días de edad y alimentados con tres tipos de dietas con distinto contenido y origen de la materia grasa. Por su parte, López Sánchez (1986) registró en el músculo *Longissimus dorsi* de conejos de la raza Gigante de España valores de pH de 5,56, similares a los observados en este trabajo en esta parte anatómica.

Como se ha mencionado, las diferencias entre el pH del muslo y del lomo estarían relacionadas con el tipo de fibras musculares y su potencial glucolítico, siendo la musculatura de los cuartos traseros rica en fibras rojas, caracterizadas por una menor actividad glucolítica, mientras que en los músculos de los lomos predominan las fibras blancas, con un potencial mayor para la glucólisis, lo que se traduce en un pH más ácido (Hulot y Ouhayoun, 1999). Las diferencias observadas en el presente trabajo están en consonancia con los datos registrados por distintos autores sobre este parámetro (Hernández *et al.*, 2000; Blasco y Piles, 1990). El pH a las 24 horas alcanzado en la musculatura del muslo de los conejos Ibicencos sería muy similar a los valores observados por Blanco y Piles (1990) en la misma región anatómica en dos estirpes de conejos distintas, una de las cuales tenía una base genética de la raza Californiana y la otra Neozelandesa. Igualmente, en la población de Ibicencos, los valores obtenidos en el lomo para este parámetro se corresponden a los observados por Blanco y Piles (1990) y por Dalle Zotte *et al.* (2016), en este caso en las razas Azul de Viena y Leonado de Borgoña. Asimismo, los resultados hallados son análogos a los descritos por Paci *et al.* (2012). Por el contrario, Wang *et al.* (2016) no observaron diferencias significativas entre el pH del músculo *Longissimus dorsi* y el del *Biceps femoris* en conejos pertenecientes a las razas HYLA, Champagne y Tianfu Black sacrificados con 10 semanas de edad, aunque el pH al las 24 h en *Longissimus dorsi* de esta última raza (5,66) fue significativamente menor que en las otras dos.

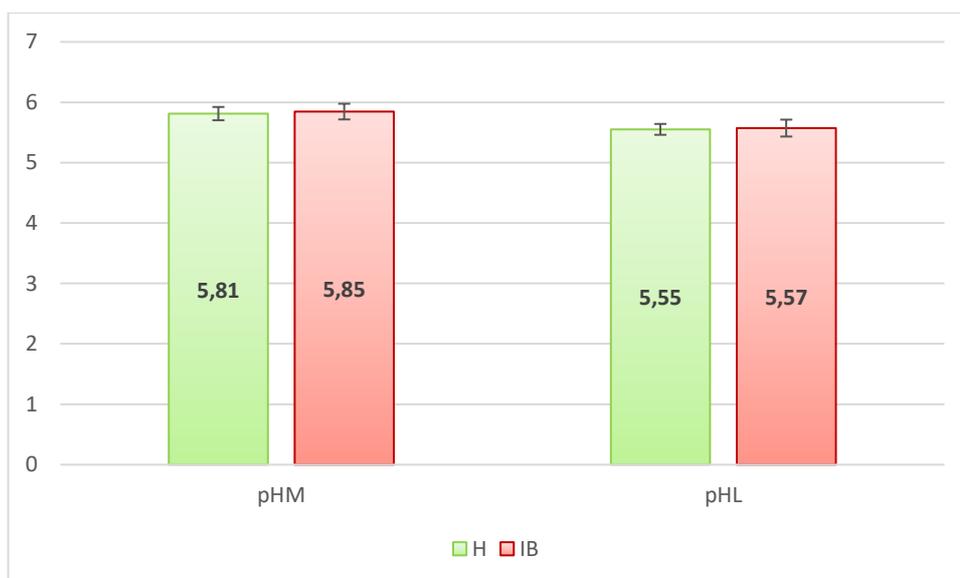


Figura 36. Valores de pH determinados en los músculos del muslo (pHM) de la extremidad posterior derecha y del lomo (pHL) en los dos grupos raciales estudiados. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.3.2. Actividad de agua

La a_w de la carne extraída de ambas zonas de la canal fue de 0,95-0,96, sin que se observaran diferencias significativas entre los conejos híbridos e Ibicencos ni entre ambas piezas (Tabla 11). Estos valores son inferiores a los 0,98-0,99 que señalan Cossu y Capra (2014) como intervalo general en la carne de conejo, y superiores a los valores observados por Tariq *et al.* (2016) en conejos de raza Neozelandesa alimentados con una dieta suplementada con distintas proporciones de aceite de linaza y sacrificados con 8 semanas de edad.

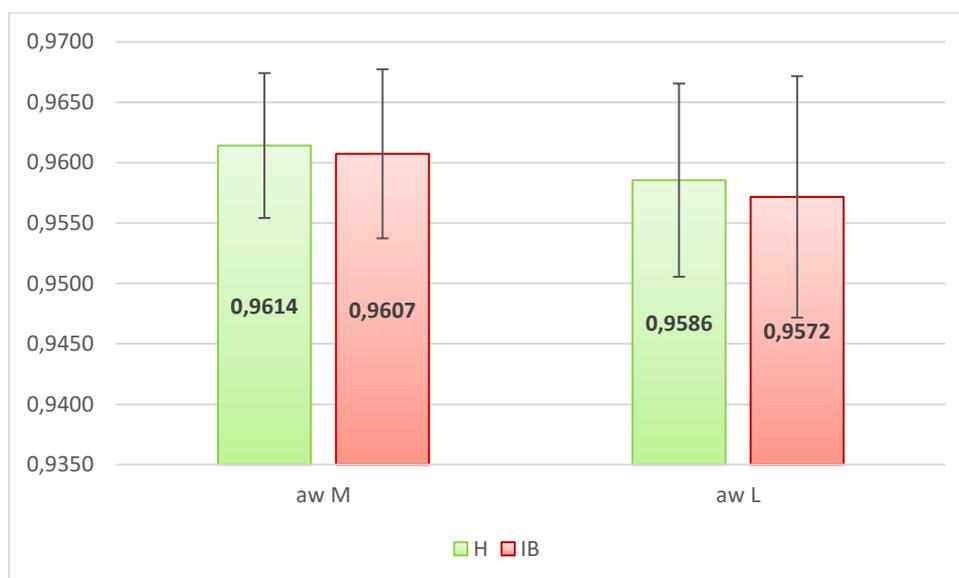


Figura 37. Valores de la actividad de agua medidos en muslo (a_w M) y lomo (a_w L) en los dos grupos raciales estudiados. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.3.3. Capacidad de retención de agua

Ambas zonas anatómicas mostraron una CRA similar en los dos grupos raciales (Figura 38 y Tabla 11). Aunque el pH del lomo fue menor que el del muslo en los dos casos, estas diferencias no tuvieron influencia en este parámetro, que suele registrar mayores cambios a valores de pH más bajos o cuando el descenso de pH es demasiado rápido (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005; Wang *et al.*, 2016). Otros autores tampoco han observado una distinta CRA entre ambas zonas de la canal del conejo (Suradi *et al.*, 2017).

Por lo que se refiere a la comparación entre los dos grupos raciales, no se apreciaron diferencias significativas en la carne del muslo, pero sí en el lomo, cuya CRA fue menor en el caso de los conejos Ibicencos ($p < 0,05$). Los valores registrados en esta parte de la canal del grupo Ibicenco fueron del orden de los observados por González Redondo *et al.* (2010) en conejos silvestres, con un pH medido en estos últimos en la misma pieza de 5,9.

En general, los valores de CRA del lomo observados en el presente estudio en la población de conejos Ibicencos son superiores a los del orden del 18% encontrados por González Redondo *et al.* (2010) en lomos de conejos de campo y por López Sánchez (1986) y por Conesa *et al.* (1990) en esta misma pieza en la raza Gigante de España, con un promedio de peso de la canal de 1.040 g, similar a la que presentaron los conejo Ibicencos. Los valores hallados también son superiores al 14,4% obtenido por Bovera *et al.* (2004) en

el conejo de Ischia.

En otros trabajos en donde se ha estudiado la CRA en conejos de tres tipos genéticos diferentes y sacrificados a las 9 semanas, los valores de este parámetro fueron bastante superiores, oscilando entre el 34,4 y el 35,6% (Pla *et al.*, 1998). Valores similares a estos últimos fueron encontrados por Ramírez *et al.* (2004) en conejos seleccionados por velocidad de crecimiento.

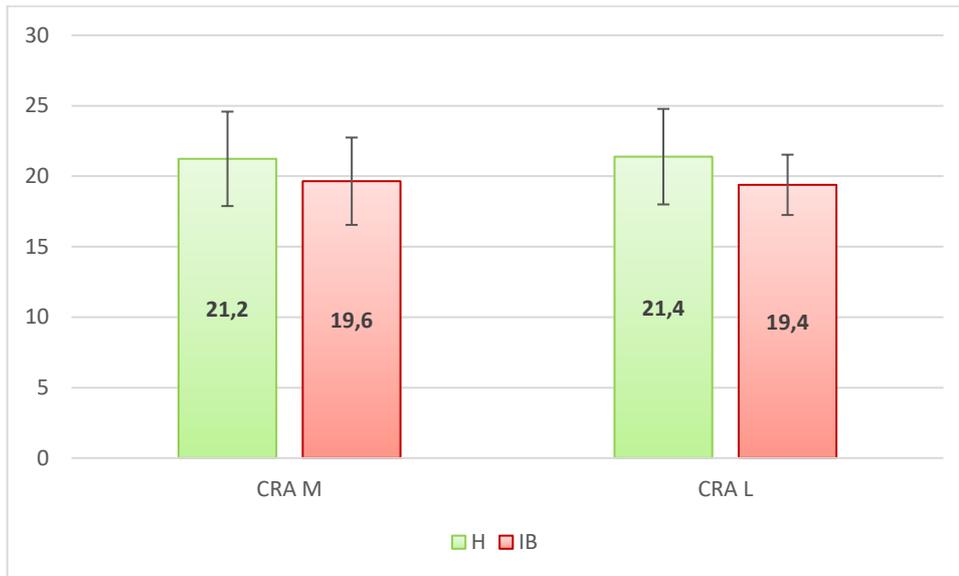


Figura 38. CRA (g/100 g) del muslo (CRA M) y lomo (CRA L) en los dos grupos raciales estudiados. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.3.4. Color

Tal como se puede observar en la Figura 39 y 40, y en la Tabla 11, la carne del lomo presentó una mayor luminosidad (L^*) que la del muslo, que resultó ser más oscura ($p < 0,05$). Estos resultados están de acuerdo con los valores de pH observados en ambas piezas y con el efecto que tiene este parámetro en el color de la carne; a valores de pH más elevados hay una mayor proporción de mioglobina en forma reducida, lo que se traduce en un color más oscuro (Ouhayoun y Dalle Zotte, 1993). Los resultados hallados para este parámetro en el lomo son similares a los encontrados por Paci *et al.* (2012) en conejos de una raza local italiana. Otros autores, como Bovera *et al.* (2004) y Trocino *et al.* (2003), han observado una mayor luminosidad en el lomo, mientras que Wang *et al.* (2016) señalan valores ligeramente superiores en el muslo y Koziol *et al.* (2015) indican valores similares en ambas zonas anatómicas. Por otra parte, el muslo mostró una mayor tendencia al rojo (a^*) y una menor

tendencia al amarillo (b^*) que el lomo ($p < 0,05$). Estas diferencias se relacionan con un mayor contenido de mioglobina en los músculos de las extremidades que en los del tronco (Koziol *et al.*, 2015), lo que a su vez está relacionado con la diferente función y actividad de los mismos (Paci *et al.*, 2012). En comparación con los parámetros de color del músculo *Longissimus lumborum* estudiados en una raza local italiana por Paci *et al.* (2012), aunque L^* fue similar, los conejos Ibicencos mostraron valores de prácticamente el doble tanto en la tendencia a rojo como al amarillo.

Por lo que se refiere a la comparación entre los dos grupos raciales, no se apreciaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los parámetros de color en ninguna de las dos zonas, aunque a la vista de los resultados obtenidos se podría apuntar alguna tendencia, que parece indicar que en los conejos Ibicencos, la carne de ambas zonas tendería menos al rojo (a^*) que la de los híbridos. Otro factor que influye en el color de la carne es el metabolismo oxidativo. En este sentido, Pascual y Pla (2007) señalan que la selección de los conejos para obtener una mayor velocidad de crecimiento aumentaría el metabolismo oxidativo, lo que podría resultar en un color más oscuro. En los conejos Ibicencos no se ha realizado una selección de este tipo, si bien no se observaron diferencias significativas con los conejos híbridos a pesar de las tendencias antes mencionadas.

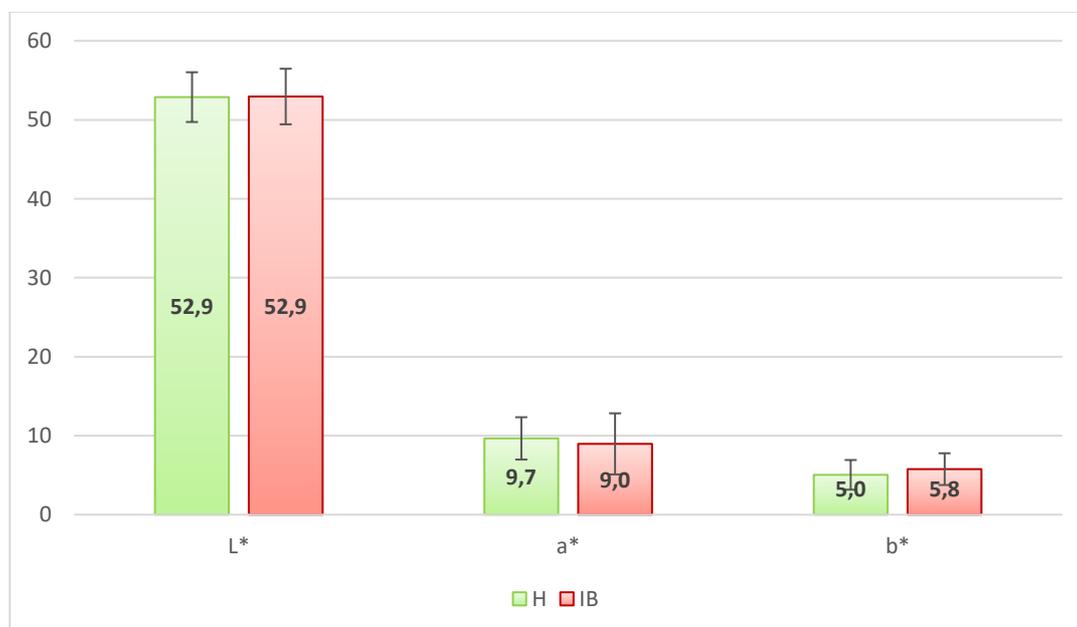


Figura 39. Comparación de los parámetros de color, luminosidad (L), tendencia hacia el rojo (a^*) y tendencia hacia el amarillo (b^*) medidos en la superficie del muslo en los dos

grupos raciales estudiados. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

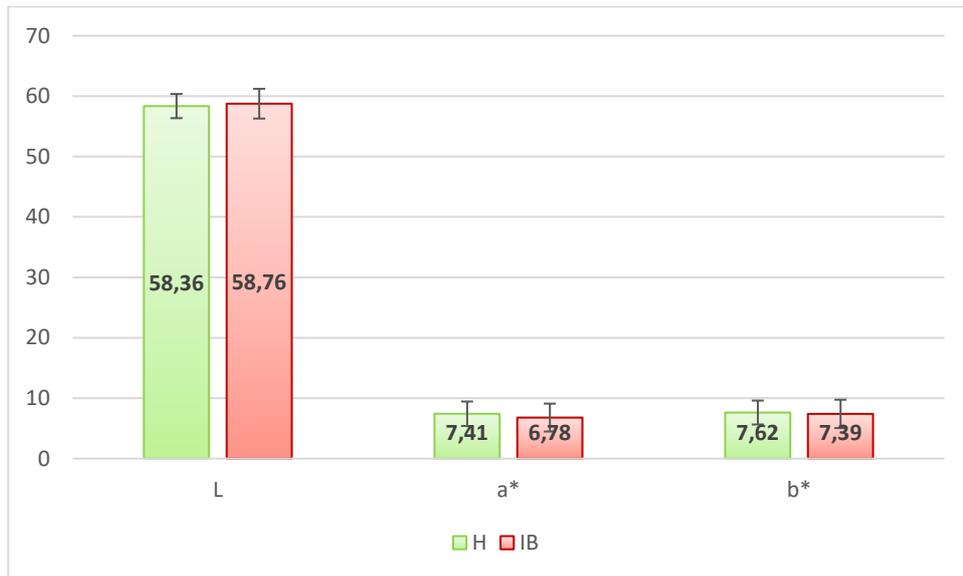


Figura 40. Valores de luminosidad (L), tendencia hacia el rojo (a*) y tendencia hacia el amarillo en la superficie de corte del lomo de los dos grupos de conejos en estudio, a nivel de la 7ª vértebra lumbar: híbridos (H) e Ibicencos (IB). Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

Los valores obtenidos para todos los parámetros de color se encuentran dentro de los intervalos descritos en la carne de conejo por distintos autores (Bovera *et al.*, 2004; Mínguez *et al.*, 2017; Pla *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 2016). En comparación con una raza autóctona española, el conejo Gigante de España, López Sánchez (1986) obtuvo en el lomo valores aproximados de 63 para el parámetro L*, 0,6 para a* y 4,3 para b*, lo que indicaría que la carne del conejo Ibicenco sería ligeramente más oscura y presentaría una tonalidad claramente más rojiza y ligeramente más amarillenta que la de esta raza.

