



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado

**Calidad de la canal y la carne de cerdo destinados a Jamón
DOP Teruel: diferenciación entre machos y hembras**

**Carcass and meat quality of pigs intended for PDO Teruel
ham: Differences between barrows and gilts**

Autor

SILVIA ANDREU PEDRAZA

Directores

M^a ÁNGELES LATORRE GÓRRIZ

JESÚS FRANCISCO SUÁREZ BELLOCH

Facultad de Veterinaria

2016

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN/ ABSTRACT.....	3
1. Introducción.....	4
2. Justificación y objetivos.....	6
3. Normativa del Jamón DOP Teruel.....	7
4. Factores que influyen en la calidad de la canal y la carne en cerdos pesados	
4.1 Genética.....	10
4.2 Edad y peso al sacrificio.....	11
4.3 Alimentación.....	12
4.4 Sexo y castración.....	14
5. Estudio de la calidad de la canal y la carne de cerdos destinados a Jamón DOP Teruel	
5.1 Objetivos.....	17
5.2 Material y Métodos.....	17
5.2.1. Medidas de la canal	
5.2.2. Medidas y análisis de carne	
5.2.3. Análisis estadístico	
5.3 Resultados y Discusión.....	22
5.3.1. Calidad de la canal	
5.3.2. Calidad de la carne	
5.4 Conclusiones del Estudio.....	26
6. Conclusiones/ Conclusions.....	27
7. Valoración personal.....	29
8. Bibliografía.....	30

RESUMEN

Este trabajo se ha realizado con el objetivo de profundizar en la repercusión que tiene el sexo en la calidad de la canal y la carne de cerdos destinados a Jamón de Teruel. Para conseguir dicho objetivo, se ha realizado una revisión bibliográfica y un pequeño estudio de investigación. Primero se ha explicado la evolución y situación actual de la Denominación de Origen Protegida Jamón de Teruel junto con la normativa que lo regula. En segundo lugar, se ha ahondado en cómo afecta la genética, la edad y peso al sacrificio, la alimentación y sobre todo el sexo en la calidad de la canal y la carne en estos cerdos pesados. Para reforzar el estudio, se ha realizado una pequeña investigación en un matadero con 32 canales (16 machos castrados y 16 hembras) y un análisis laboratorial con 10 muestras (5 de machos castrados y 5 de hembras). Con los resultados obtenidos se ha realizado un análisis estadístico. Finalmente, se han mostrado las conclusiones de donde se extrae que existen diferencias debidas al sexo y que este hecho siempre acarreará cierta heterogeneidad en la producción final.

ABSTRACT

The objective of this work has been to investigate the effect of sex on carcass and meat quality of pigs intended for Teruel dry-cured ham. A bibliographical review and a short research work have been carried out to achieve this aim. First, the historical evolution and the current situation of dry-cured Teruel ham it explained the situation of the Protected Designation Origin Teruel ham with its legislation and requirements. Secondly, it has been studied how genetic, age and slaughter weight, feeding and especially sex affect carcass and meat quality in heavy pigs. In addition, a study was carried out at slaughterhouse with 32 samples (16 from barrows and 16 from gilts) and at the laboratory 10 pork samples (5 castrated males and 5 females). After, data were analyses statistically. Finally, the conclusions reached with the completion of the work have been shown observing that the differences between sexes always will carry out some heterogeneity in the final production.

1. INTRODUCCIÓN

El jamón curado es, sin duda, uno de los productos más populares, valorados y deseados de la gastronomía española. Durante muchos años, comer cerdo era sinónimo de nobleza y señorío, y cualquier actividad relacionada con su sacrificio (matanza) era poco menos que un rito. El éxito del jamón se fundamenta en su buena conservación y en sus excelentes cualidades sensoriales. El jamón es un producto estable a temperatura ambiente y tiene una larga vida útil, esto se debe al salado que sufre la carne y a su posterior curación.

Actualmente, España es el país líder en elaboración de jamón curado, con una producción anual de casi 38 millones de piezas, y el más consumidor del mundo de este tipo de producto con más de 4,5 kg per cápita (MAGRAMA, 2014). Se trata de un producto que cuentan con cinco denominaciones de origen protegida (DOP) en nuestro país; cuatro de ellas de cerdo ibérico y una de cerdo blanco, la que da lugar al “Jamón de Teruel”. Esta última fue la primera DOP que se creó en España (en 1984) para amparar, controlar y garantizar la producción de jamones y además fue la tercera a nivel mundial. El lugar de producción de este jamón es la provincia de Teruel (Figura 1), donde el clima y la altitud son óptimos para su elaboración.

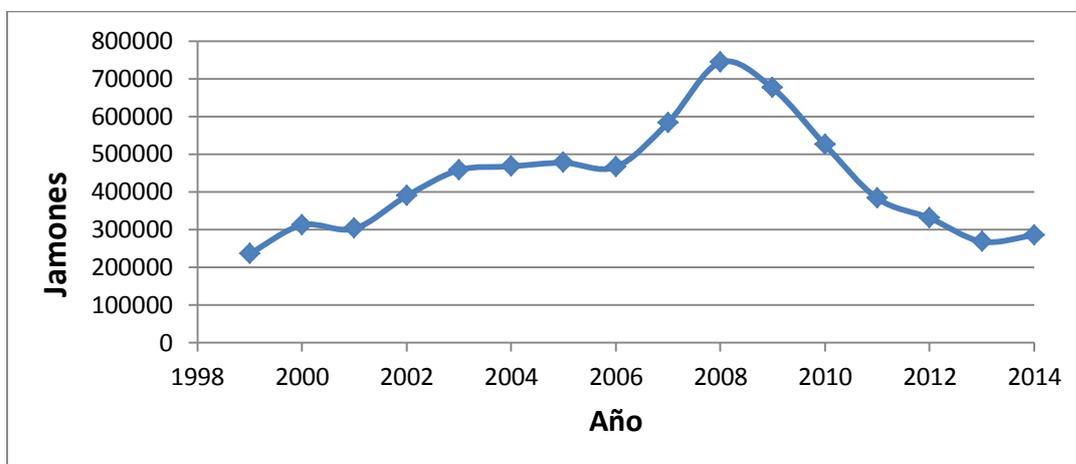
Figura 1. Localización geográfica de producción del Jamón de Teruel (zona coloreada de rojo).



Desde sus comienzos, la producción de Jamón de Teruel ha variado mucho teniendo buenos y malos momentos. Hasta el año 2008 hubo un incremento vertiginoso, siendo su máximo casi 750.000 piezas, pero a partir de ese año empezó a descender, debido a la crisis económica, hasta 2013 en el que se curaron apenas 250.000. En los dos últimos

años se observa una ligera recuperación y en la actualidad se aproxima a 300.000 jamones anuales (Gráfico 1).

Gráfico 1. Evolución de la producción de Jamón de Teruel (MAGRAMA, 2014).



Del mismo modo, el número de explotaciones de esta DOP ha descendido notablemente en la última década abarcando, hoy en día, 140 granjas con 20.500 animales. Además, cuenta con 9 mataderos (Figura 2), 34 secaderos y 31 salas de fileteado y envasado (CRDOP Jamón DOP Teruel, 2015).

Figura 2. Cámara de refrigeración del Matadero de Forniche Alto (Teruel).