4.4. COMPOSICIÓN DE LA CARNE

Se muestra a continuación la comparación entre la composición de la carne de los dos grupos raciales de conejos. El resumen de los resultados se recoge en la Tabla 12.

Tabla 12. Composición química (g/100 g) de la carne de las poblaciones de conejos objeto de estudio.

Región anatómica	Parámetro	Híbridos	Ibicencos	<i>p</i>
Lomo	Agua	72,30±2,15	71,30±2,24	n.s.
	Proteínas	22,10±0,89	22,12±1,79	n.s.
	Lípidos	3,22±0,57 ^β	2,74±0,95 ^β	n.s.
	Cenizas	1,18±0,17	0,99±0,37	n.s.
Muslo	Agua	73,40±1,40 ^a	71,80±1,54 ^b	<i>P</i> <0,05
	Proteínas	21,40±1,08	21,50±1,15	n.s.
	Lípidos	4,51±0,95 ^{bα}	5,18±1,12 ^{aα}	<i>P</i> <0,05
	Cenizas	1,16±0,15	1,07±0,28	n.s.

^{a,b}: letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre los dos grupos raciales para la misma pieza (*p*<0,05).

^{α,β}: letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre el muslo y el lomo para el mismo grupo racial (*p*<0,05).

4.4.1. Contenido de agua

El contenido de agua de las piezas estudiadas osciló entre el 71 y el 73,5% (Figura 41 y Tabla 12). Estos valores son del orden de los observados por Cobos *et al.* (1995) en conejos híbridos procedentes de cruces de Neozelandés x Californiano sacrificados con un peso de 2 y 2,5 kg. Son también análogos a los obtenidos por Ortiz y Rubio (2001) en músculo *Longissimus dorsi* de conejos de raza Rex, sacrificados con alrededor de 2 kg. Por su parte, los resultados son ligeramente inferiores a los obtenidos por Pla *et al.* (2004) en conejos comercializados en España con pesos de la canal comprendidos entre 800 y 1.400 g (incluyendo las vísceras torácicas), así como a los observados por Tůmová *et al.* (2014) en razas puras locales de la República Checa, por Kouba *et al.* (2008) en cruces comerciales, y por Ortiz y Rubio (2001) en conejos de raza Californiana, en los que se citan valores en torno al 75%. Estas diferencias se explicarían no sólo por la raza, sino también por otros factores como la alimentación o la edad de sacrificio.

Comparando los dos grupos raciales estudiados, la carne del muslo de los conejos Ibicencos presentó un contenido de agua aproximadamente un 1,6% inferior que la de los híbridos ($p < 0,05$). Estas diferencias se explicarían por el contenido lipídico observado en los conejos Ibicencos, como se discutirá más adelante. En el lomo también se observó una tendencia a un menor contenido de agua en este grupo racial, aunque las diferencias no resultaron ser estadísticamente significativas ($p > 0,05$). No se observaron diferencias significativas en el contenido de proteínas de las dos piezas dentro del mismo grupo racial ($p > 0,05$).

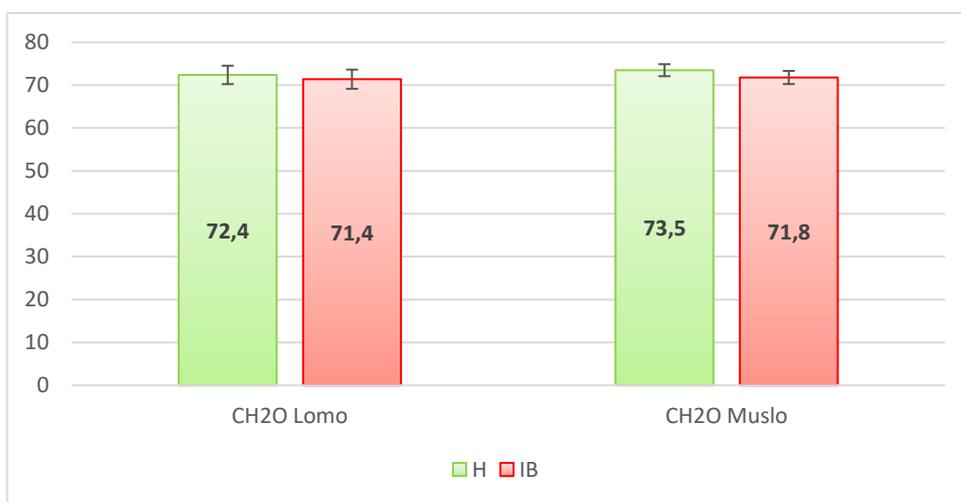


Figura 41. Contenido de agua (%) de la carne del lomo y el muslo en los dos grupos raciales estudiados. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.4.2. Contenido de proteínas

Los valores obtenidos en este trabajo respecto al contenido de proteínas de la carne de los dos grupos de conejos estudiados se muestran en la Tabla 12 y en la Figura 42. Tanto el muslo como el lomo mostraron un contenido proteico muy semejante en Ibicencos e híbridos comerciales, con valores medios del 21-22%. Así pues, no se observaron diferencias significativas debidas al grupo racial o a la localización anatómica ($p > 0,05$).

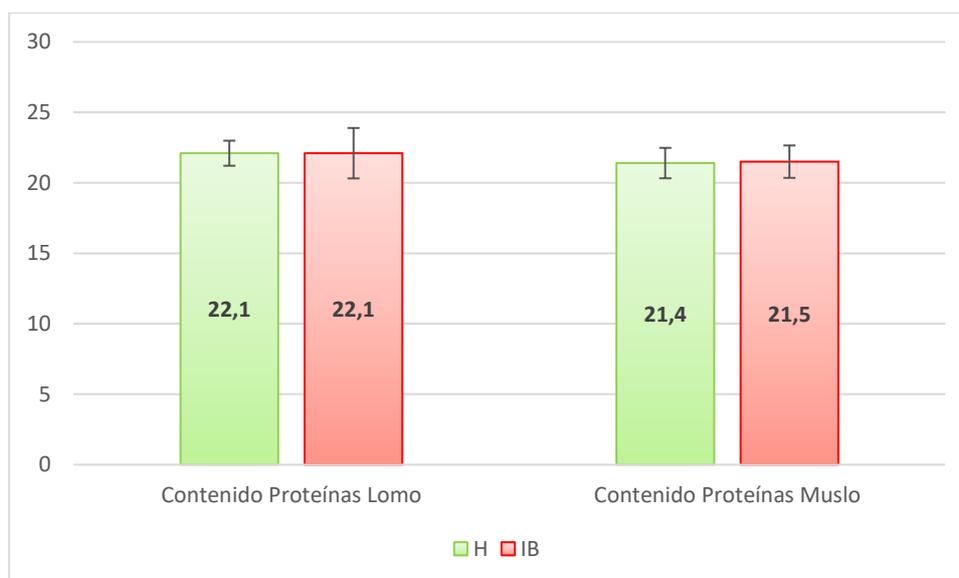


Figura 42. Contenido de proteínas (%) de la carne del lomo y el muslo en los dos grupos raciales estudiados. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

Los resultados obtenidos están en línea con los valores medios del 21-22% que se citan en la bibliografía (Hernández y Gondret, 2006; Lebas *et al.*, 1996; Rasinska *et al.*, 2018), aunque son inferiores a los obtenidos por otros autores, como Tumová *et al.* (2014), quienes observaron un contenido proteico superior (comprendido entre el 23,1 y el 24,5%) en siete razas autóctonas checas. El contenido de proteínas es un parámetro bastante estable en la carne de conejo, aunque se han descrito algunas variaciones dependientes del grado de madurez, que puede estar condicionado por la edad de sacrificio y también por la raza. Un mayor grado de madurez puede dar como resultado un contenido proteico ligeramente superior en la carne (Pascual y Pla, 2007; Tumová *et al.*, 2014). Se ha descrito que las razas híbridas suelen caracterizarse por un menor grado de madurez al sacrificio, mientras que las que tienen una velocidad de crecimiento más lenta y un menor peso adulto en el momento del sacrificio presentan una madurez mayor (Paci *et al.*, 2012; Blasco *et al.*, 2018). Este efecto no se observó en el presente estudio, quizá debido a la menor edad de sacrificio en comparación con otros trabajos, en los que los conejos se sacrificaron con una edad mayor (90 días).

4.4.3. Contenido de cenizas

El contenido de minerales, determinado mediante el análisis de cenizas en las muestras, fue del 1-1,2% (Tabla 12), sin que se observaran diferencias significativas ($p>0,05$) entre los dos grupos raciales estudiados. Estos valores coinciden con los señalados por otros autores en distintas razas (Bovera *et al.*, 2004; Hermida *et al.*, 2006). En la bibliografía se señala que, al igual que en el caso del agua y las proteínas, el contenido de minerales es muy constante en la carne de conejo, indicándose valores medios del 1,2%, sin diferencias entre las distintas partes de la canal (Combes, 2004; Dalle Zotte *et al.* 2011).

4.4.4. Contenido lipídico

El contenido lipídico de las muestras se situó entre el 3,5 y el 5,2%, presentando el muslo los mayores porcentajes (Figura 43 y Tabla 12). Los valores observados en este trabajo en la porción del muslo se encuentran dentro del intervalo que se recoge en la bibliografía para la carne de conejo, citándose en esta porción anatómica un contenido lipídico comprendido entre el 2,5 y el 6,8% (Hernández *et al.*, 2008; North *et al.*, 2019; Tumová *et al.*, 2014). Por su parte, el contenido lipídico medio del lomo suele oscilar desde valores inferiores al 1% hasta un 3% (North *et al.*, 2019; Ortiz y Rubio, 2001; Pla *et al.*, 1998; Rasinska *et al.*, 2018; Tumová *et al.*, 2014). Los valores obtenidos en este estudio en el lomo son superiores a la media citada en la bibliografía. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que el porcentaje de grasa es uno de los parámetros más variables de la carne, resultando fuertemente influido por la dieta y las condiciones de cría. Otros factores que pueden influir en el mismo son la raza y el grado de madurez de los animales en el momento del sacrificio.

Por lo que se refiere a la comparación entre los dos grupos raciales, la carne del muslo presentó un mayor contenido graso en los conejos Ibicencos que en los híbridos ($p<0,05$), en torno a un 0,6%. Teniendo en cuenta que la alimentación y las condiciones de cría fueron las mismas para ambas poblaciones, estas diferencias se podrían atribuir a la raza, lo que indicaría que los conejos Ibicencos presentarían una mayor tendencia a la deposición de grasa intramuscular en las extremidades posteriores. Otros autores han observado diferencias en el contenido graso debidas al genotipo. En este sentido, Tumová *et al.* (2014), en un estudio con distintas razas autóctonas de la República Checa utilizando las mismas condiciones de cría, observaron un menor contenido lipídico en la carne del muslo de la raza gigante Moravian Blue (2,55%) que en la mediana Czech Spotted (3,59%). La influencia de

la raza en la composición de la carne también podría estar relacionada con el grado de madurez y así, un menor grado de madurez daría como resultado un menor contenido de grasa y un mayor contenido de agua (Pascual y Pla, 2007). Como se ha mencionado, algunos autores señalan que las razas híbridas suelen caracterizarse por un menor grado de madurez al sacrificio (Paci *et al.*, 2012; Blasco *et al.*, 2018), lo que estaría de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio en la porción del muslo. Sin embargo, Hernández *et al.* (2008) observaron un mayor contenido lipídico en una línea de conejos seleccionada por velocidad de crecimiento en comparación con otras dos que presentaban un crecimiento más lento.

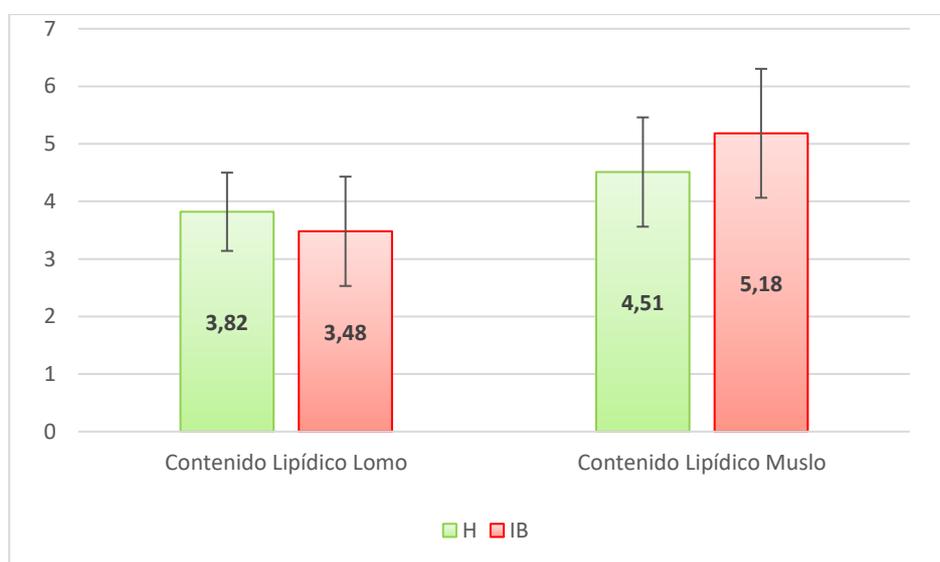


Figura 43. Contenido lipídico (%) de la carne del lomo y el muslo en los dos grupos raciales estudiados. H: conejos híbridos; IB: conejos Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

En distintas especies animales se ha demostrado que el contenido lipídico está íntimamente relacionado con la jugosidad de la carne y las preferencias del consumidor (Fernández *et al.*, 1999; Savell y Cross, 1988), aunque en el caso de la carne de conejo esta relación no está muy clara (Dalle Zotte, 2002). La grasa puede aumentar la jugosidad dado que mejora la CRA, actúa como lubricante del músculo durante el cocinado, incrementa la ternura y estimula la salivación durante la masticación (Savell y Cross, 1988). Sería necesario completar los estudios realizados con los correspondientes análisis sensoriales y de textura para comprobar si las diferencias observadas en el muslo en la población de conejos Ibicencos se traducen en una mejor calidad sensorial de la carne.

4.4.5. Perfil de ácidos grasos

En la Tabla 13 se muestra el perfil de ácidos grasos en las dos regiones anatómicas estudiadas en los conejos híbridos y los Ibicencos. Como es característico en la carne de conejo, los ácidos grasos más abundantes fueron el ácido palmítico (que representó aproximadamente un 29-31% del total), el ácido oleico (26-27%) y el ácido linoleico (25-26%). Estos resultados se encuentran en el intervalo que se describe en la bibliografía. Si se comparan estos porcentajes con distintos trabajos en los que se ha estudiado la composición de ácidos de la carne de conejos de raza Neozelandesa, Californiana o cruces de ambas, los porcentajes de ácido oleico son por lo general similares, mientras que los niveles de ácido palmítico y ácido linoleico pueden ser ligeramente superiores o inferiores (Forrester-Anderson *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2008; Leiber *et al.*, 2008; Rasinska *et al.*, 2018). Estas diferencias podrían atribuirse a la alimentación, al sistema de cría y/o a la edad de sacrificio.