A pesar de ser un jamón de alta calidad, su contribución a nivel nacional es limitada, no llegando al 1% del total de jamones. Por ese motivo, se está promocionando cada vez más y parece que, de momento, exitosamente. Prueba de ello es que las exportaciones crecen año a año y su valor supera 1,4 millones de € al semestre, de acuerdo a datos proporcionados por la Cámara de Comercio.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La producción porcina es un tema que se imparte en la asignatura Producción de Materias Primas en la Industria Alimentaria. La asignatura de Tecnología de la Carne y del Pescado también aborda el estudio de las variables y factores, tanto propios de la materia prima como extrínsecos, que afectan a la calidad de la carne. Ambas asignaturas están presentes dentro del programa del Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, y además son de carácter obligatorio. Por otro lado, en la asignatura de Intensificación en el Sector Cárnico y el Pescado también se estudian aspectos relacionados con la calidad de la carne y el producto final pero es de tipo optativo. En cualquier caso, el tema del Jamón de Teruel se trata con escasa profundidad en cualquiera de ellas.

La situación en la que se encuentra el Jamón de Teruel repercute directamente en la provincia de Teruel, ya que se trata de un territorio dedicado en gran medida a la producción porcina y productos derivados de este animal. Desde que comenzó la crisis, la producción y venta de jamones descendió drásticamente preocupando a gran parte de la población turolense. Sin embargo, estos últimos años se ha observado un pequeño aumento en la producción y venta. El tema de la exportación es un objetivo clave para la Comunidad Autónoma de Aragón, en la que se están centrando esfuerzos de promoción y marketing para que pueda volver a su punto álgido.

Esta marca de calidad está sujeta a la ORDEN de 28 de junio de 2011, del Consejo de Agricultura y Alimentación, que modifica el BOA (2009). La nueva normativa recoge algunas modificaciones respecto a la original (BOA, 1993) y me gustaría profundizar en ella.

El objetivo de esta búsqueda bibliográfica es ahondar en la importancia del Jamón de Teruel en España, conocer la norma más reciente de calidad (BOA, 2011) y ver cómo afectan distintos parámetros productivos en la calidad de la carne de estos animales. Por otro lado, se ha llevado a cabo un pequeño estudio de matadero y laboratorio que permitirá conocer las diferencias, en términos de calidad de la carne, entre machos castrados y hembras destinados a Jamón DOP de Teruel.

3. NORMATIVA DEL JAMÓN DOP TERUEL

La DOP es un tipo de indicación geográfica aplicada a un producto agrícola o ganadero alimenticio cuya calidad o características se deben fundamentalmente y exclusivamente al medio geográfico en el que se produce, transforma y elabora. En este caso, la zona de producción está constituida por los municipios de la provincia de Teruel, todos aquellos que tengan una altitud mínima de 800 m.

Actualmente, la normativa que se encuentra en vigor sobre el Jamón de Teruel es la ORDEN de 28 de junio de 2011, del Consejero de Agricultura y Alimentación, por la que se adopta la decisión favorable en relación con la solicitud de modificación del pliego de condiciones de la DOP Jamón de Teruel (BOA, 2011). Sin embargo existe normativa para este producto desde hace más de dos décadas (BOA, 1993), que ha sufrido algunos cambios hasta ahora. Las últimas modificaciones se recogen en este trabajo.

Las condiciones más relevantes que debe tener el producto para que se considere Jamón de Teruel son las siguientes:

En relación a la producción de cerdos y sacrificio:

- La normativa actual exige que el tipo de ganado apto para la elaboración de Jamón de Teruel proceda del cruce entre la raza paterna Duroc y la raza materna Landrance, Large White o un cruzamiento de ambas. Sin embargo, en la normativa anterior se permitía que el padre fuera de raza Landrance.
- La alimentación se debe basar fundamentalmente en cereales (al menos el 50%). Además, las fábricas de pienso deberán justificar que al menos el 20% de dichos cereales proceden de cultivos de la provincia de Teruel. Esta exigencia se impone en el año 2011 ya que anteriormente sólo se decía que debían alimentarse de pienso con alto contenido en cereales.
- Los machos estarán castrados y las hembras no pueden estar en celo en el momento del sacrificio.
- Los animales deben estar en ayuno al menos 12 horas antes de sacrificio y éste se realizará con aturdimiento previo mediante métodos oficiales. La nueva normativa amplía a métodos oficiales y no sólo al electro-shock, a diferencia de la anterior.

- Las canales de los cerdos en caliente deben pesar al menos 86 kg y el espesor de tocino dorsal debe ser como mínimo 16 mm y como máximo 45 mm. Anteriormente esta parte de la normativa era más exigente ya que se requería un peso vivo de 115-130 kg, con 8 meses de vida y un tocino dorsal de entre 40 y 70 mm.
- Respecto a la trazabilidad, las canales aptas deberán ir marcadas con una numeración en ambos jamones. Esta numeración incluirá: el número del matadero donde se realizó el sacrificio, la semana de sacrificio, la granja de donde proceda y el número del cerdo.
- La duración mínima de todo el proceso de elaboración debe ser de 60 semanas para los jamones y 36 semanas para las paletas, mientras que antes se exigía que fuera de 12 meses.
- El proceso de oreo de la canal se debe realizar a una temperatura no superior a 10°C durante 4 horas, y con una humedad relativa del 90% en la primera hora, y del 85% en las restantes.
- La carne se mantendrá a una temperatura entre -2⁰C y +2⁰C, el tiempo necesario que tarde en llegar a +2⁰C en el centro de la pieza.
- El transporte de los perniles y las paletas al secadero se hará en vehículos frigoríficos, entrando en la nave de salado con una temperatura en el interior de la pieza de entre 0 y 2⁰C.

En cuanto al proceso de elaboración:

Consta de cinco operaciones: salazón, lavado, post-salado, curado y envejecimiento.

- Salado: la sal permanece en contacto con las piezas entre 0,65 y 1 día por cada kg de peso fresco de pernil o paleta. En la ORDEN de 6 de febrero de 2009 se exigía que como máximo estuviera 14 días en salazón.
- Lavado: se realiza con agua.
- Post-salado: se lleva a cabo en cámaras con temperaturas máximas de 6⁰C y una humedad relativa igual o superior al 70%. El tiempo de permanencia depende del peso de la pieza pero debe estar un mínimo de 60 días para los jamones y 30 días para las paletas.
- Curado: se hace en los secaderos cuyas condiciones ambientales son las propias de la zona, controlando la ventilación.

- Envejecimiento: en esta fase se producen las reacciones bioquímicas responsables del aroma y sabor característicos.

En relación al producto final:

- Forma: alargada, perfilada y redondeada en sus bordes hasta la aparición del músculo, conservando la pezuña. Puede presentarse con toda la corteza o perfilado en corte en "V" cuyo vértice quedará alineado con el eje de la pata del jamón o de la paleta curada.
- Peso: superior o igual a 7 Kg en los jamones y a 4,5 Kg en paletas curadas, al cumplir el tiempo mínimo de elaboración establecido. La anterior normativa pedía que se encontrara entre 8 y 9 kg el peso de los jamones y no exigía peso para la paleta.
- Color: rojo y aspecto brillante al corte, con grasa parcialmente infiltrada en la masa muscular.
- Carne: sabor delicado, poco salado.
- Grasa: consistencia untosa, brillante, coloración blanco amarillenta, aromática y sabor agradable.
- Garantía de su origen: materializada en la palabra "TERUEL" con la estrella de 8 puntas marcada a fuego y la contraetiqueta (vitola) numerada con el Consejo Regulador (Figura 3).

Figura 3. Estrella de 8 puntas (izquierda) y vitola (derecha) identificativas del Jamón DOP Teruel.



4. FACTORES PRODUCTIVOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CANAL Y LA CARNE DE CERDOS DESTINADOS A JAMÓN DOP TERUEL.

Actualmente, el cerdo que se utiliza en producción porcina intensiva logra, por lo general, índices técnicos adecuados y una buena calidad de la canal, pero la calidad de la carne, a veces, puede ser deficiente. Así, el bajo grado de engrasamiento de la canal tiene una repercusión negativa en el proceso de elaboración del jamón curado y el escaso contenido de grasa intramuscular incide desfavorablemente en algunas características inherentes a la calidad de la carne como es la terneza y la jugosidad. A raíz de esto, se está intentando aumentar la cobertura grasa del jamón (medida normalmente a nivel del músculo *Gluteus medius*) y el contenido de grasa intramuscular pero sin incrementar apreciablemente el coste de producción. Para conseguir este objetivo se han investigado los distintos factores que influyen en ambos parámetros.

4.1 Genética

Durante las últimas décadas, la industria porcina se ha centrado en aumentar la deposición de magro y en mejorar la eficiencia alimenticia (Dunshea *et al.*, 2013). Como es de esperar, los avances en genética han permitido obtener animales más competitivos y productos de mejor calidad. Sin embargo, a pesar de que ciertos cruces sean más productivos o puedan dar mayor calidad, no siempre están permitidos en productos que tienen marcas específicas de calidad como el Jamón de Teruel.

Una de las características que diferencia la DOP del Jamón de Teruel de otros jamones es el tipo de ganado. Como ya se ha mencionado anteriormente, sólo están permitidas para línea padre la raza Duroc y para línea madre Large White, Landrace o cruce entre ambas.

La línea padre Duroc es una raza frecuente, de hecho supone el 8% de los cerdos producidos en España (Agostini *et al.*, 2013). Se caracteriza por su óptima velocidad de crecimiento, elevada rusticidad, buena prolificidad y notables rendimientos en cebo. Por otro lado tiene una gran infiltración de la grasa, característica deseable para hacer este tipo de productos. Algunos autores (Edwards *et al.*, 1992; Latorre *et al.*, 2003) afirman que los animales de cruces con la raza Duroc crecen más rápido que los de la raza Pietrain (la raza más utilizada para carne fresca), pero sobre la eficiencia alimentaria

hay discrepancias. En relación a la calidad de la carne, se considera que la carne procedente de la raza Duroc tiene mayor contenido en grasa intramuscular y también mayor espesor de espesor de grasa dorsal. Además, la raza Duroc no porta el Gen Halotano+, por lo que no son tan susceptibles de generar carnes tipo PSE (pálida, blanda y exudativa). No obstante, los trabajos de mejora genética de los últimos años han hecho que incluso se encuentren más diferencias entre líneas de una misma raza que entre razas.

Por otro lado, en cuanto a la madre, la DOP permite las razas Landrace, Large White y su cruce. La Landrace se trata de un animal hipermétrico, de gran longitud y tamaño. Tiene un alto incremento diario de peso, buen índice de transformación y aceptable espesor dorsal. La Large-White son animales de fácil adaptación y rusticidad, alta fecundidad y fertilidad. El cruce de ambas hace que se obtengan hembras con mucha heterosis (vigor híbrido) y, por ello, prácticamente el 100% de las cerdas reproductoras de la DOP Jamón de Teruel son cruzadas.

4.2 Edad y peso a sacrificio

Para la obtención de Jamón de Teruel, los cerdos se suelen sacrificar con 125-130 kg. Por tanto, son más pesados que los cerdos comerciales normales (aprox. 100 kg) pero más ligeros que los Ibéricos (150-160 kg). Actualmente, no existe normativa en la DOP que regule el peso vivo mínimo pero sí se establece que las canales deben pesar al menos 86 kg.

Según algunos estudios (Latorre *et al.*, 2008; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2011), el peso óptimo a sacrificio está en 130 kg, ya que permite conseguir una productividad aceptable en granja y una buena calidad de la canal. En relación a la productividad, Latorre *et al.* (2009a) afirmaron que, al aumentar el peso al sacrificio disminuye la ganancia media diaria, se mantiene la ingesta diaria de pienso y tiende a disminuir la eficiencia alimentaria. En cuanto a la calidad de la carne, Latorre *et al.* (2009b) y Rodríguez-Sánchez *et al.* (2014) observaron que, con el aumento de peso aumenta la proporción de grasa intramuscular (Tabla 1) y reduce la de humedad alterando también la capacidad de retención de agua. Además, el aumento de peso también acarrea cambios en la composición de la grasa; aumentan los ácidos grasos saturados y

disminuyen los poliinsaturados, especialmente el ácido linoleico (C18:2) (Bosch *et al.*, 2012). El aumento de la grasa saturada no es bueno por su relación con las enfermedades cardiovasculares y coronarias.

Tabla 1. Efecto del peso al sacrificio de los cerdos en el % de grasa intramuscular en la carne de cerdos destinados a Jamón DOP Teruel (Latorre *et al.*, 2009b).

Variable	Peso a sacrificio, kg					P
	120	125	130	135	140	
Grasa intramuscular	2,54	2,71	2,99	3,01	3,00	< 0,05

Por otro lado, Rodríguez-Sánchez *et al.* (2014) concluyeron, en estudios realizados sobre Jamón de Teruel, que al aumentar el peso a sacrificio disminuye el cloruro de sodio, el nitrato potásico y el nitrato de sodio. Estos autores detectaron además, mediante un panel sensorial, que a mayores pesos la carne es más tierna y menos fibrosa pero esto no se reflejó en calificaciones más altas para la aceptabilidad global.

4.3 Alimentación

La composición de los piensos dependerá del objetivo de producción. Según el destino de la carne las características del pienso serán diferentes. Para la elaboración de productos curados interesa que el grado de engrasamiento sea alto, tanto a nivel de cobertura en la canal como de grasa intramuscular.

La cebada es el cereal más producido en la provincia de Teruel y, por ello, se han hecho estudios de cómo puede afectar su inclusión en los piensos destinados a la alimentación porcina. La adición de cebada como único ingrediente en la etapa de finalización en cerdos tiene diversos efectos; aumenta el color, disminuyen las pérdidas por descongelación y aumenta el contenido en grasa intramuscular (Daza *et al.*, 2010; Tabla 2). Su inconveniente es que empeora el índice de conversión pero, por otro lado, reduce los costes de producción (Daza *et al.*, 2012a, b). Son necesarios estudios económicos para determinar su viabilidad.

Tabla 2. Efecto del pienso convencional o sólo cebada en la calidad de la carne de cerdos destinados a Jamón DOP Teruel (Daza *et al.*, 2010).