En este trabajo se detectaron algunas diferencias en el perfil de ácidos grasos atribuibles al genotipo, si bien se observó una mayor influencia de la región anatómica en este parámetro. El factor racial (híbridos o Ibicencos) influyó en el contenido de los ácidos C12:0, C17:1 *n*-7 y C18:0. Por su parte, la localización anatómica (lomo o muslo) determinó la aparición de diferencias en el contenido de C14:0, C14:1 *n*-6, C15:0, C16:0, C17:1 *n*-7 y C18:2 *n*-6. Por lo tanto, aunque se registraron algunas diferencias debidas a la raza, parece que este factor no sería tan influyente en la composición de ácidos grasos de la carne de conejo como otros parámetros, como por ejemplo la alimentación, tal como se ha señalado en el apartado 1.5.3.2. Estas observaciones estarían de acuerdo con lo señalado por Dalle Zotte *et al.* (2015) en relación con el efecto del genotipo en este parámetro.

También se recoge en la bibliografía que los animales seleccionados por una mayor velocidad de crecimiento pueden presentar un mayor contenido de AGS (sobre todo C14:0 y C16:0) y unos menores niveles de AGPI, debido en este caso a menores concentraciones en los ácidos linoleico y araquidónico (Hernández *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2005). En el presente trabajo, la mayor velocidad de crecimiento de los híbridos comerciales no se reflejó en diferencias relacionadas con estos ácidos grasos en comparación con los conejos Ibicencos. A continuación, se detalla el perfil de ácidos grasos obtenido en las muestras, agrupados por clases (AGS, AGMI y AGPI), así como los respectivos índices de calidad nutricional de la fracción lipídica.

Tabla 13. Perfil de ácidos grasos (%) en el lomo y el muslo de los conejos híbridos comerciales e Ibicencos (media \pm desviación estándar).

Ácido graso	Lomo			Muslo			
	Híbridos	Ibicencos	<i>p</i> (R)	Híbridos	Ibicencos	<i>p</i> (R)	<i>p</i> (L/M)
C12:0	0,42 \pm 0,13 ^b	0,72 \pm 0,17 ^a	<0,01	0,48 \pm 0,11 ^b	0,62 \pm 0,1 ^a	<0,05	n.s.
C13:0	0,48 \pm 0,20	0,59 \pm 0,19	n.s.	0,56 \pm 0,15	0,50 \pm 0,18	n.s.	n.s.
C14:0	3,05 \pm 0,38	3,11 \pm 0,25 ^{α}	n.s.	3,04 \pm 0,41	2,70 \pm 0,28 ^{β}	<0,05	<0,05 (IB)
C14:1 <i>n</i> -6	0,26 \pm 0,14 ^{β}	0,30 \pm 0,15	n.s.	0,32 \pm 0,15 ^{α}	0,29 \pm 0,13	n.s.	<0,05 (H)
C15:0	0,58 \pm 0,15	0,64 \pm 0,08 ^{α}	n.s.	0,55 \pm 0,18	0,54 \pm 0,11 ^{β}	n.s.	<0,05 (IB)
C16:0	31,18 \pm 2,04 ^{α}	29,47 \pm 1,91	n.s.	30,01 \pm 2,12 ^{β}	29,41 \pm 2,66	n.s.	<0,05 (H)
C16:1 <i>n</i> -7	3,58 \pm 0,51	3,75 \pm 0,57	n.s.	3,88 \pm 0,46	4,09 \pm 0,41	n.s.	n.s.
C17:0	0,53 \pm 0,19	0,56 \pm 0,11	n.s.	0,56 \pm 0,15	0,57 \pm 0,14	n.s.	n.s.
C17:1 <i>n</i> -7	0,25 \pm 0,07 ^{$\beta\beta$}	0,33 \pm 0,10 ^{$\alpha\alpha$}	<0,05	0,28 \pm 0,11 ^{α}	0,28 \pm 0,08 ^{β}	n.s.	<0,05 (H, IB)
C18:0	4,98 \pm 0,21 ^b	5,64 \pm 0,25 ^a	<0,05	4,99 \pm 0,26 ^b	5,49 \pm 0,15 ^a	<0,05	n.s.
C18:1 <i>n</i> -9	26,70 \pm 2,99	26,71 \pm 2,45	n.s.	27,24 \pm 2,03	26,28 \pm 3,08	n.s.	n.s.
C18:2 <i>n</i> -6	25,08 \pm 2,29	25,23 \pm 2,61 ^{β}	n.s.	25,36 \pm 2,58	26,18 \pm 2,87 ^{α}	n.s.	<0,05 (IB)
C18:3 <i>n</i> -6	0,21 \pm 0,10	0,23 \pm 0,11	n.s.	0,18 \pm 0,07	0,15 \pm 0,08	n.s.	n.s.
C18:3 <i>n</i> -3	1,35 \pm 0,25	1,24 \pm 0,30	n.s.	1,28 \pm 0,19	1,15 \pm 0,23	n.s.	n.s.
C20:1 <i>n</i> -9	0,33 \pm 0,11	0,40 \pm 0,21	n.s.	0,30 \pm 0,15	0,32 \pm 0,13	n.s.	n.s.
C20:4 <i>n</i> -6	0,37 \pm 0,10	0,34 \pm 0,07	n.s.	0,39 \pm 0,12	0,41 \pm 0,09	n.s.	n.s.
C22:5 <i>n</i> -3	0,59 \pm 0,17	0,62 \pm 0,21	n.s.	0,61 \pm 0,19	0,69 \pm 0,15	n.s.	n.s.
Total AGS	41,22 \pm 3,06	40,85 \pm 2,98	n.s.	40,25 \pm 2,88	40,04 \pm 3,01	n.s.	n.s.
Total	31,18 \pm 3,18	31,49 \pm 2,55	n.s.	32,00 \pm 2,12	31,29 \pm 2,99	n.s.	n.s.
Total AGPI	27,60 \pm 2,52	27,72 \pm 3,14	n.s.	27,81 \pm 2,58	28,67 \pm 3,22	n.s.	n.s.

a,b: letras distintas en la misma fila para la misma pieza indican diferencias significativas entre los dos grupos raciales

α , β : letras distintas en la misma fila para el mismo grupo racial indican diferencias significativas entre el muslo y el lomo

p (R) valor *p* resultante de la comparación entre los dos grupos raciales para una misma pieza

p (L/M) valor *p* resultante de la comparación entre el muslo y el lomo en un mismo grupo racial. Entre paréntesis se indica el grupo racial en el que se observaron diferencias significativas (H: híbridos; IB: Ibicencos)

n.s: no significativo

4.4.5.1. Ácidos grasos saturados

Tal como se ha indicado, el ácido palmítico fue el ácido graso mayoritario en los dos grupos raciales, tanto en el lomo como en el muslo, sin que se observaran diferencias atribuibles a la raza ($p>0,05$). Sí se observaron diferencias entre los conejos híbridos e Ibicencos en relación con el contenido de ácido esteárico, que fue significativamente mayor en los segundos ($p<0,05$), tanto en el lomo (aproximadamente un 12%) como en el muslo (alrededor de un 9%) (Figura 44). Por otra parte, el ácido palmítico y el ácido mirístico mostraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el lomo y el muslo dentro del mismo grupo racial. Así, el lomo registró un contenido un 13% superior de C14:0 en los conejos Ibicencos y un porcentaje mayor (cerca del 4%) de C16:0 en los conejos híbridos ($p<0,05$). Estas diferencias estarían de acuerdo con el mayor contenido lipídico observado en el lomo en comparación con el muslo en los dos grupos raciales (apartado 4.4.4) y apoyarían la hipótesis de que una mayor deposición grasa estaría relacionada con un mayor contenido de AGS en la carne (Wood *et al.*, 2008). Los porcentajes de ácido mirístico y esteárico se encuentran dentro de los valores habituales obtenidos por otros autores (Hernández *et al.*, 2008; Lazzaroni *et al.*, 2009; Rasinska *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2017).

En relación con el contenido de ácido láurico, se detectaron porcentajes comprendidos entre el 0,4 y el 0,7%, en función de las muestras. Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos por Rasinska *et al.*, (2018), tanto en el muslo como en el lomo de conejos de raza Neozelandesa. En comparación con otras razas, los niveles de ácido láurico obtenidos en ambas razas son notablemente superiores a los valores hallados por Dalle Zotte *et al.* (2015) en las razas *Pannon Large* y *Gigante* de Hungría, por Rasinska *et al.* (2017) en una raza rústica local polaca (*Popielno Blanca*) y por Papadomichelakis *et al.* (2017) en conejos silvestres de la isla de Lemnos (Grecia). Comparando los dos grupos raciales estudiados en este trabajo, el contenido de ácido láurico fue significativamente mayor tanto en el lomo como en el muslo de los conejos Ibicencos ($p<0,01$ y $p<0,05$, respectivamente). En concreto, el contenido de este ácido graso en fue aproximadamente un 42% mayor en el lomo y alrededor de un 32% superior en el muslo de los conejos Ibicencos. Estos resultados también estarían en consonancia con el mayor contenido lipídico que presentaron ambas regiones anatómicas en los conejos Ibicencos (apartado 4.4.4).

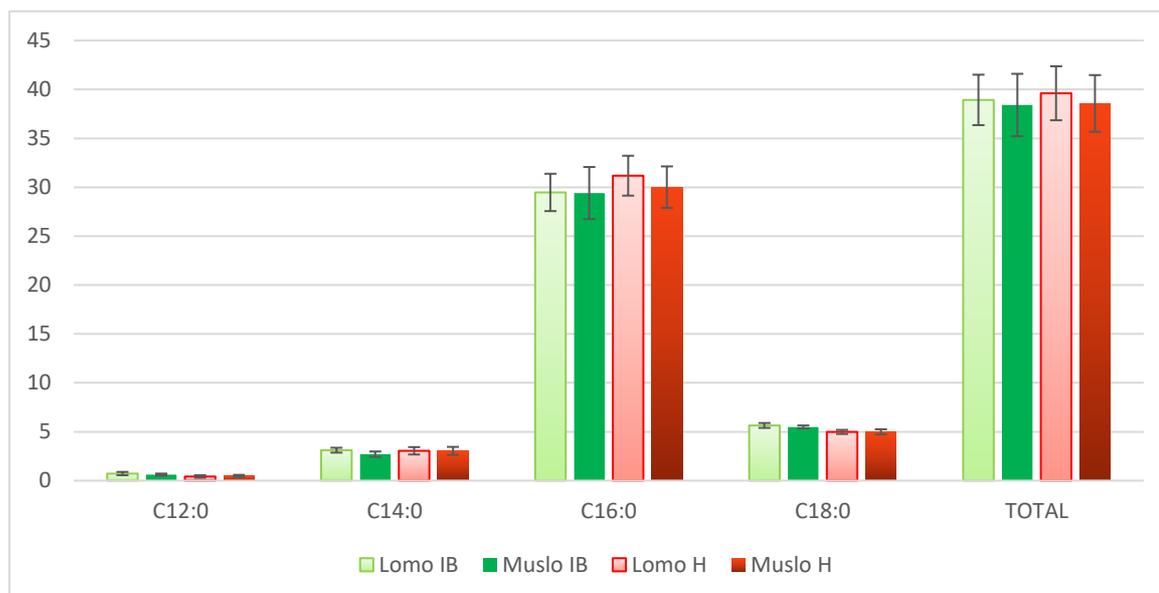


Figura 44. Contenido de AGS de cadena par (% sobre el total de ácidos grasos) en el lomo y el muslo en las dos poblaciones de conejos estudiadas. H: híbridos comerciales; IB: Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

En las muestras se observó un contenido en torno al 2% de ácidos grasos de número impar de átomos de carbono (Figura 45), en su mayoría saturados (C13:0, C15:0, C17:0), junto con el monoinsaturado C17:1 *n*-7. Como se ha mencionado en apartados anteriores, la presencia de ácidos grasos de cadena impar se relaciona con la actividad de la microbiota del ciego, asociada a la ingestión de cecotrofos (Papadomichelakis *et al.*, 2010a). Estos ácidos grasos se caracterizan por un punto de fusión más bajo (Enser, 1984) y, por tanto, pueden influir en algunas propiedades sensoriales de la carne, como la firmeza. Cabe destacar el contenido de ácido tridecanoico (C13:0), en torno al 0,5-0,6%. Rasinska *et al.* (2018) no detectaron este ácido graso en sus estudios en conejos de raza Neozelandesa, ni tampoco Dalle Zotte *et al.* (2015) en las razas *Pannon Large* y *Gigante* de Hungría. En otros trabajos se indican valores inferiores al 0,1% (Forrester-Anderson *et al.*, 2006; Rasinska *et al.*, 2017). En el presente trabajo, los conejos Ibicencos presentaron un mayor contenido del ácido pentadecanoico (C15:0) en el lomo que en el muslo ($p < 0,05$), siendo éste el único ácido graso saturado de cadena impar en el que se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. Es habitual encontrar en la bibliografía porcentajes del orden del 0,5-0,6%, como los observados en el presente trabajo (Hernández *et al.*, 2008; Papadomichelakis *et al.*, 2010b; Rasinska *et al.*, 2018).

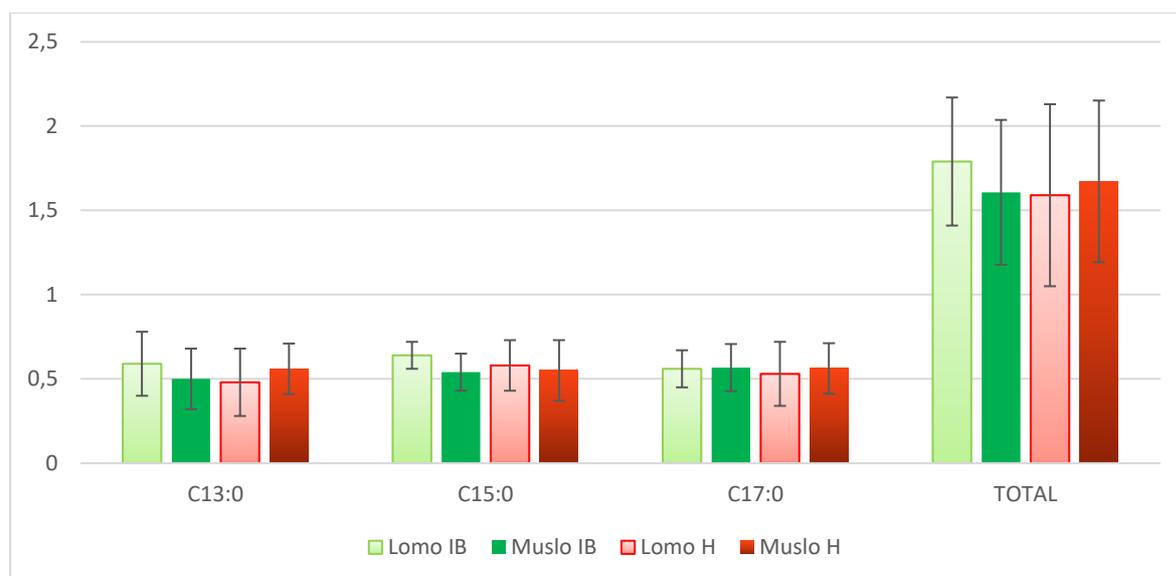


Figura 45. Contenido de AGS de cadena impar (% sobre el total de ácidos grasos) en lomo y muslo en las dos poblaciones de conejos estudiadas. H: híbridos comerciales; IB: Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

En su conjunto, y a pesar de las diferencias observadas en algunos ácidos grasos de forma individual, el porcentaje total de ácidos grasos saturados nos mostró diferencias ni entre ambos grupos raciales ni entre las dos regiones anatómicas analizadas (Tabla 13). Los valores observados son similares a los recogidos por Dalle Zotte (2002), Rasinska *et al.* (2017) y Rodríguez *et al.* (2017), aunque ligeramente superiores a los señalados por otros autores (Hernández *et al.*, 2008; Leiber *et al.*, 2008), a lo que habrían contribuido en parte los mayores niveles de ácido láurico y ácidos grasos de cadena impar detectados en los individuos objeto de estudio.

4.4.5.2. Ácidos grasos monoinsaturados

El porcentaje total de este grupo de ácidos grasos no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ninguna de las dos variables estudiadas, grupo racial o porción anatómicas. Los valores obtenidos, aproximadamente del 31-32%, son similares a los recogidos por Dalla Zotte (2002) en la canal en general, y por Hernández y Gondret (2006) y Dabbou *et al.* (2017) en la grasa infiltrada en la musculatura de la extremidad posterior del conejo. No obstante, son ligeramente superiores a los recogidos por Dalla Zotte (2002) y Hernández *et al.* (2008) en el muslo, Dalle Zotte y Szendrő (2011) y Rodríguez *et al.* (2017) en el lomo, y Rasinska *et al.* (2018) en ambas piezas.

Además del ácido oleico mayoritario (que constituyó aproximadamente el 85% del total correspondiente a este grupo), se detectaron cantidades significativas (del orden del 4%) de ácido palmitoleico, superiores en general a las señaladas en los trabajos anteriormente mencionados. También se detectaron pequeñas cantidades de los ácidos miristoleico y gadoleico (C20:1 *n*-9). Algunos estudios indican la presencia de ácido miristoleico en la grasa intramuscular en porcentajes próximos al 0,2% (Papadomichelakis *et al.*, 2010b), mientras que es más habitual la caracterización de niveles del ácido graso C20:1 *n*-9 comprendidos entre el 0,38 % y menos del 0,1% (Forrester-Anderson *et al.*, 2006; Leiber *et al.*, 2008; Rasinska *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2017).

Si se comparan los porcentajes de los distintos AGMI obtenidos en los dos grupos raciales y las piezas estudiadas en este trabajo, sólo se encontraron diferencias significativas atribuibles a la raza en el caso del ácido C17:1 *n*-7, cuyo contenido fue mayor (un 32% superior) en el lomo de los conejos Ibicencos en comparación con los híbridos ($p < 0,05$). Este valor es también superior al 0,26% observado para este ácido graso por Rasinska *et al.* (2018). En cambio, sí se observaron más diferencias al comparar las piezas en el mismo grupo racial y así, en los conejos Ibicencos se detectó un 15% más de ácido C17:1 *n*-7 en el lomo que en el muslo ($p < 0,05$), mientras que en los conejos híbridos este ácido graso presentó el comportamiento inverso ($p < 0,05$), con un contenido un 12% superior en el muslo.

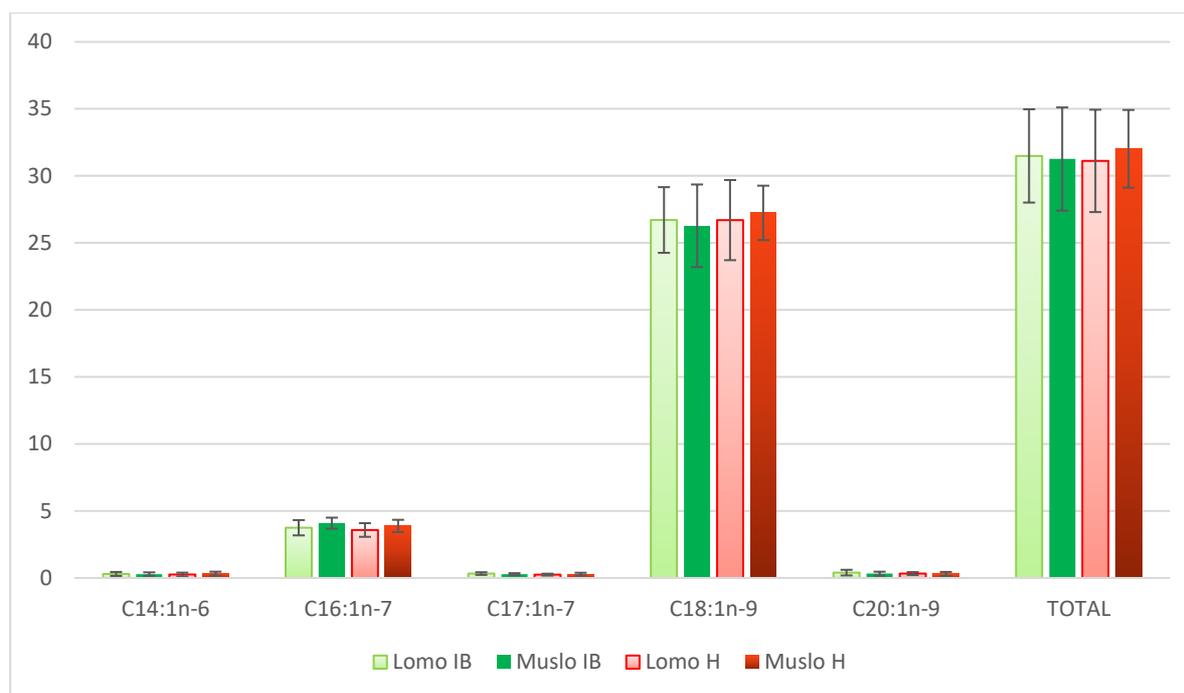


Figura 46. Distribución de los distintos tipos encontrados de AGMI (% sobre el total de ácidos grasos) en lomo y muslo en las dos poblaciones de conejos estudiadas. H: híbridos comerciales; IB: Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.4.5.3. Ácidos grasos poliinsaturados

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos raciales ni en el contenido total de este grupo de ácidos grasos ni en el de cada uno de los ácidos grasos componentes del mismo ($p > 0,05$). El contenido de AGPI resulta fuertemente influido por la alimentación y, por ello, es una fracción que se puede modificar fácilmente mediante variaciones en la dieta en los animales monogástricos (Dal Bosco *et al.*, 2014; Papadomichelakis *et al.*, 2010b; Rasinska *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017; Wood *et al.*, 2008).

El ácido linoleico (C18:2 *n-6*) representó aproximadamente el 90% del contenido de AGPI. La carne de conejo es la más rica en este ácido graso junto con la de pollo, duplicando los valores que se encuentran en la carne de cerdo y aportando entre 4 y 10 veces más ácido linoleico que la carne de los rumiantes (Dalle Zotte, 2002; Enser *et al.*, 1996). En la bibliografía pueden encontrarse porcentajes de ácido linoleico de hasta un 30% sobre el total de ácidos grasos (Hernández *et al.*, 2008).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de ácido linoleico debidas al factor racial, pero sí se apreció un contenido mayor (ceca de un 4%) en

el muslo que en el lomo de los conejos Ibicencos ($p < 0,05$). Cabe recordar que en ambos grupos raciales el muslo registró un contenido lipídico total menor que el lomo, y que, como se ha indicado en anteriores apartados, una menor concentración de lípidos totales en el músculo puede reflejarse en una mayor concentración de AGPI, debido a que la proporción de fosfolípidos sobre el contenido de grasa total es mayor en estos casos (Wood *et al.*, 2008). Sin embargo, pese a que en los conejos híbridos el muslo también presentó un menor contenido graso (ligeramente inferior que en el caso de los Ibicencos), no se observaron diferencias significativas en relación con el contenido de ácido linoleico entre ambas piezas ($p > 0,05$). Algunos autores señalan que los músculos con un metabolismo oxidativo como los del muslo contienen cantidades menores de C18:2 n-6 y más AGPI n-3 que los de tipo glicolítico como el lomo (Alasnier *et al.*, 1996; Rasinska *et al.*, 2018), pero en el presente estudio no se observó este comportamiento.

Otros AGPI que se detectaron en la carne fueron el α -linolénico, en porcentajes superiores al 1% sobre el total de ácidos grasos, el ácido docosapentaenoico (C22:5 n-3, DPA), en porcentajes en torno al 0,6-0,7%, y en menor concentración, con valores comprendidos aproximadamente entre el 0,2 y el 0,4%, los ácidos araquidónico (C20:4 n-6) y γ -linolénico (C18:3 n-6). Este último también se ha detectado en la carne de pollo y en la de cerdo, en proporciones por lo general inferiores al 0,1% (Cifuni *et al.*, 2004; Monge-Rojas y Campos Núñez, 2006; Ramírez Télles, 2004). El ácido γ -linolénico es un compuesto intermediario en el metabolismo del ácido linoleico y se asocia con propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas (Kapoor y Huang, 2006). Según la información disponible en la bibliografía no es muy frecuente la detección de este ácido graso en la carne de conejo, aunque existen algunos datos, como las cantidades próximas al 0,1% observadas por Dalle Zotte *et al.* (2015) en las razas *Pannon Large* y *Gigante* de Hungría.

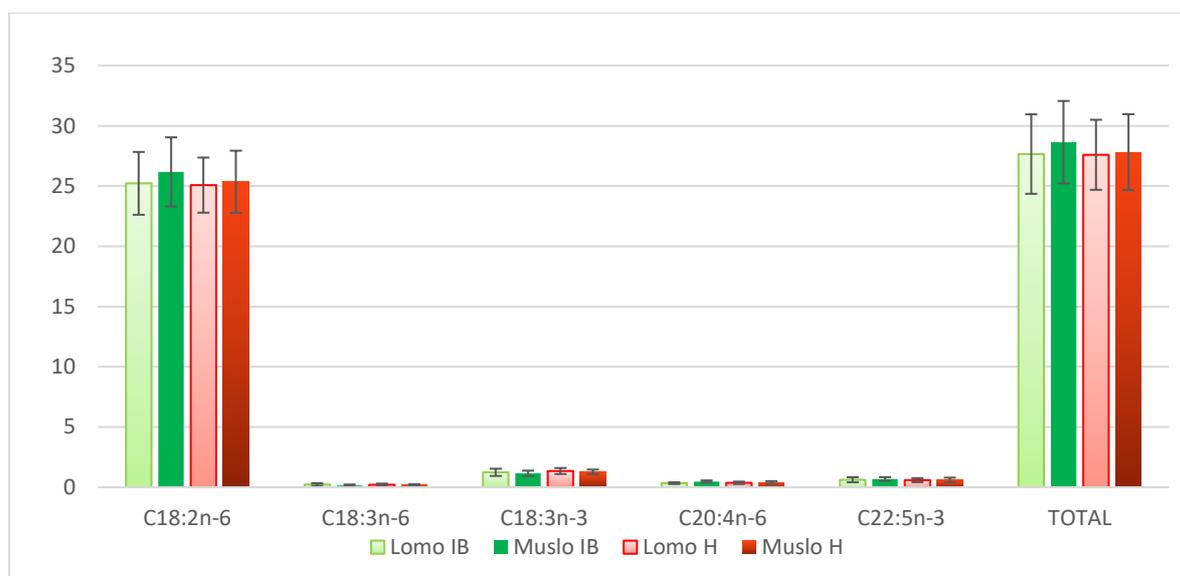


Figura 47. Distribución de los distintos tipos encontrados de AGPI (% sobre el total de ácidos grasos) en lomo y muslo en las dos poblaciones de conejos estudiadas. H: híbridos comerciales; IB: Ibicencos. Las barras en las columnas indican la desviación estándar.

4.4.5.4. Índices de calidad nutricional de la fracción lipídica

En este trabajo se determinaron las relaciones o ratios entre el contenido de ácidos grasos polinsaturados (ratio AGPI:AGS), la relación entre el contenido total de ácidos grasos insaturados y los saturados (AGI:AGS), el índice de insaturación (I.I.), la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados *n-6* y *n-3* (ratio *n-6:n-3*), la relación entre el contenido de ácido linoleico y *α*-linolénico (ratio AL:AAL) y la relación entre el contenido de ácidos grasos con efecto hipocolesterolémico e hipercolesterolémico (ratio h:H), además de los índices aterogénico (I.A.) y trombogénico (I.T.) de la fracción lipídica del lomo y el muslo de los dos grupos raciales estudiados (Tabla 14). Estos índices se utilizan habitualmente para caracterizar las propiedades saludables de las grasas alimentarias respecto a la salud cardiovascular, si bien hay estudios que sugieren que son de más utilidad las cantidades absolutas que se ingieren de cada ácido o grupo de ácidos grasos (Griffin, 2008; Russo, 2008). Por ello, en la actualidad las autoridades sanitarias prefieren no establecer por lo general valores recomendados para muchas de estas ratios, sino mejor para la ingesta en cada caso (EFSA, 2010; FAO, 2010). Por otra parte, en los últimos años también se están revisando los efectos individuales de cada ácido graso en la salud cardiovascular y otras patologías (Ebbesson *et al.*, 2015; Khosla *et al.*, 2019; Briggs *et al.*, 2017), lo que puede llevar a próximas revisiones de las recomendaciones dietéticas.

La ratio AGPI:AGS fue de aproximadamente 0,7, valores que se encuentran dentro del intervalo que se recoge en la bibliografía para la carne de conejo, y que está comprendido entre 0,6 y 1 (Cavani *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2008; North *et al.*, 2019; Papadomichelakis *et al.*, 2010b; Rodríguez *et al.*, 2017). Las cifras encontradas en el presente trabajo son superiores a los valores mínimos recomendados de 0,4 para esta ratio (Wood *et al.*, 2004; 2008). En comparación con otras carnes, los valores son mayores que los que se citan para la carne de cerdo (0,6) y de rumiantes (0,1-0,2) (Wood *et al.*, 2008). Para este parámetro no se encontraron diferencias significativas entre las variables estudiadas (porción anatómica o grupo genético). Por otra parte, considerando el contenido total de ácidos grasos insaturados que presentaron las muestras, la relación AGI:AGS que se obtuvo en las muestras fue de 1,4-1,5. Estos valores coinciden con los obtenidos por otros autores en la carne de conejo y que son bastante estables (Dalle Zotte, 2002; Papadomichelakis *et al.*, 2010b; Rasinska *et al.*, 2017). En comparación con otras carnes, se pueden extraer de la bibliografía valores similares para la carne de cerdo, más próximos a 1 para la carne de rumiantes y del orden de 2 en el caso de la carne de pollo (Dalle Zotte, 2002). Al igual que en el parámetro anterior, tampoco se observaron en este índice diferencias significativas ni entre las piezas cárnica ni entre los grupos poblacionales. Relacionado con las dos anteriores ratios se encuentra también el índice de insaturación (I.I.), que estuvo comprendido entre 90 y 93. Este parámetro está muy relacionado con el contenido de AGPI. Cavani *et al.* (2004) señalan valores superiores a 110 en la raza sintética italiana *Leprino de Viterbo*, con cifras más altas en individuos criados al aire libre, que presentaron un mayor contenido de AGPI en su carne. Tampoco se encontraron diferencias significativas para este parámetro en ninguna de las variables estudiadas. Aunque algunos autores señalan que el tipo genético puede tener cierta influencia en la proporción entre AGPI y AGS y en la relación $n-6:n-3$ (Mínguez *et al.*, 2017), la dieta es el factor determinante para estos parámetros.

Tabla 14. Índices de calidad relacionados con el perfil de ácidos grasos del lomo y el muslo de conejos híbridos comerciales e Ibicencos (media \pm desviación estándar).

Índice	Lomo			Muslo			<i>p</i> L/M
	Híbridos	Ibicencos	<i>p</i>	Híbridos	Ibicencos	<i>p</i>	
AGPI:AGS	0,68 \pm 0,09	0,69 \pm 0,14	n.s.	0,70 \pm 0,11	0,73 \pm 0,17	n.s.	n.s.
AGI:AGS	1,44 \pm 0,22	1,47 \pm 0,24	n.s.	1,50 \pm 0,20	1,52 \pm 0,26	n.s.	n.s.
I.I.	90,46 \pm 5,88	91,00 \pm 7,16	n.s.	91,67 \pm 5,73	93,00 \pm 7,65	n.s.	n.s.
<i>n-6:n-3</i>	13,23 \pm 2,25	13,71 \pm 3,33	n.s.	12,94 \pm 2,48	14,57 \pm 2,62	n.s.	n.s.
AL:AAL	19,80 \pm 6,29	21,62 \pm 5,41	n.s.	20,57 \pm 4,21	23,19 \pm 4,01	n.s.	n.s.
h:H	1,61 \pm 0,27	1,70 \pm 0,33	n.s.	1,67 \pm 0,21	1,74 \pm 0,37	n.s.	n.s.
I.A.	0,75 \pm 0,13	0,72 \pm 0,15	n.s.	0,72 \pm 0,11	0,69 \pm 0,13	n.s.	n.s.
I.T.	1,14 \pm 0,18	1,12 \pm 0,19	n.s.	1,10 \pm 0,14	1,09 \pm 0,18	n.s.	n.s.