	Convencional	Cebada	P
Color			
L*	50,9	52,5	-
a*	-1,7	-0,3	<0,001
b*	12,9	13,9	<0,05
c*	13,1	14,0	<0,05
H ⁰	97,8	91,8	<0,001
Capacidad de retención de agua, %			
Pérdidas por descongelación	10,7	9,2	<0,05
Pérdidas por cocción	16,3	15,5	<0,05
Grasa intramuscular, %	1,7	2,1	<0,1

Otra estrategia alimentaria que se están planteando en la DOP Jamón de Teruel es restringir el nivel proteico del pienso (normalmente se reduce la cantidad en lisina por ser el aminoácido limitante del crecimiento). El hecho de suministrar al cerdo, durante la fase de crecimiento (20-60 kg) menor proporción de proteína o lisina de la que requiere provoca una reducción del crecimiento que se compensa en la fase posterior de realimentación (Suárez-Belloch *et al.*, 2015a) y va acompañado de un aumento de grasa en la canal (músculo GM) y también de contenido en grasa intramuscular (Suárez-Belloch *et al.*, 2016). Si dicha restricción se practica en la fase final del engorde (100-125 kg), se observan los resultados de engrasamiento en la canal pero no en la carne (Suárez-Belloch *et al.*, 2015b).

Por otro lado, de acuerdo con Suárez-Belloch *et al.* (2013), un aumento de la densidad energética de la dieta repercute en una mejora de la eficiencia alimenticia y también en un aumento del espesor de cobertura grasa. Sin embargo, esta modificación en la alimentación no afecta a la calidad de la carne, ni a la composición de ácidos grasos.

4.4 Sexo y castración

En el momento en el que se sacrifican cerdos destinados a jamón curado ya han alcanzado la pubertad puesto que superan los 100 kg de peso. En el caso de los machos, esto tiene un efecto indeseable ya que la carne puede presentar olor sexual. Sólo una cuarta parte de la sociedad es capaz de detectar este olor, siendo además las mujeres más sensibles que los hombres, pero es suficiente como para generar un problema. El olor sexual se debe principalmente a dos sustancias: el escatol y la androesterona. Ambas son solubles en la grasa de la carne de los animales adultos. La androsterona es una feromona sexual masculina que se libera por los testículos a partir de la semana 13, mientras que el escatol es una sustancia de degradación bacteriana a partir del triptófano en el intestino grueso, y que afecta por igual independientemente del sexo. Sin embargo, el escatol es neutralizado en el hígado pero las hormonas masculinas impiden este proceso, encontrándose entonces mayor cantidad en machos enteros que en hembras. En determinadas condiciones, como que el animal tenga un bajo peso al sacrificio, y/o que no haya alcanzado la madurez sexual, no tiene por qué presentar este problema.

Para evitar el olor sexual en el jamón se realiza la castración y, por este motivo, la normativa actual obliga a castrar a los machos destinados a Jamón de Teruel. Por otro lado, con la castración se consigue un manejo más fácil de los animales (tienen un comportamiento más tranquilo) pero además genera un mayor engrasamiento (Tabla 3), aspecto deseable si van destinados a la elaboración de productos curados

Tabla 3. Efecto de la castración en cerdos macho (Nold *et al.*, 1997)

	Machos enteros	Machos castrados	P
Espesor grasa dorsal, mm	15,5	22,2	<0,05
Grasa intramuscular, %	1,72	2,56	<0,05

Se puede decir, por tanto, que existen “tres sexos” en porcino: machos enteros, machos castrados y hembras. Entre ellos hay numerosas diferencias tanto en rendimientos productivos como en la calidad de la canal y la de carne.

Si se comparan machos castrados con hembras, que son los animales empleados en la DOP Jamón de Teruel, la literatura muestra que los machos son más voraces y crecen más rápido que las hembras, lo que finalmente acarrea canales más pesadas y un mayor

engrasamiento (Tabla 4). Como ya se ha mencionado, el mayor grado de engrasamiento es un atributo positivo a la hora de elaborar jamón pero hay que matizar también que la grasa de los machos castrados resulta menos saludable por ser más saturada (Latorre *et al.*, 2008; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2011).

Tabla 4. Efecto del sexo en algunas características de la canal y la carne de machos castrados y hembras destinados a Jamón DOP Teruel (Latorre *et al.*, 2008, 2009a).

	Machos castrados	Hembras	P
Peso de la canal, kg	105,6	100,8	0,001
Rendimiento de la canal, %	78,5	78,4	NS
Espesor grasa <i>Gluetus medius</i> , mm	27,3	23,4	0,001
Grasa intramuscular	3,21	2,53	<0,01

El tipo de castración, es un factor que también afecta a la calidad y al rendimiento de la canal. La castración que se viene realizando hasta ahora es la quirúrgica que consiste en la extirpación de los testículos durante la primera semana de vida (BOE, 2002). Por motivos de bienestar animal, a partir de 2018 se prohibirá en toda la Unión Europea este tipo de castración si no es realizada por un veterinario (usando anestesia y analgesia) (PIGCAS, 2009). Como parece que esto generará complicaciones, sobre todo, por un mayor coste, se están buscando alternativas y parece que, en general, la inmunocastración está dando buenos resultados (Tabla 5). Es una vacuna que estimula la producción de anticuerpos que neutralizan el factor liberador de las gonadotropinas (GnRF), responsable de regular la función testicular a nivel de hipotálamo. La vacuna se reparte en dos dosis que deben aplicarse durante el engorde vía subcutánea, en la base de la oreja del animal; la primera dosis a las 4 semanas de entrada en el cebadero y la segunda al menos 5 semanas antes del sacrificio.

El inconveniente que se ha detectado a la inmunocastración es que genera menos grasa que la castración quirúrgica y eso no es deseable en el caso de animales destinados a jamón. De hecho, Morales *et al.* (2014) concluyeron que los machos castrados quirúrgicamente frente a los castrados físicamente tienen mejor calidad de canal de mejor calidad y más grasa intramuscular.

Tabla 5. Estudio comparativo entre machos castrados inmunológicamente o quirúrgicamente y hembras (Morales *et al.*, 2014)

	Machos inmunocastrados	Machos castrados	Hembras	P
Canal				
Peso, kg	92,9	94,1	93	NS
Rendimiento canal, %	77,2	78,7	79,1	0,001
Espesor grasa dorsal, mm	23,6	26,4	24,3	0,001
Composición carne				
Grasa intramuscular, %	3,93	4,03	3,52	0,004

Por otro lado, para intentar aumentar el nivel de engrasamiento de las hembras destinadas a Jamón DOP Teruel, ya que lo tienen menor que los machos castrados, también se está estudiando su inmunocastración (Tabla 6). Se han observado buenos resultados ya que proporcionan más grasa intramuscular que las enteras y casi tanta como los machos castrados (Daza *et al.* 2016) pero, por el momento, se trata de resultados preliminares (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto de la castración inmunológica en hembras destinadas a Jamón DOP Teruel (Daza *et al.*, 2014)

	Hembras enteras	Hembras Inmunocastradas	P
Espesor grasa <i>Gluetus medius</i> , mm	20,8	24,6	0,01
Grasa intramuscular	4,26	4,99	0,07

5. ESTUDIO DE CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE CERDOS DESTINADOS A JAMÓN DOP TERUEL

5.1 Objetivos

Se pretende:

- Evaluar la calidad de la canal de machos castrados y hembras destinados a Jamón de Teruel.
- Estudiar la calidad de la carne en machos castrados y hembras destinados a Jamón de Teruel.