AGPI:AGS: ratio entre ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos saturados; AGI:AGS: ratio entre ácidos grasos insaturados y ácidos grasos saturados. I.I.: índice de insaturación; *n-6/n-3*: ratio entre ácidos grasos *n-6* y *n-3*; AL/ALA: ratio entre ácido linoleico y α -linolénico; h:H: ratio entre ácidos grasos hipocolesterolémicos e hipercolesterolémicos.; I.A.: índice aterogénico; I.T.: índice trombogénico.

p: comparación entre los dos grupos raciales para una misma pieza

p (L/M): comparación entre el muslo y el lomo en un mismo grupo racial

n.s.: no significativo

Por lo que se refiere a la relación $n-6:n-3$, en este trabajo se observaron valores comprendidos entre 13 y 14, no apreciándose diferencias estadísticamente significativas ni por tipo genético ni porción anatómica. Estos valores son un reflejo del elevado contenido de C18:2 $n-6$ que presentaron las muestras, y son similares a los observados por Hernández *et al.* (2008) en conejos de raza Neozelandesa y cruces con Californiano, alimentados con una dieta comercial y sacrificados a las 9 semanas de edad. En la bibliografía se pueden encontrar frecuentemente valores de 7-8 (Cavani *et al.*, 2004; Dalle Zotte, 2002; Rasinska *et al.*, 2018), que se pueden relacionar con distintos factores que tienen influencia en el contenido de C18:2 $n-6$ y de los AGPI $n-3$, como la dieta, el sistema de cría o incluso la edad del sacrificio y el grado de madurez. Las cifras recomendadas para la ratio $n-6:n-3$ son de 1-2:1, con un máximo de 6:1 (Mínguez *et al.*, 2017; Simopoulos, 2016; Wijendran y Hayes, 2004). La dieta actual en los países occidentales puede llegar a superar la ratio 20:1, muy alejada del valor 1:1 que ha caracterizado al ser humano durante su evolución (Simopoulos, 2016).

Como se ha mencionado en la introducción de esta tesis, recientemente se ha relacionado una elevada ingesta de ácido linoleico con una menor producción de EPA y DHA en el organismo (Greupner *et al.*, 2018), al competir el C18:2 $n-6$ por las mismas enzimas desaturadas y elongadas que el ácido α -linolénico. También se está estudiando la posible participación del ácido linoleico en la formación de otros ácidos grasos y mediadores proinflamatorios (FAO, 2010). Por ello se ha sugerido mejorar la ratio AL:AAL (linoleico: α -linolénico) de la dieta, que en los países occidentales se encuentra alrededor de 10-20:1 (Greupner *et al.*, 2018). Los valores observados en el presente trabajo oscilaron entre 20 y 23, con cifras ligeramente superiores en los conejos Ibicencos, aunque sin significación estadística. A partir de los perfiles de ácidos grasos mostrados en la bibliografía, el intervalo de esta ratio en la carne de conejo es muy amplio, con valores medios de 12-14 (Papadomichelakis *et al.*, 2010b; Rasinska *et al.*, 2018). En el caso de otras carnes, y a partir de los datos publicados en la bibliografía, también pueden extraerse ratios AL:AAL variables, con valores comprendidos entre 10 y 26 para la carne de cerdo y entre 6 y 41 para la carne de pollo, y cifras más bajas y más estables (1-3:1) en la carne de rumiantes (Da Silva *et al.*, 2017; Dalle Zotte, 2002; Wood *et al.*, 2008).

En cuanto a la ratio h:H, en ambas poblaciones de conejos y en las dos regiones anatómicas estudiadas se obtuvieron valores de 1,6-1,7, similares a los hallados por Rasinska

et al. (2018) en distintas piezas obtenidas de conejos de raza Neozelandesa alimentados con un pienso comercial, y a los observados por Dabbou *et al.* (2017) en conejos alimentados una dieta comercial enriquecida en AGPI mediante la suplementación con orujo de arándanos, y por North *et al.* (2019) en un estudio comparado una dieta convencional con otra suplementada con quercetina. Los valores son similares a los encontrados en carne de cerdo (Lee *et al.*, 2016), mientras que en la bibliografía se citan valores más altos (en torno a 2,5) en la carne de pollo y cordero (Cullere *et al.*, 2019; Nudda *et al.*, 2019).

El índice aterogénico (I.A.) osciló entre 0,69 y 0,75. Cavani *et al.* (2004) en el muslo y North *et al.* (2019) citan valores de 0,6-0,7, mientras que Dabbou *et al.* (2017) y Rasinska *et al.* (2018) indican cifras superiores a 0,8-1,25. Por lo tanto, los valores obtenidos en este trabajo para ambos grupos poblacionales se pueden considerar dentro de los normales registrados en la carne de conejo, con cifras que se pueden encontrar en el intervalo más saludable. En la bibliografía se citan valores inferiores en la carne de pollo (0,3) (Cullere *et al.*, 2019) y en la carne de cordero (alrededor de 0,5, aunque con algunas variaciones estacionales) (Nudda *et al.*, 2019).

Por último, el índice trombogénico (I.T.) calculado en las muestras se situó en torno a 1,1, ligeramente superior al señalado por Cavani *et al.* (2004) y North *et al.* (2019), e inferior al indicado por Dabbou *et al.* (2017) y Rasinska *et al.* (2018) en conejos de distinta raza alimentados con una dieta estándar. En relación con el efecto de la dieta, en los estudios realizados por North *et al.* (2019), la suplementación con quercetina como antioxidante no influyó en este parámetro. Los valores obtenidos tanto en los conejos IBICENCOS como en los híbridos son similares a los que se señalan para otras carnes, tanto de ave como de corderos lechales de raza Sarda (Cullere *et al.*, 2019; Nudda *et al.*, 2019). No se encontraron diferencias significativas para este parámetro debidas las variables estudiadas.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

1. En este trabajo ha sido abordada la estructura genética de la agrupación de conejos desde los datos obtenidos de la información del pedigrí, y se ha diseñado una nueva estrategia de apareamientos. Esta metodología se ha demostrado como potencialmente utilizable para otras poblaciones. Sin embargo, se requiere mucha más investigación. Algunas de las estrategias para poner en desarrollo podrían estar relacionadas con la promoción y valorización de la carne del conejo Ibicenco, a través de adopción de denominaciones de calidad y el estudio de las características de la carne de esta raza. Además, el mantenimiento de las cuatro variedades de color puede suponer un ingreso adicional para los criadores.
2. La mayoría de los parámetros productivos fueron ligeramente inferiores en el conejo Ibicenco, aunque, salvo excepciones como el rendimiento a la canal, que fue mayor en esta población, probablemente relacionado con un menor peso del tubo digestivo. En cualquier caso, los resultados obtenidos no distan mucho de los que se observan en animales otras razas sacrificados a los 60 días.
3. A excepción de la capacidad de retención de agua, que presentó menores valores en el conejo Ibicenco, no se observaron otras diferencias otras características físico-químicas de la carne de las dos poblaciones estudiadas, como el pH, la a_w y el color.
4. Las principales diferencias en la composición química porcentual de la carne del conejo Ibicenco se registraron en la porción anatómica del muslo, que presentó un mayor contenido de grasa y un menor contenido de agua que la de los híbridos comerciales.
5. Se observaron algunas diferencias en el perfil de ácidos grasos entre ambas poblaciones, entre las que cabe destacar el contenido de los ácidos láurico y esteárico, que fue superior en la carne del conejo Ibicenco, tanto en el lomo como en el muslo. En el lomo de los conejos Ibicencos también se observó un contenido significativamente superior de ácido margaroleico, que se ha asociado con efectos metabólicos beneficiosos en el organismo.
6. No se observaron diferencias significativas en los índices de calidad nutricional de la fracción lipídica de la carne del conejo Ibicenco en comparación con la de los híbridos comerciales, presentando ambos grupos poblacionales valores que se pueden considerar dentro del intervalo considerado como más saludable entre las distintas carnes de consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Azeem, A. S., Abdel-Azim, A. M., Darwish, A. A. y Omar, E. M. (2007). Body weight and carcass traits in four pure breeds of rabbits and their crosses under Egyptian environmental conditions. In *Proceedings of the 5th International Conference of Rabbit Production in Hot Climate*. Hurghada, Egipto, pp. 67-80.
- Alasnier, C., Réminon, H. y Gandemer, G. (1996). Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Science* 43, 213-224.
- Alessandri, J., Goustard, B., Guesnet, P. y Durand, A. (1998). Docosahexaenoic acid concentrations in retinal phospholipids of piglets an infant formula enriched with long-chain polyunsaturated fatty acids: Effect of egg phospholipids and fish oils with different ratios of eicosapentaenoic acid to docosahexaenoic acid. *American Journal of Clinical Nutrition* 67, 377-385.
- Álvarez, I., Royo, L.J., Gutiérrez, J.P., Fernández, I., Arranz, J.J. y Goyache, F. (2008). Relationship between genealogical and microsatellite information characterising losses of genetic variability: empirical evidence from the rare Xalda sheep breed. *Livestock Science* 115, 80-88.
- Anguera, B. (2005). Conill Pagès d'Eivisa. En *Razas Autóctonas de las Islas Baleares*. B. Anguera (ed.). Conselleria d'Agricultura i Pesca. Govern de les Illes Balears, pp. 46-47.
- Aquaron, R. y Serratrice, G. (1972). Phosphorylase, aldolase, lactate dehydrogenase and its isoenzymes, creatine kinase and glycogen levels in red and white muscles of normal rabbits. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie et de ses Filiales* 166, 653.
- Aro, A., Jauhiainen, M., Partanen, R., Salminen, I. y Mutanen, M. (1990). Stearic acid, trans fatty acids and dairy fat: effects on serum and lipoproteins lipids, apolipoproteins, lipoproteins (a), and lipid transfer proteins in healthy subjects. *American Journal of Clinical Nutrition* 65, 1419-1426.
- Arterburn, L. M., Hall, E. B. y Oken, H. (2006). Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 83, 1467S-1476S.
- ASEMUCE (2015). *Historia, caracterización y situación actual del conejo Antiguo Pardo Español*. Asociación de Seleccionadores y Multiplicadores Cunícolas de España (ASEMUCE).
- Bacou, F. y Vigneron, P. (1976). Métabolisme de divers types de muscles chez trois races de lapin de format différent. *First World Rabbit Congress*. Dijon.
- Baylin A y Campos H. (2004) Arachidonic acid in adipose tissue is associated with nonfatal acute myocardial infarction in the central valley of Costa Rica. *Journal of Nutrition* 134, 3095-99.

- Ballou, J. y Lacy, R. (1995). Identifying genetically important individuals for management of genetic variation in pedigreed populations. J. Ballou, M. Gillpin y T. Foose (eds.). Columbia University Press, Nueva York, pp. 76-111.
- Barrón, M. D. C., Herrera, J. G., Suárez, M. E., Zamora, M. M. y Lemus, C. (2004). Evaluación de características de canal en tres razas de conejos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 38, pp. 19-24
- Berthier, P., Beaumont, M.A., Comuet, J.M. y Luikart, G. (2002). Likelihood-bases estimation of the effective population size using temporal changes in allele frequencies: a genealogical approach. *Genetics* 160, 741-751.
- Bianchi, M., Petracci, M. y Cavani, C. (2009). The influence of linseed on rabbit meat quality. *World Rabbit Science* 17, 97-107.
- Blasco, A. y Ouhayoun, J. (1993). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Science* 4, 93-99.
- Blasco, A. y Piles, M. (1990). Muscular pH of the rabbit. *Annales de Zootechnie* 39, 133-136.
- Blasco, A., Estany, J. y Baselga, M. (1984). Prediction of rabbit meat and bone weight using carcass measurements and sample cuts. *Annales de Zootechnie* 33, 161-170.
- Blasco, A., Nagy, I. y Hernández, P. (2018). Genetics of growth, carcass and meat quality in rabbits. *Meat Science* 145, 178-185.
- Bligh, E. y Dyer, W. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 37, 911-917.
- Bodwell, C. y Anderson, B. (1986). *Nutritional composition and value of meat and meat products*. P. Bechtel (ed.). Academic Press, Urbana, Illinois, EE.UU.
- Boichard, D., Maignel, L. y Verrier, E. (1997). The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genetics Selection Evolution* 29, 5-23.
- Bordoni A., Biagi P.L. y Hrelia S. (1999). The impairment of essential fatty acid metabolism as a key factor in doxorubicin-induced damage in cultured rat cardiomyocytes. *Biochimica et Biophysica Acta* 1440, 100-106.
- Bosselmann, A., Möller, C., Steinhart, H., Kirchgessner, M. y Schwarz, F. (1995). Pyridinoline cross-links in bovine muscle collagen. *Journal of Food Science* 60, 953-958.
- Bovera, F., Di Meo, C., Barone, C., Gazaneo, M., Taranto, S. y Nizza, A. (2004). A survey on carcass and meat characteristics of Ischia rabbits raised in pits. *8th World Rabbit Congress*. Puebla, México.

- Briggs, M., Petersen, K. y Kris-Etherton, P. (2017). Saturated fatty acids and cardiovascular disease: replacements for saturated fat to reduce cardiovascular risk. *Healthcare* 5, 1-29.
- Brusini, I., Carneiro, M., Wang, C., Rubin, C.J., Ring, H., Afonso, S., Blanco-Aguiar, J.A., Ferrand, N., Rafati, N., Villafuerte, R., Smedby, O., Damberg, P., Hallböök, F., Fredrikson, M. y Andersson, L. (2018). Changes in brain architecture are consistent with altered fear processing in domestic rabbits. *PNAS* 115, 7380-7385.
- Bultman, S., Michaud, E. y Woychik, R. (1992). Molecular characterization of the mouse Agoutí Locus. *Cell* 71, 1195-1204.
- Burdge, G. C. y Calder, P. C. (2005). Conversion of alpha linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reproduction Nutrition Development* 45, 581-597.
- Caballero, A. y Toro, M. (2000). Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations. *Genetic Research* 75, 331-343.
- Caballero, A. y Toro, M. (2002). Analysis of genetic diversity for the management of conserved subdivided populations. *Conservation Genetics* 3, 289-299.
- Camero, M. I., de la Hoz, L., Sanz, B. y Ordóñez, J. A. (1991). Seasonal variations in lipid composition of Spanish wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56, 351-362.
- Carneiro, M., Rubin, C.-J., Di Palma, F., Albert, F., Alföldi, J., y Martínez Barrio, A. (2014). Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. *Science* 345, 1074-1079.
- Casares-Crespo, L., Fernández-Serrano, P. y Viudes-de-Castro, M.P. (2019). Proteomic characterization of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) sperm from two different genotypes. *Theriogenology* 128, 140-148.
- Casillas-Peñuelas R., Pérez-Esteve, E., Fuentes, A., Grau-Melo, R., Pascual, J.J. y Barat-Baviera, J. (2015). Elaboración de una salchicha a partir de carne de conejo. *40 Symposium de Cunicultura de ASESCU*, Santiago de Compostela (España), 28-29 de mayo. Libro de actas, pp. 111-114. Asociación Española de Cunicultura (ASESCU).
- Castillo, C. (2012). Aproximación Veterinaria a la escenografía del Quijote. Discurso de ingreso como académico de Número. Real Academia de Ciencias Veterinarias. Santiago de Compostela, 21 de junio de 2012.
- Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España. MAPA (2019). <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/default.aspx>. Fecha de consulta: 28 de junio de 2019.

- Cavani, C., Bianchi, M., Petracci, M., Toschi, T.G., Parpinello, G.P., Kuzminsky, G., Morera, P. y Finzi, A. (2004). Influence of open-air rearing on fatty acid composition and sensory properties of rabbit meat. *World Rabbit Science* 12, 247-258.
- Cervantes, I. (2008). *Estructura genética del caballo de Pura Raza Árabe español. Aplicación de nuevas metodologías en el cálculo del tamaño efectivo*. Tesis doctoral. Madrid. Universidad Complutense, Madrid.
- Cervantes, I., Gómez, M.D., Azor, P.J., Solé, M. y Valera, M. (2010). *Estructura genética del caballo de Pura Raza Menorquina. Anuario 2010*. Asociación de Criadores y Propietarios de Caballos de Raza Menorquina. España.
- Cervantes, I., Goyache, A., Molina, A., Valera, M. y Gutiérrez, J.P. (2011a). Estimation of effective population size from the rate of coancestry in pedigreed populations. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 128, 56-63.
- Cervantes, I., Pastor, J.M., Gutiérrez, J.P., Goyache, F. y Molina, A. (2011b). Computing Effective Population Size from molecular data: The case of three rare Spanish ruminant populations. *Livestock Science* 138, 202-206.
- Cervantes, I., Goyache, F., Molina, A., Valera, M. y Gutiérrez, J.P. (2008). Application of individual increase in inbreeding to estimate realised effective sizes from real pedigrees. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 125, 301-310.
- Cervantes, I., Gutiérrez J.P., Molina, A., Goyache, F. y Valera, M. (2009). Genealogical analyses in open populations: the case of three Arab-derived Spanish horse breeds. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 126, 335-347.
- Chen, C.P., Rao, D.R., Sunki, G.R. y Johnson, W.M. (1978). Effect of weaning and slaughter ages upon rabbit meat production. I. Body weight, feed efficiency and mortality. *Journal of Animal Science* 46, 573-577.
- Chewning, J. J., Brown, Jr., A. H., Johnson, Z. B. y Brown, C. J. (1990). Breed means for average daily gain, feed conversion and intake of beef bulls during postweaning feedlot performance tests. *Journal of Animal Science* 68, 1500-1504.
- Cifuni, G., Napolitano, F., Riviezzi, A., Braghieri, A. y Girolami, A. (2004). Fatty acid profile, cholesterol content, and tenderness of meat from Podolian young bulls. *Meat Science* 67, 289-297.
- Clutton-Brock, J.A. (1999). *Natural history of domesticated mammals*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cobos, A., de la Hoz, L., Cambero, M.I. y Ordoñez, J.A. (1995). Sugar-beet pulp as an alternative ingredient of barley in rabbit diets and its effect on rabbit meat. *Meat Science* 39, 113-121.