5.2 Material y Métodos

5.2.1. Medidas de la canal

El estudio de calidad de la canal se llevó a cabo en el matadero de la empresa Jamones y Embutidos Alto Mijares, localizado en Forniche Alto (Teruel). Se utilizaron 32 cerdos, de los que 16 eran machos castrados y 16 hembras. Los animales fueron aturdidos eléctricamente (entre 225 y 380 V/0.5 A durante 5-6 s), desangrados, escaldados, depilados, eviscerados y cortados por la mitad de acuerdo a procesos comerciales estándar. Seguidamente se tomó el peso de cada canal individualmente, así como algunas medidas que se describen a continuación; la longitud del jamón desde el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana hasta la parte media interna del corvejón (Imagen 2) y el perímetro del jamón por la parte más ancha. Ambas fueron medidas con una cinta métrica de 0,5 cm de precisión. Además, se midió el espesor de cobertura grasa del jamón, a nivel del músculo *Gluteus medius* (GM), con una regla rígida de 1 mm de precisión. Todas estas medidas se realizaron en la media canal izquierda de cada animal.

A continuación, se procedió al despiece y, de cada media canal izquierda, se pesaron el jamón, la paleta y el lomo una vez perfilados. Tras el despiece, se tomaron muestras de carne (músculo *Biceps femoris*) de 10 jamones al azar, de los cuales 5 eran de machos castrados y 5 de hembras. Las muestras fueron envasadas e identificadas de forma individual y posteriormente analizadas en el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza. En fresco, se midió el color y a continuación se

congelaron para su conservación hasta posteriores análisis. A continuación, se detallan los procedimientos analíticos realizados en las muestras.

Imagen 2. Medida de la longitud del jamón



5.2.2. Medidas y análisis de carne

Color

Se determinó mediante un colorímetro (CM 2002, Minolta Camera, Osaka, Japón) que utiliza medidas objetivas (CIE, 1976); luminosidad (L^*), tendencia al rojo (a^*) y tendencia al amarillo (b^*). A partir de estos valores se calculó el croma (C^*) y el ángulo hue (H^0), que son indicativos de la intensidad y el tono, respectivamente. Para ello se utilizaron las ecuaciones de Wyszecki y Stiles (1982):

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

$$H^0 = \tan^{-1} (b^* / a^*) \times 57,29$$

Previamente, el equipo fue calibrado según recomendaciones del fabricante. Se realizaron tres medidas aleatorias de cada muestra, tomando como resultado la media de los tres valores.

Capacidad de retención de agua

Se utilizaron dos indicadores: las pérdidas por descongelación y las pérdidas por cocinado.

Cada muestra se pesó antes de la congelación, siendo considerado ese valor como el peso inicial. Tras 21 días a -18°C , se descongelaron lentamente ($24\text{h}/4^{\circ}\text{C}$) y se volvieron a pesar. La diferencia de pesadas permitió calcular las pérdidas por descongelación, expresadas en porcentaje.

Para determinar las pérdidas por cocinado se utilizó el método expuesto por Honikel (1998) y se usaron las mismas muestras que se habían utilizado en la determinación anterior. Se introdujeron en un baño maría a 75°C , se colocó una sonda termopar en el centro de la muestra y se esperó hasta que cada muestra alcanzara 70°C . A continuación se enfriaron en agua a 15°C durante 30 min, se secaron y se pesaron en una balanza de precisión. La diferencia de pesadas permitió calcular las pérdidas por cocción, expresadas en porcentaje.

Dureza

Se midió con un equipo Instron Universal testing machine model 4301 (Massachusetts, EEUU) utilizando una cizalla de corte tipo Warner-Bratzler y, para ello, se usaron las muestras cocinadas. Se cortaron 4-6 piezas por muestra, con una longitud mínima de 30 mm en paralelo a las fibras musculares, y una sección de 100 mm^2 . Posteriormente, mediante el equipo descrito, se midió la fuerza necesaria para cortar las piezas.

Composición química

De todas las muestras de carne se llevó a cabo un análisis químico determinando: humedad, proteína y grasa intramuscular.

Para la determinación de humedad en carne, se utilizó el método oficial 950.46 de la AOAC (2005). Cada muestra se analizó por duplicado. Se pesan 5 g de muestra fresca y se introducen en un crisol que contiene 15 g de arena y una varilla de cristal. El crisol previamente estaba en la estufa y, antes de su uso, se atemperó en un desecador con gel de sílice para que no captara humedad del ambiente. Como el objetivo es deshidratar la carne, se le adicionan 5 ml de etanol de 96° y se homogeneiza con la varilla. Seguidamente se colocan los crisoles sobre un Termobloc a 90° para que se evapore el

exceso de etanol, aproximadamente 15 min. A continuación se introducen los crisoles en una estufa a 105°C durante 48 h. Pasado ese tiempo, se pasan a enfriar de nuevo a un desecador con gel de sílice y, cuando la temperatura es la misma a la que se encontraban cuando se adicionó la muestra, se pesan.

El cálculo de la materia seca se realiza utilizando esta ecuación:

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{peso materia seca}) - \text{peso crisol}}{\text{peso muestra fresca}} \times 100$$

Por tanto: $\% \text{ Humedad} = 100 - \% \text{ Materia seca}$

Para determinar el contenido proteico se siguió el procedimiento 2001.11 de AOAC (2005). Se utilizó el método Kjeldahl, basado en tres fases: digestión, destilación y valoración. Cada muestra se analizó por duplicado. Lo primero es pesar 0,75 g de cada muestra y se añaden a los tubos de vidrio donde se realizará la digestión de las proteínas. Seguidamente se incorpora una pastilla de 3,96 g de un catalizador (CuSO₄.5H₂O; 6,25% Copper (II) Sulfato-5-hidratado/93.75% Sulfato Potásico). A continuación se le añaden 50 ml de H₂SO₄ 95% y se procede a la digestión. Se pone en una placa calefactora que progresivamente irá aumentando la temperatura hasta llegar a 420°C, donde se mantendrá durante 1 h. Se puede observar en la Tabla 7 la rampa de temperaturas. El vacío se hace para evitar la salida de gases ácidos que pueden ser peligrosos. Además, el motivo de esta subida progresiva de la temperatura es evitar que se dañe el material y minimizar las pérdidas por la generación de la espuma.

Tabla 7. Temperatura, tiempo y tratamiento aplicado en la digestión de las proteínas.

Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Estado
150	10	Poco vacío
220	10	Aumentar vacío a 215°C
320	10	Máximo vacío
420	60	Bajar nivel de vacío

Una vez haya virado el color de marrón a azul ya se ha producido la digestión. Es necesario dejar las muestras a enfriar al menos durante 1,5 h. A continuación se pasa a valorar en un equipo Kjeldahl Mt 2300 (Höganäs, Suiza). Lo primero es realizar la medida del blanco. Ese valor se restará siempre al valor de cada muestra para corregir el error que se haya podido producir debido a los reactivos, medida que se realiza cada seis muestras. La cantidad de reactivo gastada se corresponde con la cantidad de nitrógeno presente en la muestra según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Nitrógeno} = 14 \times N \times V \times 100 / m \times 1000$$

Siendo:

N= HCl, 0,1 N

V= 50 mL H₂SO₄

m= 0,75 g muestra

Conociendo el % de nitrógeno, se puede calcular el % de proteína:

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

La determinación de la grasa intramuscular se llevó a cabo según el procedimiento 954.02 de AOAC (2005). Se basa en una hidrólisis y posterior extracción y se hizo por duplicado. Se toma 1 g de muestra y se añade a una bolsa filtrante junto con 1,2 g de celite (primero se añaden 0,5 g, después la muestra y finalmente los 0,7 g restantes). El celite es un polvo que hace que se degrade la proteína pero no la grasa. Se sellan las bolsas, se introducen (en grupos de 12) en un hidrolizador de proteínas (ANKOM HCLI) y se procesan a 90⁰C durante 60 min. Finalizado el ciclo se secan las muestras con papel de filtro y se sumergen en agua para eliminar el resto de ácido que haya podido quedar. El lavado se realiza por triplicado durante 30 min. Después se pasan las muestras a una estufa que se encuentra a 100⁰C, para evaporar toda la humedad que hayan captado, donde permanecerán 3 h. Pasado ese tiempo, se llevan a un desecador donde se espera que a que se enfríen, se vuelven a pesar y se apunta ese valor, ya que será el valor inicial (M₁). A continuación, se pasa a realizar la extracción de la grasa, en un extractor ANKOM, con éter de petróleo a 90⁰C durante 60 min. Posteriormente, se

dejan enfriar en una campana extractora durante 10 min, donde se evaporarán los posibles restos de éter, se pasan a una estufa a 100°C durante 1,5 horas y se dejan enfriar en un desecador, volviendo a pesarlas (M₂). A continuación se muestra la fórmula para calcular el porcentaje del contenido de grasa.

$$\% \text{ Grasa intramuscular} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{Materia fresca} \times \text{Materia seca (en tanto por 1)}}$$

5.2.3. Análisis estadístico

Los datos se analizaron usando un ANOVA mediante el paquete estadístico SAS (2014). El modelo incluyó el sexo (machos castrados vs. hembras) como efecto principal. Cada tratamiento se replicó 16 veces para las medidas de canal y 5 veces para los análisis de carne, siendo la unidad experimental el animal. Una $P < 0,05$ indica diferencia significativa mientras que la $P < 0,10$ indica una tendencia a la significación.

5.3 Resultados y discusión

5.3.1. Calidad de la canal

En la Tabla 8 se muestran los resultados relativos a las medidas realizadas en canales de machos castrados y hembras destinadas a Jamón de Teruel.

El peso de la canal de los machos castrados fue mayor que el de las hembras (106,1 vs 101,9 kg; $P=0,04$), lo que confirma resultados de otros autores (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2009, 2011). Esto se debe a que los machos castrados crecen más rápido y alcanzan, a una misma edad al sacrificio, un peso vivo mayor. Partiendo de los datos disponibles de peso de canal, se trató de calcular el porcentaje de canales que no cumplieran con el mínimo peso requerido en el Reglamento de la DOP Jamón de Teruel (debe ser ≥ 86 kg). En este estudio, todas las canales, independientemente del sexo, resultaron aptas. De esto se deduce que el peso al sacrificio de los animales, del que no disponíamos información, tuvo que ser bastante elevado ya que Latorre *et al.* (2008) concluyeron que para ello se requerían al menos 130 kg.

Tabla 8. Características de la canal de machos castrados y hembras destinados a Jamón de Teruel.

Variable	Machos castrados	Hembras	EEM (n=16)	Significación (P)
Peso canal, kg	106,1	101,9	1,42	0,04
Dimensiones del jamón, cm				
Longitud	39,5	38,9	0,31	0,19
Perímetro	78,1	76,8	0,68	0,24
Espesor grasa m. <i>Gluteus medius</i>, mm	21,3	18,8	0,93	0,03
Peso piezas nobles, kg				
Jamón	13,12	12,87	0,17	0,31
Paleta	7,93	7,47	0,09	0,002
Lomo	3,52	3,56	0,08	0,74
Total*	24,6	22,8	0,44	0,006
Rendimiento piezas nobles, % canal				
Jamón	12,37	12,64	0,11	0,08
Paleta	7,48	7,36	0,09	0,35
Lomo	3,32	3,52	0,05	0,02
Total*	22,4	23,2	0,43	0,22

* Jamón + paleta + lomo de la media canal izquierda.

Aunque no de forma significativa ($P > 0,10$), los machos castrados tuvieron jamones más grandes que las de las hembras, basándonos en su longitud y perímetro, lo que probablemente estaría correlacionado con su mayor peso de la canal. Los jamones interesan largos y estrechos porque se busca un cierto parecido con los jamones de los cerdos Ibéricos.

Tal y como ha sido ampliamente demostrado en la literatura, las canales de los machos castrados resultaron más grasas que las de las hembras, medido en esta ocasión a nivel del músculo *Gluteus medius* (21,3 vs 18,8 mm; $P = 0,03$). Nuestros resultados son muy

próximos a los obtenidos por otros autores que estudiaron animales del mismo cruce genético y similar peso al sacrificio (Latorre *et al.*, 2009a; Garitano *et al.*, 2013). También aquí se calculó el porcentaje de animales que no cumplían con el espesor graso mínimo requerido por el Consejo Regulador (debe ser ≥ 16 mm). Como era de esperar, fueron rechazadas más canales de hembras que de machos castrados por este motivo (18,8% vs 12,5%). Latorre *et al.* (2008) determinaron que para que el 100% de las canales fueran aptas, atendiendo al criterio de cobertura grasa, el peso al sacrificio debía ser de al menos 140 kg. Sin embargo, pesos tan elevados acarrearán un empeoramiento importante de los rendimientos zootécnicos, especialmente del índice de conversión, y un notable encarecimiento de los costes de producción.

En concordancia con el peso de la canal, el peso total (jamón+paleta+lomo) de las principales piezas nobles fue mayor en los machos castrados que en las hembras ($P=0,006$) y se debió sobre todo al peso de las paletas ($P=0,002$). Sin embargo, cuando estos valores se expresaron como proporción de la canal, en los machos castrados, el jamón tendió a ser menor ($P=0,08$) y el lomo fue significativamente menor ($P=0,02$) que en las hembras. En la literatura se encuentran resultados similares (Suárez-Belloch *et al.* 2013, 2015a), y la razón es que el mayor engrasamiento en los machos implica menor rendimiento magro y estas piezas son fundamentalmente magras, ya que la grasa en la especie porcina se almacena especialmente en la zona subcutánea.

5.3.2. Calidad de la carne

En la Tabla 9 se muestran los resultados de los análisis de laboratorio en lomo de machos castrados y hembras destinados a Jamón de Teruel.

En relación con el color, se observaron diferencias significativas entre sexos en la tendencia al rojo y al amarillo y en la intensidad que resultaron menores en los machos castrados que en las hembras ($P=0,02$, $P=0,08$ y $P=0,01$, respectivamente). Esto no coincide con otros autores (Latorre *et al.*, 2003, 2009b) que detectaron mayor valor de C^* y de b^* en los castrados, atribuyéndolo a su mayor contenido en grasa intramuscular.