- Código Alimentario Español (1967). Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. *Boletín Oficial del Estado* del 17 de octubre de 1967, pp. 14180-14187.
- Combes, S., Lepetit, J., Darche, B. y Lebas, F. (2004). Effect of cooking temperature and cooking time on Warner–Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Science* 66, 91-96.
- Commission Internationale de l’Eclairage. 1978. Recommendations on uniform color spaces-color differences equations-psychometric color terms. Supplement 2, CIE Publications, 15 (E-1.3.1) 1971/(TC-1.3), Bur. Centrale de la CIE. Paris.
- Conde, M. S. G., Chamorro, S., Martín, N. N., de Blas Beorlegui, C., García, J. y Carabaño, R. (2004). Efecto del tipo de fibra en la alimentación de gazapos destetados precozmente. *XXIX Symposium de Cunicultura de ASESCU*, Lugo (España), 31 de marzo-1 de abril. Libro de actas, pp. 157-163. Asociación Española de Cunicultura (ASESCU).
- Conesa Jimeno, A., López Sánchez, M., Sierra Alfranca, I. y Ferrero Cantán, F. (1990). Calidad de la canal y de la carne de conejo de raza Gigante de España en tres pesos comerciales de sacrificio. *Boletín de Cunicultura* 50, 33-40. Murcia.
- Conquer, J. y Holub, B. (1998). Effect of supplementation with different doses of DHA on the levels of circulating DHA as non-esterified fatty acid in subjects of Asian Indian background. *Journal of Lipid Research* 39, 286-292.
- Conselleria d'Agricultura i Pesca (2007). Decret 5/2007 de 2 de febrer, pel qual s’aprova el Catàleg d’agrupacions racials dels animals domèstics autòctons de les Illes Balears i es regulen les entitats dedicades a fomentar-los. BOIB de 8 de febrer 20, 10-11.
- Cossu, M.E. y Capra, G.C. (2014). Valor nutritivo de la carne de conejo y su potencial como alimento funcional. En *Tecnología de producción de conejos para carne*. G. Capra y O. Blumetto (eds.). Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del Instituto Nacional del Investigación Agropecuaria de Uruguay. Montevideo, pp. 119-132.
- Craig, R. y Offer, G. (1976). The location of C-protein in rabbit skeletal muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 192, 451-461.
- Cullere, M. y Dalle Zotte (2018). Rabbit meat production and consumption: state of knowledge and future perspectives. *Meat Science* 143, 137-146.
- Cullere, M., Schiavone, A., Dabbou, S., Gasco, L. y Dalle Zotte, A. (2019). Meat quality and sensory traits of finisher broiler chickens fed with black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat as alternative fat. *Animals* 9, 140.
- Cunicultura.info (2019). Abiertos los libros genealógicos del «Antiguo Pardo Español» y del «Gigante de España». <https://cunicultura.info/libros-genealogicos-antiguo-pardo-gigante-espana/>. Fecha de consulta: 3 de agosto de 2019.

- Da Silva, T., Antunes, M.V., Freitas, L., Baldi, F., Rodrigues de Amorim, T., Matias, A., Muñoz, J., Harumi de Souza, I., Vespe de Moura, G., Gemelli, J.L. y Cravo, A. (2017). Fat deposition, fatty acid composition, and its relationship with meat quality and human health. En *Meat science and nutrition*. IntechOpen.
- Daader, A.H., Yousef, M.K., Abdel-Samee A.M. y Abd El-Nour S.A. (2016). Recent trends in rabbit does reproductive management: special reference to hot regions. *Proceedings of the 11th World Rabbit Congress*. Qingdao, China, pp. 149-166.
- Dal Bosco, A., Mugnai, C., Roscini, V., Mattioli, S., Ruggeri, S. y Castellini, C. (2014). Effect of dietary alfalfa on fatty acid composition and indexes of lipid metabolism of rabbit meat. *Meat Science* 96, 606-609.
- Dabbou, S., Renna, M., Lussiana, C., Gai, F., Rotolo, L., Kovitvadhi, A., Brugiapaglia, A., Helal, A.N., Schiavone, A., Zoccarato, I. y Gasco, L. (2017). Bilberry pomace in growing rabbit diets: effects on quality traits of hind leg meat. *Italian Journal of Animal Science* 16, 371-379.
- Dalle Zotte, A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science* 75, 11-32.
- Dalle Zotte, A. (2014). Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers* 4, 62-67.
- Dalle Zotte, A. y Paci, G. (2013). Influence of rabbit sire genetic origin, season of birth and parity order on doe and litter performance in an organic production system. *Asian-Australasian journal of animal sciences* 26, 43-49.
- Dalle Zotte, A. y Paci, G. (2014). Rabbit growth performance, carcasse traits and hind legs bone characteristics as affected by the sire breed, season, parity order and sex in an organic production system. *Animal Science Papers and Reports* 32, 143-159.
- Dalle Zotte, A. y Szendrő, Z. (2011). The role of rabbit meat as a functional food. *Meat Science* 88, 319-331.
- Dalle Zotte, A., Cullere, M., Réminon, H., Alberghini, L. y Paci, G. (2016). Meat physical quality and muscle fibre properties of rabbit meat as affected by the sire breed, season, parity order and gender in an organic production system. *World Rabbit Science* 24, 145-154.
- Dalle Zotte, A., Parigi Bini, R., Xiccato, G. y Simionato, S. (1995). Proprietà tecnologiche e sensoriali della carne di coniglio. *Revista de Conigliocultura* 6, 33-39.
- Dalle Zotte, A., Bini, R. P., Xiccato, G., y Cossu, M. E. (1997). Effetto della dieta e della durata del post-svezzamento sulla qualità della carcassa e della carne di coniglio. In *XII Congresso Nazionale ASPA*, Pisa, pp. 23-26.
- Dalle Zotte, A., Szendrő, K., Gerencsér, Zs., Szendrő, Zs., Cullere, M., Odermatt, M., Radnai, I. y Matics, Zs. (2015). Effect of genotype, housing system and hay

- supplementation on carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Meat Science* 110, 126-134.
- De Santos, M.L. (2019). El sector de la carne de conejo se adapta a los cambios en el mercado. *Distribución y Consumo* 2, 48-51.
- Duchev, Z., Distl, O. y Groeneveld, E. (2006). Earning warning systems for loss of diversity in European livestock breeds. *Archives of Animal Breeding* 49, 521-531.
- Dudley, F. y Wilson, W. (1943). Carcass investigations with rabbits. Some observations on the weights of rabbits at time of killing. *The Journal of Agricultural Science* 3, 129-135.
- Ebbesson, S. O., Voruganti, V. S., Higgins, P. B., Fabsitz, R. R., Ebbesson, L. O., Laston, S. y Devereux, R. B. (2015). Fatty acids linked to cardiovascular mortality are associated with risk factors. *International Journal of Circumpolar Health* 74, 28055.
- EFSA (2010). Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). *EFSA Journal* 2010 8(3):1461, 107 pp.
- Enser, M. (1984). The chemistry biochemistry and nutritional importance of animal fats. En *Fat in Animal Nutrition*. J. Wiseman (ed.). Butterworth, Londres, pp. 23-54.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G.A.J. y Wood, J.D. (1996). Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science* 42, 443-456.
- Facciolongo, A.M., Lestingi, A., Colonna, M.A., Nicastro, F., De Marzo, D. y Toteda, F. (2018). Effect of diet lipid source (linseed vs. soybean) and gender on performance, meat quality and intramuscular fatty acid composition in fattening lambs. *Small Ruminant Research* 159, 11-17.
- Falconer, D. y MacKay, F. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*. (4th ed.). Harlow, Reino Unido: Longman Group.
- FAO (1998). *Secondary guidelines for the national farm animal genetics resources managements plans: management for small populations at risk*. FAO, Roma.
- FAO (2007). *Plan de Acción Mundial de los Recursos Zoogenéticos y a Declaración de Interlaken*. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, FAO, Roma.
- FAO (2019a). Domestic animal diversity information system (DAD-IS). Disponible en <http://www.fao.org/dad-is/dataexport/en/>. Fecha de consulta: 21 de agosto de 2019.
- FAO (2019b). Producción de carne de conejo. Los 10 productores principales. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>. Fecha de consulta: 1 de agosto de 2019.

- Fernández, C. y Fraga, M.J. (1996). The effect of dietary fat inclusion on growth, carcass characteristics, and chemical composition of rabbits. *Journal of Animal Science* 74, 2088-2094.
- Fernandez, J., Toro, M. y Caballero, A. (2003). Fixed contributions designs vs. minimization of global coancestry to control inbreeding in small populations. *Genetics* 165, 885-894.
- Fernández, J., Villanueva, B., Pong-Wong, R. y Toro, M.A. (2005). Efficiency of the use of molecular markers in conservation programmes. *Genetics* 170, 1313-1321.
- Fernández, J. y Toro, M.A. (2006). A new method to estimate relatedness from molecular markers. *Molecular Ecology* 15, 1657-1667.
- Fernández, M., Ordóñez, J.A., Cambero, I., Santos, C., Pin, C. y de la Hoz, L. (2007). Fatty acid compositions of selected varieties of Spanish dry ham related to their nutritional implications. *Food Chemistry* 101, 107-112.
- Ferrand, N. y Branco, M. (2007). The evolutionary history of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*): major patterns of population differentiation and geographic expansion inferred from protein polymorphism. En S. Weiss, N. Ferrand (Edits.), *Phylogeography of Southern European Refugia* (págs. 207-235). Springer.
- Fisher, R.A. (1958). The genetical theory of natural selection. Dover Publ. 13th Ed. Hafner, Nueva York.
- Flux, J., y Fullagar, P. (1992). World distribution of the rabbit *Oryctolagus cuniculus* on islands. *Mammal Review* 22, 151-205.
- Fogliano, V., y Vitaglione, P. (2005). Functional foods: Planning and development. *Molecular Nutrition and Food Research* 49, 256-262.
- Fontanesi, L., Tazzoli, M., Beretti, F., y Russo, V. (2006). Mutations in the melanocortin 1 receptor (MC1R) gene are associated with coat colours in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Animal Genetic* 37, 489-493.
- Formoso-Raferty, N., García-García, R., Rodríguez, M., Alonso, A., Masdeu, M., Millán, P. y Rebollar, P. (2016). Caracterización de parámetros reproductivos y endocrinos en una población de conejas ibicencas. *Archivos de Zootecnia* 65, 525-534.
- Forouhi, N., Krauss, R.M., Taubes, G. y Willett W. (2018). Dietary fat and cardiometabolic health: evidence, controversies, and consensus for guidance. *The British Medical Journal* 361, k2139.
- Forrester-Anderson, I. T., McNitt, J., Way, R. y Way, M. (2006). Fatty acid content of pasture-reared fryer rabbit meat. *Journal of Food Composition and Analysis* 19, 715-719.

- Frunza, G., Simeanu, D., Pop, I. M., Boisteanu, P. C., y Stefan, M. (2019) Contributions on the Sensorial, Physico-Chemical and Nutritional Characterization of Meat in Flemish Giant Rabbit Breed. *Revista de Chimie* 70, 512-517.
- Fujii, J., Otsu, K., Zorzato, F., Deleon, S., Khanna, V. K., Weiler, J., E. y O'brien, P.J., MacLennan, D. H., (1991). Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hypertermia. *Science* 253, 448-451.
- Gómez-Conde, M. S., Chamorro, S., Nicodemus, N., De Blas, C., García, J. y Carabaño, R. (2004). Efecto del tipo de fibra en la alimentación de gazapos destetados precozmente. *XXIX Symposium de cunicultura de ASESCU: Lugo, 31 de marzo y 1 de abril de 2004* (pp. 157-163).
- Gómez, M.D., Azor, P.J., Alonso, M.E., Jordana, J. y Valera, M. (2012). Morphological and genetic characterization of Spanish heavy horses breeds: Implications for their conservation. *Livestock Science* 144, 57-66.
- González-Mariscal, G., McNitt J.I. y Lukefahr S.D. (2007). Maternal care of rabbits in the lab and on the farm, endocrine regulation of behavior and productivity. *Hormones and Behavior* 52, 86-91.
- Gonzalez-Redondo, P., Horcada, A., Valera, M., y Alcalde, M. (2010). Water holding capacity and PH of meat from the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) hunted specimens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9, 1560-1564.
- Goyache, F., Gutiérrez, J., Fernández, I., Gómez, E., Álvarez, I., Díez, J., y Royo, L. (2003). Using pedigree information to monitor genetic variability of endangered populations: the Xalda sheep breed of Asturias as an example. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 120, 95-105.
- Goyache, I., Álvarez, I., Fernández, L., Pérez-Pardal, L., Royo, J. y Lorenzo, L. (2011). Usefulness of molecular-based methods for estimating effective population size in livestock assessed using data from the endangered black-coated *Asturcón* pony. *Journal of Animal Science* 89, 1251-1259.
- Goyache, F., Fernández, I., Royo, L. J., Álvarez, I. y Gutiérrez, J. P. (2003). Factors affecting actual weaning weight, preweaning average daily gain and relative growth rate in *Asturiana de los Valles* beef cattle breed. *Archives Animal Breeding* 46, 235-243.
- Goyache, F., Gutiérrez, J.P. y Cervantes, I. (2013). Comments on: Methods to estimate effective population size using pedigree data. Examples in dog, sheep, cattle and horse <http://www.gsejournal.org/content/45/1/1>. Fecha de consulta: 5 de febrero de 2019.
- Grau, R., y Hamm, R. (1953). A simple method for determination of water binding in muscles. *Naturwissenschaften* 40, 29.

- Greupner, T., Kutzner, L., Pagenkopf, S., Kohrs, H., Hahn, A., Schebbb, N.H. y Schuchardt, J.P. (2018). Effects of a low and a high dietary LA/ALA ratio on long-chain PUFA concentrations in red blood cells. *Food and Function* 9, 4742-4754.
- Griffin, B. A. (2008). How relevant is the ratio of dietary n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids to cardiovascular disease risk? Evidence from the OPTILIP study. *Current Opinion in Lipidology* 19, 57-62.
- Groeneveld, L.F., GLOBALDIV Consortium (2010). Genetic diversity in farm animal-a review. *Animal Genetics* 41, 6-31.
- Gutiérrez, J., Cervantes, I., Molina, A., Valera, M. y Goyache, F. (2008). Individual increase in inbreeding allows estimating effective size from pedigrees. *Genetics Selection Evolution* 40, 359-378.
- Gutiérrez, J. y Goyache, F. (2005). A note on ENDOG: a computer program for analysis pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 122, 172-176.
- Gutiérrez, J., Altarriba, J., Díaz, C., Quintanilla, R., Cañón, J., y Piedrafita, J. (2003). Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. *Genetics Selection Evolution* 35, 43-63.
- Gutiérrez, J., Cervantes, I. y Goyache, F. (2009). Improving the estimation of realised effective population size in farm animals. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 126, 327-332.
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. En *Muscle as Food*. P.J. Bechtel (ed.). Academic Press, Nueva York, pp. 135-199.
- Hammond, J. (1934). The fertilisation of rabbit ova in relation to time: a method of controlling the litter size, the duration of pregnancy and the weight of the young at birth. *Journal of Experimental Biology* 11, 140-161.
- Hanson, S., y Olley, J. (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemistry Journal* 89, 101-102.
- Hermida, M., González, M., Miranda, M. y Rodríguez-Otero, J.L. (2006). Mineral analysis in rabbit meat from Galicia. *Meat Science* 73, 635-639.
- Hernández, P. (1997). Lagomorpha. *Revista de la Asociación Española de Cunicultura*, 90. 13-19.
- Hernández, P. y Gondret, F. (2006). *Rabbit Meat Quality*. L. Martens y P. Coudert (eds.). Institute for Agricultural and Fisheries Research, Melle, Bélgica.
- Hernández, P. (2008). Enhancement of nutritional quality and safety in rabbit meat. *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress*, pp. 10-13.