Tabla 9. Características de la carne de machos castrados y hembras destinados a Jamón de Teruel.

Variable	Machos castrados	Hembras	EEM (n=5)	Significación (P)
Color				
Luminosidad (L*)	46,0	44,7	1,58	0,57
Tendencia al rojo (a*)	7,37	8,77	0,36	0,02
Tendencia al amarillo (b*)	3,05	3,75	0,25	0,08
Croma (C*)	8,00	9,56	0,31	0,01
Ángulo Hue (H ⁰)	67,5	66,6	1,91	0,73
Capacidad de retención de agua (%)				
Pérdidas por descongelación	7,47	10,20	1,13	0,13
Pérdidas por cocción	18,00	19,20	1,14	0,48
Dureza (Kg/cm²)				
Dureza	3,94	3,36	0,32	0,24
Composición química (%)				
Humedad	73,3	73,9	0,42	0,32
Proteína	23,3	22,7	0,60	0,52
Grasa intramuscular	2,80	2,12	0,35	0,06

No se observaron diferencias entre sexos en la dureza ni en los indicadores de capacidad de retención de agua (pérdidas por descongelación ni por cocinado) ($P > 0,10$). Sin embargo, el contenido en grasa intramuscular del lomo de los machos castrados tendió a ser mayor que el de las hembras (2,80 vs 2,12%; $P = 0,06$). Estos resultados concuerdan con los observados en engrasamiento de la canal y son similares a los publicados en otros trabajos donde se estudiaron animales también destinados a esta DOP (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2009a, 2011), confirmando el hecho de que los machos castrados son más adipogénicos que las hembras. La grasa intramuscular es un atributo muy apreciado porque se ha correlacionado con la jugosidad y la terneza (Alonso *et al.*, 2012). En el presente estudio, la falta de diferencias en la dureza de la carne y los

resultados de color, para los que no se encuentra una explicación, podrían ser debidos al número de muestras analizadas, que fue considerablemente limitado.

5.4 Conclusiones del Estudio

Bajo nuestras condiciones experimentales, se puede concluir que hubo algunas diferencias en calidad de canal y carne entre machos castrados y hembras destinados a Jamón de Teruel, especialmente relacionadas con el engrasamiento. Los machos castrados presentaron canales más pesadas y también más grasas, lo que acarrea una mayor proporción de canales aptas de este sexo para la DOP, pero también menor proporción de piezas nobles en la canal. Además, la carne de los machos castrados tendió a presentar mayor contenido en grasa intramuscular, lo que sugiere mejores cualidades organolépticas.

6. CONCLUSIONES

1. El Jamón de Teruel es un producto relevante en la provincia de Teruel y también para la Comunidad Autónoma de Aragón. Poco a poco va teniendo mayor proyección tanto a nivel nacional como internacional. Se trata de un producto con una etiqueta de calidad diferenciada entre el jamón normal y el Ibérico.

2. El actual Reglamento se recoge en una Orden del 28 de junio de 2011, donde se especifican los requisitos que debe cumplir el jamón para considerarse Jamón de Teruel. Ahí se matizan claramente las modificaciones respecto a las anteriores normativas.

3. La genética, la edad y peso al sacrificio, la alimentación y el sexo son factores productivos que afectan notablemente a la calidad de la canal y la carne y, por tanto, al Jamón de Teruel. En consecuencia, es importante un buen manejo de dichos factores para optimizar la calidad del producto final.

4. El estudio llevado a cabo mostró que los machos castrados presentan canales más pesadas y grasas y su carne tiene mayor contenido en grasa intramuscular que en el caso de las hembras, atributos deseables en cerdos destinados a la elaboración de Jamón de Teruel.

5. Aunque se controlen aspectos de manejo y alimentación en este tipo de animales, el hecho de emplear ambos sexos (machos castrados y hembras) siempre generará cierta heterogeneidad en el producto final.

6. CONCLUSIONS

1. Dry-cured Teruel ham is an important product for Teruel area and also for Aragón. It is achieving higher projection as much a national as international level. It has a quality label which indicates differences between the normal and the Iberian ham.

2. The current regulation for the PDO Teruel ham is an Orden de junio de 2011, which specifies all the requirements to fulfil to get pieces under Teruel ham designation. It involved the modifications with respect to the previous ones.

3. Genetic, age and slaughter weight, feeding and sex are productive factors that have significant effect in carcass and meat quality, and therefore in Teruel ham. Because of it, adequate management of these factors is necessary to optimize the quality of the end product.

4. The study carried out showed that barrows present heavier and fattier carcasses and also their meat has higher intramuscular fat content than gilts, attributes which are desirable in pigs intended for elaborating Teruel ham.

5. Although factors of management and feeding can be controlled in these animals, the fact to use both sexes (barrows and gilts) always will generate some heterogeneity in the final product.

7. VALORACIÓN PERSONAL

Este trabajo me ha permitido adentrarme en un mundo bastante desconocido para mí y el cual me ha parecido muy interesante para mi formación. Dado que el sector cárnico es tan amplio, que es imposible abordar a lo largo de todo el Grado todos los temas que lo componen, este trabajo ha hecho que pueda abordar uno que considero casi fundamental: el relacionado con el Jamón de Teruel. Considero que es muy importante debido a la influencia que tiene en la región donde nos estamos formando. Por otro lado, a parte del conocimiento teórico adquirido, considero que he mejorado mi capacidad de redacción y he adquirido la capacidad de interpretar artículos en inglés. Con la realización del mismo he tenido que buscar en bases de datos y he aprendido cómo usarlas, capacidad que considero imprescindible adquirir para poder seguir con mi formación y poder enfrentarme al mundo laboral. Además, he tenido la suerte de poder ir a recoger muestras a un matadero (experiencia que mis compañeros no han podido vivir) y de realizar un análisis muy completo de la calidad de la canal y la carne. En dicho análisis he podido poner en práctica muchos conocimientos adquiridos a lo largo del Grado además de ganar cierta habilidad y autonomía en el trabajo

Finalmente, me gustaría agradecer todo el esfuerzo e ilusión que han puesto en este proyecto mis tutores; M^a Ángeles Latorre y Jesús Suárez-Belloch. Me siento muy afortunada de haber podido contar con ellos en este bonito trabajo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, P. S., Gasa, J., Manzanilla, E. G., *et al.* (2013). Descriptive study of production factors affecting performance traits in growing-finishing pigs in Spain. *Spanish journal of agricultural research* 2: 371-381.
- Alonso, V., Najas, L.M., Provincial, L., *et al.* (2012). Influence of dietary fat on pork eating quality. *Meat Science* 92: 366-373.
- AOAC (2005). *Official Methods of Analysis*. Association Official of Analytical Chemistry, Gaithersburg, MA, EEUU.
- BOA (1993). Orden de 29 de julio de 1993, del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes, por la que se aprueba el Reglamento de la Denominación de Origen “Jamón de Teruel” y su Consejo Regulador. *Boletín oficial de Aragón*.
- BOA (2009). Orden de 6 de febrero de 2009, del Consejo de Agricultura y Alimentación, por la que se aprueba la normativa específica de la denominación de origen protegida «Jamón de Teruel». *Boletín Oficial de Aragón*.
- BOA (2011). Orden de 28 de junio de 2011, del Consejo de Agricultura y Alimentación, por la que se adopta la decisión favorable en relación con la solicitud de modificación del pliego de condiciones de la Denominación de Origen Protegida Jamón de Teruel. *Boletín Oficial de Aragón*.
- BOE (2002) Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos. *Boletín Oficial del Estado*.
- Bosch, L., Tor, M., Reixach, J., *et al.* (2012). Age-related changes in intramuscular and subcutaneous fat content and fatty acid composition in growing pigs using longitudinal data. *MEAT SCIENCE* 3: 358-363.
- CIE (1976). *Official Recommendations of the International Commission on Illumination, Colorimetry*. Publication CIE No. 15 (E-1.3.1). CIE, Paris, Francia.
- CRDOP Jamón de Teruel (2015). Datos del Consejo Regulador de la DOP Jamón de Teruel. www.jamondeteruel.com

- Daza, A., Latorre, M. A. and López-Bote, C. J. (2010). The use of barley as single ingredient in the diet provided during the finishing period may improve the meat quality of heavy pigs from PO Teruel ham (Spain). *Spanish journal of agricultural research* 3: 607-616.
- Daza, A., Latorre, M.A. and López-Bote, C.J. (2012a). The effect of granulated barley as single major ingredient in the growing or finishing diet on productive performance, carcass, meat and fat quality of heavy pigs. *Animal* 9: 1543-1553.
- Daza, A., Latorre, M.A., Olivares, A., *et al.* (2012b). Effect of replacement of a conventional diet by granulated barley during finishing period on growth performance and carcass and meat characteristics in 130-kg gilts. *Livestock Science* 148: 196-200.
- Daza, A., Latorre, M.A., Olivares, A., *et al.* (2014). The effect of immunocastration and a diet based on granulated barley on growth performance and carcass, meat and fat quality in heavy gilts. *Animal* 3: 484-493.
- Daza, A., Latorre, M.A., Olivares, A., *et al.* (2016). Effects of male and female immunocastration on growth performances and carcass and pork quality of pigs intended for dry-cured ham elaboration. *Livestock Science* 190: 20-26.
- Dunshea, F. R., Allison, J. R. D., Bertram, M., *et al.* (2013). The effect of immunization against GnRF on nutrient requirements of male pigs. *Animal* 11:1769-1778.
- Edwards, D.B., Tempelman, R.J. and Bates, R.O. (2006). Evaluation of Duroc-vs. Pietrain-sired pigs for growth and composition. *Journal of animal science* 2: 266-275.
- Garitano, I., Liébana, C., Feliz de Vargas, E. *et al.* (2013). Effect of gender on growth performance. Carcass characteristics, meat and fat composition of pigs slaughtered at 125 kg of live weight destined to Teruel (Spain) ham production. *Italian Journal of Animal Science* 1.
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49: 447-457.

- Isabel, B., López-Bote, C.J., De La Hoz, L., *et al.* (2003). Effects of feeding elevated concentrations of monounsaturated fatty acids and vitamin E to swine on characteristics of dry cured hams. *Meat Science* 64: 475-482.
- Larrea, V. (2003). Caracterización química y microestructural del jamón curado Denominación de Origen Teruel. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 269pp.
- Larrea, V., Pérez-Munuera, I., Escudero, R. *et al.* (2007). Microstructural changes in Teruel dry-cured ham during processing. *Meat Science* 76: 574–582.
- Latorre, M.A., Lázaro, R., Gracia, M.I., *et al.* (2003). Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. *Meat Science* 65: 1369-1377.
- Latorre, M.A., García-Belenguer, E. and Ariño, L. (2008). The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). *Journal of Animal Science* 86: 1933-1942.
- Latorre, M.A., Ripoll, G., García-Belenguer, E. *et al.* (2009a). The increase of slaughter weight in gilts as a strategy to optimize the production of Spanish high quality dry-cured ham. *Journal of Animal Science* 87: 1464-1471.
- Latorre, M.A., Ripoll, G., García-Belenguer, E., *et al.* (2009b). The effect of gender and slaughter weight on loin and fat characteristics pigs intended for Teruel dry-cured ham production. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 407-416.
- MAGRAMA (2014). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Estadísticas agrarias. www.magrama.gob.es. [Consultado: 23/04/2016]
- Morales, J.I. (2014). Influencia de la castración y la línea genética paterna sobre el rendimiento productivo y la calidad de la canal y de la carne en cerdos sacrificados a pesos elevados. Tesis doctoral. Universidad politécnica de Madrid. 169pp.
- Nold, R. A., Romans, J. R., Costello, W. J., *et al.* (1997). Sensory characteristics and carcass traits of boars, barrows, and gilts fed high- or adequate-protein diets and slaughtered at 100 or 110 kilograms. *Journal of Animal Science* 75: 2641-2651.

- PIGCAS (2009). Report on attitudes, practices and state of the art regarding piglet castration in Europe. Deliverable D4.1. Report on Recommendations for Research and Policy Support.
- Rodríguez-Sánchez, J.A., Ripoll, G., Calvo, S., *et al.* (2009). The effect of seasonality of the growing-finishing period on carcass, meat and fat characteristics of heavy barrows and gilts. *Meat Science* 83: 571-576.
- Rodríguez-Sánchez, J. A., Sanz, M. A., Blanco, M., *et al.* (2011). The influence of dietary lysine restriction during the finishing period on growth performance and carcass, meat, and fat characteristics of barrows and gilts intended for dry-cured ham production. *Journal of animal science* 11: 3651-3662.
- Rodríguez-Sánchez, J.A., Calvo, S., Suárez-Belloch, J., *et al.* (2014). Effect of pig slaughter weight on chemical and sensory characteristics of Teruel dry-cured ham. *Italian Journal of Food Science* 4: 420-426.
- Ruiz, J., De La Hoz, L., Isabel, B., Rey, A.I., *et al.* (2005). Improvement of dry-cured Iberian ham quality characteristics through modifications of dietary fat composition and supplementation with vitamin E. *Food Science and Technology International* 11: 327-335.
- Statistical Analysis Systems Institute (1990). SAS user's guide: Statistics. Version 6 (4th ed.). Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Suárez-Belloch, J., Sanz, M.A., Joy, M., *et al.* (2013). Impact of increasing dietary energy level during the finishing period on growth performance, pork quality and fatty acid profile in heavy pigs. *Meat Science* 93: 796-801.
- Suárez-Belloch, J., Guada, J.A. and Latorre, M.A. (2015a). The effect of lysine restriction during grower period on productive performance, serum metabolites and fatness of heavy barrows and gilts. *Livestock Science* 171: 36-43.
- Suárez-Belloch, J., Guada, J.A. and Latorre, M.A. (2015b). Effects of sex and dietary lysine on performances and serum and meat traits in finisher pigs. *Animal* 10: 1731-1739.

Suárez-Belloch, J., Latorre, M.A. and Guada, J.A. (2016). The effect of protein restriction during the growing period on carcass, meat and fat quality of heavy barrows and gilts. *Meat Science* 112: 16-23.

Wyszecki, G. y Stiles, W.C. (1982). *Color Science: Concepts and Methods: Quantitative Data and Formulae*. 2nd ed. John Wiley, New York, NY.