- Hernández, P., Ariño, B., Grimal, A. y Blasco, A. (2006). Comparison of carcass and meat characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate. *Meat Science* 73, 645-650.
- Hernández, P., Cesari, V. y Blasco, A. (2008). Effect of genetic rabbit lines on lipid content, lipolytic activities and fatty acid composition of hind leg meat and perirenal fat. *Meat Science* 78, 485-491.
- Hernández, P., Pla, M., Oliver, M. y Blasco, A. (2000). Relationship between meat quality measurements in rabbits fed with three diets of different fat type and content. *Meat Science* 55, 379-384.
- Hernández, P. y Dalle Zotte, A. (2010). Influence of diet on rabbit meat quality. En *Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. C. de Blas y J. Wiseman (eds.), 163-178.
- Hernández Guerra, L. (2017). El papel de la moneda en la Hispania romana. *Hispania Antiqua. Revista de Historia Antigua* XLI, 279-302.
- Hill, W.G. (1981). Estimation of effective population size from data on linkage disequilibrium. *Genetic Research* 38, 209-216.
- Hu, F. B., Stampfer, M. J., Manson, J. E., Rimm, E., Colditz, G. A., Rosner, B. A., Hennekens, C.H. y Willett, W. C. (1997). Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *New England Journal of Medicine* 337, 1491-1499.
- Hu, F. B., Manson, J. E. y Willett, W. C. (2001). Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *Journal of the American College of Nutrition* 20, 5-19.
- Huff-Lonergan, E. y Lonergan, S. (2005). Mechanism of water holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71, 194-204.
- Hulot, F. y Ouhayoun, J. (1999). Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Science* 7, 15-36.
- Hunter, J.E., Zhang, J. y Kris-Etherton, P.M. (2010). Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: A systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition* 91, 46-63.
- Infante, J. (2011). *Caracterización y gestión de los recursos genéticos de la población equina de carne del Pirineo catalán (Cavall Pirinenc Catalá): interrelación con otras razas cárnicas españolas*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- Irving-Pease, E.K., Frantz, L.A.F., Sykes, N., Callou, C. y Larson, G. (2018). Rabbits and the species origins of domestication. *Trends in Ecology and Evolution* 33, 149-152.

- Ivy, J. y Lacy, R. (2012). A comparison of strategies for selecting Breeding Pairs to Maximize Genetic Diversity Retention in Managed Populations. *Journal of Heredity* 103, 186-196.
- James, J. (1972). Computation of genetic contributions from pedigrees. *Theoretical and Applied Genetics* 42, 272-273.
- James, J. (1977). A note on selection differentials and generation length when generations overlap. *Animal Production* 24, 109-112.
- Jilge, B. y Meyer, H. (1975). Coprophagy-dependant changes of the anaerobic bacterial flora in stomach and small intestine of the rabbit. *Zeitschrift fur Versuchstierkunde* 17, 308-314.
- Jorde, P.E. y Ryman, N. (2007). Unbiased estimator for genetic drift and effective population size. *Genetics* 177, 927-935.
- Kapoor R. y Huang Y.S. (2006). Gamma linolenic acid: an antiinflammatory omega-6 fatty acid. *Current Pharmaceutical Biotechnology* 7, 531-534.
- Kark J.D., Kanfmann, N.A., Binka, F., Golderger, N. y Berry, E.M. (2004) Adipose tissue n-6 fatty acids and myocardial infarction in a population consuming a diet high in polyunsaturated fatty acid. *American Journal of Clinical Nutrition* 77, 796-802.
- Kerdiles, V. y de Rochambeau, H. (2002). A genetic description of two selected strains of rabbits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 119, 25-33.
- Kerns, J., Newton, J., Berryere, T., Rubin, E., Cheng, J., Schmutz, S. y Barsh, G. (2004). Characterization of the dog Agoutí gene and a nonagoutí mutation in German Shepherd dog. *Mammalian Genome* 15, 798-808.
- Khosla, I. y Khosla, G.C. (2017). Saturated fats and cardiovascular disease risk: A review. *Journal of Clinical and Preventive Cardiology* 6, 56-59.
- Kouba, M., Benatmane, F., Blochet, J. y Mouro, J. (2008). Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirrenal fat, and raw and cooked rabbit meat. *Meat Science* 80, 829-834.
- Kozioł, K., Maj, D. y Bieniek, J. (2015). Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging process. *Medycyna Weterynaryjna* 71, 104-108.
- Kris-Etherton, P., Daniels, S., Eckel, R., Engler, M., Howard, B., Krauss, R., Lichtenstein, A., Sacks, F., St. Jeor, S. y Stampfer, M. (2001). American Heart Association. Scientific Statement: Summary of the scientific conference on dietary fatty acids and cardiovascular health. *Circulation* 103, 1034-1039.
- Kuramoto, T., Nomoto, T., Sugimura, T. y Ushijima, T. (2001). Cloning of the rat Agoutí gene and identification of the rat nonagoutí mutation. *Mammalian Genome* 12, 469-471.

- Labuza, T. (1980). The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. *Food Technology* 34, 36-41.
- Lacomba, V. (1919). Origen de la raza de conejos “Gigantes de España”. *España Avícola* 48.
- Lacy, R. (1989). Analysis of founder representation in pedigrees: fouvalent and founder genome equivalent. *Zoo Biology* 8, 111-123
- Lazzaroni, C., Biagini, D. y Lussiana, C. (2009). Fatty acid composition of meat and perirenal fat in rabbits from two different rearing systems. *Meat Science* 83, 135-139.
- Lebas, F., Coudert, P., Rochambeau, H. y Thébault, R.G. (1996). *El Conejo: Cría y Patología*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma.
- Lebas, F. (2008). Historique de la domestication et des méthodes d'élevage des lapins. Consultable sur <http://www.cuniculture.info/Docs/Elevage/Elevage-fichiers-pdf/Histoire-domestication.pdf>.
- Lebret, B., Listrat, A. y Clochefert, N. (1998). Age-related changes in collagen characteristics of porcine loin and ham muscles. In Proceedings 44th International Congress of Meat Science and Technology, (Vol. II pp. 718–719), 30 de agosto-4 de septiembre de 1998, Barcelona, España.
- Lee, S.M., Kim, I.H. y Choi, Y.M. (2016). Effects of persimmon peel supplementation on pork quality, palatability, fatty acid composition, and cholesterol level. *Journal of Animal Science and Technology* 58, 32.
- Lehninger, A. L. (1978). *Biochemistry*. Omega, Nueva York.
- Leiber, F., Meier, J. S., Burger, B., Wettsein, H. R., Kreuzer, M., Hatt, J. M. y Clauss, M. (2008). Significance of coprophagy for the fatty acid profile in body tissues of rabbits fed different diets. *Lipids* 43, 853-865.
- Leroy, G., Mary-Huard, T., Verrier, E., Danvy, S., Charvolin, E. y Danchin-Burge, C. (2013). Methods to estimate effective population size using pedigree data: examples in dog, sheep, cattle and horse. *Genetics Selection Evolution* 45, 1-10.
- Lombardi-Boccia, G., Lanzi, S. y Aguzzi, A. (2005). Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 39-46.
- López-Martínez, N. (1989). Revisión sistemática y biostratigráfica de los Lagomorpha (Mammalia) del Terciario y Cuaternario de España. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*. Diputación General de Aragón.
- López Sánchez, M. (1986). Raza cunícola Gigante de España. *Mundo Ganadero* 5, 69-73.

- López, M. y Sierra, I. (1998). Razas y poblaciones autóctonas de conejos domésticos. *Archivos de Zootecnia* 47, 467-471.
- López, M., Sierra, I., Khalil, M. H. y Baselga, M. (2002). The *Gigante de España* Breed (Spain). *Options Méditerranéennes, Série B: Études et recherches* 38, 209-220.
- Luikart, G., Ryman, N., Tallmon, D.A., Schwartz, M.K. y Allendorf, F.W. (2010). Estimation of census and effective population sizes: the increasing usefulness of DNA-based approaches. *Conservation Genetics* 11, 355-373.
- Lukefahr, S., Hohenboken, W. D., Cheeke, P. R., Patton, N. y Kennick, W. H. (1982). Carcass and meat characteristics of Flemish Giant and New Zealand White Purebreed and terminal-cross rabbits. *Journal of Animal Science* 54, 1169-1174.
- Lukefahr, S., Nwuosu, C. y Rao, D. (1989). Cholesterol level of rabbit meat and Trait Relationship among growth, carcass and lean yield performance. *Journal of Animal Science* 67, 2009-2017.
- Mäki-Tanila, A., Fernández, J., Toro, M.A. y Meuwissen, T. (2010). Assessment and management of genetic variation. *Local cattle breeds in Europe: Development of policies and strategies for self-sustaining breeds*. S.J. Hiemstra, Y. d Haas, A. Mäki-Tanila y A. Gandini (eds). Wageningen Academic, pp 100-119.
- Malècot, G. (1948). *Les Mathématiques de l'Hérédité*. Masson et Cie. París, Francia.
- Månsson, H.L. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. *Food and Nutrition Research* 52, 1821.
- Martín de la Rosa, A., Cervantes, I., García García, R., Rebollar, P., Arias Álvarez, M., Lorenzo, P. y Gutiérrez, J. (2013). Initial study of genetic structure of *Ibicenco* rabbit from genealogical information. *XV Conference on Animal Production*, (págs. 514-515). Zaragoza, España.
- Martínez, M., Motta, W., Cervera, C. y Pla, M. (2005). Feeding mulberry leaves to fattening rabbits: effects on growth, carcass characteristics and meat quality. *Animal Science* 80, 275-280.
- Melody, J. L., Lonergan, S. M., Rowe, L. J., Huiatt, T. W., Mayes, M. S. y Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *Journal of Animal Science* 82, 1195-1205.
- Mensink, R.P. (2016). *Effects of saturated fatty acids on serum lipids and lipoproteins: a systematic review and regression analysis*. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- Meuwissen, T. y Woolliams, J.A. (1994). Effective size of livestock populations to prevent a decline in fitness. *Theoretical and Applied Genetics* 89, 1019-1026.
- Meuwissen, T. (2009). Toward consensus on how to measure neutral genetic diversity? *Journal of Animal Breeding and Genetics* 126, 333-334.

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2016). Orden AAA/1357/2016, de 29 de julio, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 2129/2008, de 26 de diciembre, por el que se establece el Programa nacional de conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas; el anexo del Real Decreto 558/2001, de 25 de mayo, por el que se regula el reconocimiento oficial de las organizaciones o asociaciones de criadores de perros de raza pura; y el anexo III del Real Decreto 841/2011, de 17 de junio, por el que se establecen las condiciones básicas de recogida, almacenamiento, distribución y comercialización de material genético de las especies bovina, ovina, caprina y porcina y de los équidos. *Boletín Oficial del Estado* del 9 de agosto de 2016, pp. 56904-56907.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019a). Producción y mercados ganaderos. Indicadores trimestrales cunicultura. Julio 2019. Disponible en https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/dashboardcunicultura-2trimestrepub_tcm30-511503.pdf. Fecha de consulta: 31 de julio de 2019.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019b). Consumo *per capita* de carnes frescas en 2018. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/20190807_informedeconsumo2018pdf_tcm30-512256.pdf. Fecha de consulta 5 de agosto de 2019.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019c). Zootecnia. Programa de Conservación y Mejora de la raza cunícola Antiguo Pardo Español. Disponible en https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/otras-especies/conejo-antiguo-pardo-espanol/datos_reglamentacion.aspx. Fecha de consulta: 24 de julio de 2019.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019d). Programa de conservación y mejora de la raza Gigante de España. Disponible en https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/otras-especies/conejo-gigante-de-espana/datos_reglamentacion.aspx. Fecha de consulta: 4 de agosto de 2019.
- Mínguez, C., Sánchez, J., Hernández, P., Ragab, M., El Nagar, A. y Baselga, M. (2017). Genetic analysis of meat quality traits in maternal lines of rabbit and their diallel cross. *Meat Science* 131, 1-8.
- Monahan F. 2000. Oxidation of lipids in muscle foods. Fundamental and applied concerns. En *Antioxidants in Muscle Foods*. E. Decker, F. Faustman y C. López-Bote (eds). Wiley and Sons, Nueva York, EE.UU, pp. 3-23.
- Monnerot, M., Vigne, J.D., Biju-Duval, C., Casane, D., Callou, C., Hardy, C., Mougél, F., Soriguer, R., Dennebouy, N. y Mounolou, J.C. (1994). Rabbit and man: genetic and historic approach. *Genetics Selection Evolution* 26, Suppl. 1, 167s-182s.

- Monge-Rojas, R., Campos Núñez, H. (2006). Tabla de composición de alimentos de Costa Rica: Ácidos Grasos. A. Blanco Metzler, R.M. Novygrodt Vargas, I. Ramírez (Edits.). INCIENSA, San José, Costa Rica.
- Milan, D., Jeon, J. T., Looft, C., Amarger, V., Robic, A., Thelander, M. y Ronne, H. (2000). A mutation in PRKAG3 associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science* 288, 1248-1251.
- Moloney, A.P. (2005). The fat content of meat and meat products. En *Meat Processing*. J., Kerry, J. Kerry y D. Ledward (eds.), Woodhead Publishing, Cambridge, pp. 137-153.
- Nagy, I., Curik, I., Radnai, I., Cervantes, I., Gyovay, P., Baumung, R. y Szëndro, Z. (2010). Genetic diversity and population structure of the synthetic Pannon White Rabbit revealed bay pedigree analyses. *Journal of Animal Science* 88, 1267-1275.
- Navarrete C., Martínez E., Ródenas L., Moya V.J., Pascual J.J., Blas E. y Cervera E. (2007). Empleo de destilados de palma y de aceites de pescado en piensos de conejo. *Proceedings del II Congreso Ibérico de Cunicultura*, mayo 2007, Vila-Real, Portugal, 173-181.
- Nettleton, J.A., Brouwer, I.A., Geleijnse, J.M., y Hornstra, G. (2017). Saturated fat consumption and risk of coronary heart disease and ischemic stroke: a science update *Annals of Nutrition and Metabolism* 7, 26–33.
- Nicodemus, N., Gutiérrez, I., García, J., Carabaño, R. y De Blas, C. (2002). The effect of remating interval and weaning age on the reproductive performance of rabbit does. *Animal Research* 51, 517-523.
- North, M.K., Dalle Zotte, A. y Hoffman, L.C. (2019). The effects of dietary quercetin supplementation and sex on the fatty acid profile of rabbit meat, dissectible fat and caecotrophes. *Meat Science* 157, 107888.
- Nuchi C., Magrinyá N., Tres A., Bou R., Guardiola F. y Codony R. (2007). Results on lipid composition and oxidation in animal samples. Disponible en: <http://www.ub.es/feedfat>.
- Nudda, A., Atzori, A.S., Boe, R., Dias Francesconi, A.H., Battacone, G. y Pulina, G. (2019) Seasonal variation in the fatty acid profile in meat of Sarda suckling lambs, *Italian Journal of Animal Science* 18, 488-497.
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr, R. y Purslow, P. (1989). The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Structure* 8, 17.
- Ortiz, J. A. y Rubio, M. S. (2001). Effect of breed and sex on rabbit carcass yield and meat quality. *World Rabbit Science* 9, 51-56.

- Ouhayoun, J. y Delmas, D. (1980). Evolution comparée de la composition corporelle de lapins de trois types génétiques, au cours du développement postnatal. *Reproduction Nutrition Développement* 20, 949-959.
- Ouhayoun, J. y Dalle Zotte, A. (1993). Muscular energy metabolism and related traits in rabbits. *World Rabbit Science* 1, 97-108.
- Ouhayoun, J. y Poujardieu, B. (1979). Comparative study of rabbit crossbreeding, between breed and within breed relationships between breeds and terminal products. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences* 1, 138-138.
- Paci, G., Cecchi, F., Preziuso, G., Ciampolini, R. y D'Agata, M. (2012). Carcass traits and meat quality of two different rabbit genotypes. *Italian Journal of Animal Science* 11, 249-252.
- Papadomichelakis, G., Anastasopoulos, V., Karagiannidou, A. y Fegeros, K. (2010a). Effects of dietary digestible fibre and soybean oil level on the odd-numbered, branched-chain and hydroxy fatty acid composition of caecotrophs in rabbits. *Animal Feed Science and Technology* 158, 95-103.
- Papadomichelakis, G., Karagiannidou, A., Anastasopoulos, V. y Fegeros, K. (2010b). Effect of high dietary digestible fibre content on the fatty acid composition of two muscles in fattening rabbits. *Livestock Science* 129, 159-165.
- Papadomichelakis, G., Zoidis, E., Pappas, A. y Hagjigeorgiou, I. (2017). Seasonal variations in the fatty acid composition of Greek wild rabbit meat. *Meat Science* 134, 158-162.
- Parigi-Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M., Dalle Zotte, A. y Converso, R. (1992). Effetto dell'età, del peso di macellazione e del sesso sulla qualità della carcassa e della carne cunicola. *Zootecnica e Nutrizione Animale* 18, 157-172.
- Parlamento Europeo (2017). European Parliament resolution on minimum standards for the protection of farm rabbits. Disponible en http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0011-AM-001-001_EN.pdf?redirect. Fecha de consulta: 30 de agosto de 2019.
- Pascual, M., Peris, I., Vidal-Jordan, M. y Pla, M. (2005). Efectos de la selección por velocidad de crecimiento sobre las características de la canal y la carne de conejo. *XXX Simposium de Cunicultura*, (pp. 149-152). Valladolid. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=353930>.
- Peiretti, P.G. (2012). Effects of dietary fatty acids on lipid traits in the muscle and perirenal fat of growing rabbits fed mixed diets. *Animals* 2, 55-67.
- Petracci, M., y Cavani, C. (2013). Rabbit meat processing: Historical perspective to future directions. *World Rabbit Science* 21, 217-226.

- Pla, M., Guerrero, L., Guardia, D., Oliver, M. y Blasco, A. (1998). Carcass characteristics and meat quality of rabbit line selected for different objectives. *Live Production Sciences* 54, 115-123.
- Pla, M., Hernández, P. y Blasco, A. (1996). Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Science* 44, 85-92.
- Pla, M., Pascual, M. y Ariño, B. (2004). Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the NIRS methodology. *World Rabbit Science* 12, 149-158.
- Pla, M., Hernández, P., Ariño, B., Ramírez, J. y Díaz, I. (2007). Prediction of fatty acid content in rabbit meat and discrimination between conventional and organic production systems by NIRS methodology. *Food Chemistry* 100, 165-170.
- Plasencia, P. (2005). *A la mesa con Don Quijote y Sancho*. Punto de Lectura, Madrid.
- Poigner, J., Szendrő, Z., Levai, A., Radnai, I. y Biro-Nemeth, E. (2000). Effect of birth weight and litter size at suckling age on reproductive performance in does as adults. *World Rabbit Science*, 8(3).
- Poigner, J., Szendrő, Z. S., Levai, A., Radnai, I. y Biro-Nemeth, E. (2010). Effect of birth weight and litter size on growth and mortality in rabbits. *World Rabbit Science* 8, 17-22.
- Prieto Quiroga, C., Gullón Álvarez, J., Sánchez del Cueto Losada, M., García Martínez, N. y García Pariente, C. (2015). La cunicultura en el Noroeste de la Península Ibérica. *XL Simposium de Cunicultura*, Santiago de Compostela. Editorial Agrícola Española, Madrid, pp. 14-21.
- Prud'hon, M., Rouvier, R., Cael, J. y Bel, L. (1969). Influence de l'intervalle entre la parturition et la saillie sur la fertilité et la prolificité des lapins. *Annales de Zootechnie* 18, 317-329.
- Quittet, E. y Denis, B.R.J. (1979). *Races bovines françaises*. La Maison rustique.
- Ramírez J.A., Oliver, M.À., Pla, M., Guerrero, L., Ariño, B., Blasco, A., Pascual, M. y Gil, M. (2004). Effect of selection for growth rate on biochemical, quality and texture characteristics of meat from rabbits. *Meat Science* 67, 617-624.
- Ramírez, J. A., Díaz, I., Pla, M., Gil, M., Blasco, A. y Oliver, M. À. (2005). Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate. *Food Chemistry* 90, 251-256.
- Ramírez Télles, J. A. (2004). *Características del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento*. Tesis Doctoral. Monells, Gerona, España: Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries.

- Rao, D., Chen, C., Sunki, G. y Johnson, W. (1978). Effect of weaning and slaughter ages on rabbit meat production. II. Carcass quality and composition. *Journal of Animal Science* 46, 578-583.
- Rasinska, E., Czarniecka-Skubina, E. y Rutkowska, J. (2018). Fatty acid and lipid contents differentiation in cuts of rabbit meat. *CyTA - Journal of Food* 16, 807-813.
- Rasinska, E., Czarniecka-Skubina, E., Rutkowska, J., Przybylski, W. y Brzozowski, M. (2017). Fatty acid profile of meat of seasonally fed slow growing rabbits. *Animal Science Papers and Reports* 35, 265-277.
- Rebollar P.G., (1993). Inducción de celo y ovulación. En *Control de la reproducción en el conejo*. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 51-56.
- Rebollar, P.G., Dal Bosco, A., Millán, P., Cardinali, R., Brecchia, G., Sylla, L., Lorenzo y P.L. Castellini, C. (2012). Ovulating induction methods in rabbit does: The pituitary and ovarian responses. *Theriogenology* 77, 292–298
- Reumer, J. y Sanders, E. (1984). Changes in the vertebrate fauna of Menorca in prehistoric and classical times. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 49, 321-325.
- Robinson, R. (1958). Genetic studies of the rabbit. *Bibliographia Genetica* 17, 229-558.
- Rochambeau, H. de y Vrillon, J.L. (1980). Faut-il sauver nos races de lapins? *Cuniculture* 32, 103-105.
- Rodríguez, M., Carro, M. D., Valiente, V., Formoso-Rafferty, N. y Rebollar, P. G. (2017). Effects of dietary fish oil supplementation on performance, meat quality, and cecal fermentation of growing rabbits. *Journal of Animal Science* 95, 3620-3630.
- Rommers, J. M., Meijerhof, R., Noordhuizen, J. P. T. M. y Kemp, B. (2004). The effect of level of feeding in early gestation on reproductive success in young rabbit does. *Animal Reproduction Science* 81,151-158.
- Rougeot, J. (1981) Origine et histoire du lapin. *Ethnozootechnie* 27, 1-9.
- Rouvier, R. (1975). Les raisons et objectifs d'une conservation des races de lapins élevés en France. *Cuniculture* 2, 107-114.
- Rouvier, R., Caire, J. P. y Scheller, M. C. (1970). Variabilité génétique du rendement a l'abattage et de la composition anatomique de lapins de trois races. In *Annales de génétique et de sélection animale* 2, 325-346. BioMed Central.
- Royo, L.J., Álvarez, I., Gutiérrez, J.P., Fernández, I. y Goyache, F. (2007). Genetic variability in the endangered *Asturcón* pony assessed using Genealogical and molecular information. *Livestock Science* 107, 162-169.
- Russo, G. L. (2009). Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: from biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology* 77, 937-946.

- Ryder, M.L. (1976). Why should rare breeds of livestock be saved? En *International Zoo Yearbook* 16, 244-249. Wiley Online Library.
- Sacks F. y Katan M. (2002) Randomized clinical trials on the effects of dietary fat and carbohydrate on plasma lipoproteins and cardiovascular disease. *The American Journal of Medicine* 113, 135-245.
- Saiz A., Nicodemus N., Alfonso C., Terreros E., Lizaso J., Fernández B. y García-Ruiz A.I. (2015) Efecto del nivel y la fuente de grasa sobre los rendimientos productivos de conejos en crecimiento. XL *Symposium* de Cunicultura (págs. 40-44). Santiago de Compostela: Editorial Agrícola Española S.A.
- Salter, A. (2013). Dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Animal* 7, 163-171.
- Salvini, S., Parpinel, M., Gnagnarella, P., Maisonneuve, P. y Turrini, A. (1998). Banca dati di composizione degli alimenti per studi epidemiologici in Italia. *Istituto Europeo di Oncologia, Milan, Italy*. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015019268>. Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2019.
- Salwin, H. (1959). Defining minimum moisture contents for dehydrated foods. *Food Technology* 13, 594.
- Sampath, H. y Ntambi, J.M. (2005). The fate and intermediary metabolism of stearic acid. *Lipids* 40, 1187-1191.
- Sánchez-García, C., Alonso, M.E., Díez, C., Pablos, M. y Gaudioso, V. (2012). An approach to the statistics of wild lagomorph captive rearing for releasing purposes in Spain. *World Rabbit Science* 20, 49-56.
- Sánchez-Rodríguez, A., Masdeu, M., García García R.M., Arias Álvarez, M., Lorenzo, P.L. y Rebollar, P.G. (2015). Descripción de los parámetros seminales del conejo IBICENCO. AIDA, (2015). *XVI Jornadas sobre Producción Animal*, Tomo II, 352-354.
- Sanchez-Rodriguez, A., Abad, P., Arias-Alvarez, M., Rebollar P.G., Bautista J.M. y Lorenzo P.L. (2019) Recombinant rabbit beta nerve growth factor production and its biological effects on sperm and ovulation in rabbits. *PLoS ONE* 14, e0219780.
- Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B. y Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science* 77, 187-194.
- Scapinello, C. (2014). Reproducción: Aspectos fisiológicos y de manejo en la cunicultura. En *Tecnología de producción de conejos para carne*. G. Capra y O. Blumetto (eds.). Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del Instituto Nacional del Investigación Agropecuaria de Uruguay. Montevideo, pp. 25-45.

- Schwingshackl, L. y Hoffmann, G. (2012). Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease: synopsis of the evidence available from systematic reviews and meta-analyses. *Nutrients* 4, 1989-2007.
- Scott, N.F. (1957). Water relations of food spoilage microorganisms. *Advances in Food Research*. Vol III. Academic Press. Nueva York.
- Searle, A.G. (1968). Comparative Genetics of Color in Mammals. *Logos Press, Londres*.
- Serres, O.d. (1605). *Le théâtre d'Agriculture et mesnage des champs*. Société de l'Agriculture du Département de la Seine. París.
- Sierra Alfranca, I. El concepto de raza: evolución y realidad. Archivos de Zootecnia (en línea) 2001, 50. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49519207> ISSN 0004-0592. Fecha de consulta: 25 de julio de 2019.
- Sierra Alfranca, I. (2002). Razas Aragonesas de Ganado. FEOGA, Gobierno de Aragón. Ed. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura.
- Simopoulos A. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinic Nutrition* 70 (Suppl), 560S-569S.
- Simopoulos, A.P. (2016). An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients* 8,128.
- Smith, S.B. (2016). Marbling and its nutritional impact on risk factors for cardiovascular disease. *Korean Journal of Food Science and Animal Resources* 36, 435-444.
- Solé, M., Gómez, M.D., Pelayo, R. y Azor, P.J. (2012). Caracterización Genética de las Razas Equinas Autóctonas Españolas. Estudio preliminar. XVI Reunión de Mejora Genética Animal. Ciutadella de Menorca (España).
- Suradi, K., Foenay, T. A. Y., Yurmiarti, H. (2017). Physical characteristics of the muscle *Biceps femoris* and *Longissimus dorsi* of male and female New Zealand white crossbreed rabbits. *Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science*, 60.
- Szendrő, Z., Matics, Z., Gerencsér, Z., Nagy, I., Lengyel, M., Horn, P. y Dalle Zotte, A. (2010). Effect of dam and sire genotypes on productive and carcass traits of rabbits. *Journal of Animal Science* 88, 533-543.
- Tariq, M. R., Issa Khan, M., Ahmad, Z., Ahmed, S., Sameen, A. y Javed, M.S. (2016) Development of healthier rabbit meat by supplementation of linseed in the feed and its impact on human blood lipid profile. *Journal of Food Processing and Preservation*. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13194>. Fecha de la consulta 4 de agosto de 2019).
- Temple, N.J. (2018). Fat, sugar, whole grains and heart disease: 50 years of confusion. *Nutrients* 10, 39.

- Theau-Clément M., Tircazes A., Saleil G., Monniaux D., Bodin L. y Brun, J.M. (2015). Preliminary study of the individual variability of the sexual receptivity of rabbit does. *World Rabbit Science*, 23, 163-169.
- Toro, M., Nieto, B. y Salgado, C. (1988). A note on minimization of inbreeding in small scale breeding programs. *Livestock Production Science* 20, 317-323.
- Trocino, A., Xiccato, G., Queaque, P. I. y Sartori, A. (2003). Effect of transport duration and gender on rabbit carcass and meat quality. *World Rabbit Science* 11, 23-32.
- Tůmová, E., Bízková, Z., Skrivanová, V., Chodová, D., Martinec, M. y Volek, Z. (2014). Comparison of carcass and meat quality among rabbit breeds of different sizes, and hybrids rabbits. *Livestock Science* 165, 4-14.
- Tupac-Yupanki, I., Dunner, S., Sañudo, B., González, A., Argüello, S. de, Barquín, F., Crespo, M.J., Chomón, N., Cimadevilla, C., Calderón, M.A., Fernández, L.A. y Cañón, J. (2011). Nota breve: Caracterización genética del Caballo Monchino y su relación con otras razas autóctonas españolas. *Archivos de Zootecnia* 60, 425-428.
- Ulbricht, T.L.V. y Southgate, D.A.T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet* 338, 985-992.
- Villagrà, A., Olivas, I., Estellés, F., Blas, E., Rodríguez, T., Rosell, J., y Pascual, J.J. (2012). How far may rabbit cage's space recommendations reach: The gap between science and regulations. X World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, 3-6 de septiembre, pp. 1057-1061.
- Villanueva, B., Sawahla, R.M., Roughsedge, T., Rius-Vilarrasa, E. y Woolliams, J.A. (2010). Development of a genetic indicator of biodiversity for farm animals. *Livestock Science* 120, 200-207.
- Villena P., García-Rebollar P., Astillero J.R., Rebollar P.G. y Cardinali R. (2003). Influence of weaning age and fibre dietary level on productive performance of rabbit. *World Rabbit Science* 16, 111-120
- Villena, P., García-Rebollar, P., Rebollar, P. G., Núñez, N., Nicodemus, N., Margüenda, I., y Carabaño, R. (2008). Effect of a high fibrous diet in the finishing period on carcass yield and meat quality of rabbits. In *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10-13 June 2008* (pp. 1461-1466). World Rabbit Science Association.
- Wang I, Folsom A.R. y Eckfeldt JH. (2003). Plasma fatty acid composition and incidence of coronary heart disease in middle age adults: The Atherosclerosis Risk Communities (ARIC) Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 13, 256-66.
- Wang, J., Su, Y., Elzo, M. A., Jia, X., Chen, S. y Lai, S. (2016). Comparison of carcass and meat quality traits among three rabbit breeds. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 36, 84-89.

- Waples, R.S. (1989). A generalized approach for estimating effective population size from temporal changes in allele frequency. *Genetics* 121, 379-391.
- Waples, R.S. (1991). Genetic methods for estimating the effective size of cetacean populations: Report of the International Whaling Commission. Edición Especial 13, 279-300.
- Waples, R.S. y Do, C., (2010). Linkage disequilibrium estimates of contemporary N_e using highly variable genetic markers: a largely untapped resource for applied conservation and evolution. *Evolutionary Applications* 3, 244-262.
- Warensjö, E., Sundström, J., Vessby, B., Cederholm, T. y Risérus, U. (2008). Markers of dietary fat quality and fatty acid desaturation as predictors of total and cardiovascular mortality: a population-based prospective study. *American Journal of Clinical Nutrition* 88, 203-209.
- Whitman, B.D. (2004). *Domestic Rabbits and their Histories: Breeds of the World*. Leathers, Kansas, EE.UU.
- Wijendran, V. y Hayes, K.C. (2004). Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annual Review of Nutrition* 24, 597-615.
- Willet, W. (1998). *Nutritional Epidemiology*. 2nd Edition. Oxford University Press, Nueva York.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Shearr, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I. y Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science* 78, 343-358.
- Woolliams, J.A. y Toro, M.A., (2007). What is genetic diversity? En *Utilisation and Conservation of Farm Animal Genetic Resources*. K. Oldenbroek (ed.). Wageningen Academic Publishers, 55-74.
- Wright, S. (1978). *Evolution and the Genetics of Populations* (Vol. 4). University of Chicago Press, Chicago, EE.UU.
- Yu S., Derr, J., Etherton, T.D. y Kris-Etherton, D. (1995). Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monounsaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *American Journal of Clinical Nutrition* 61, 1129 -1139.
- Zita, L., Ledvinka, Z., Klesalová, L. y Bízková, Z. (2010). The effect of two genotypes on the dressing value of broiler rabbits. www.maso-international.cz. Fecha de la consulta: 3 de septiembre de 2019.