

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA ACEPTABILIDAD DEL JAMÓN CURADO

Carla Solà Quevedo

03.09.2019.

- **Lugar donde se presenta el trabajo:** Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Veterinària, Departament de Ciència Animal i dels Aliments.
- **Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal:** Trabajo presentado para la superación de los 15 créditos del Módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal.
- **Título del Trabajo:** Factores que influyen sobre la aceptabilidad del jamón curado.
- **Autor/a:** Carla Solà Quevedo
- **Fecha de entrega:** 03 de septiembre de 2019

Juan Pablo Sánchez Serrano y Raquel Quintanilla, investigadores del Programa de Genética y Mejora Animal del IRTA

INFORMAN

Que el trabajo titulado: “Factores que influyen sobre la aceptabilidad del jamón curado”, presentado por Carla Solà Quevedo, ha sido realizado bajo nuestra supervisión, actuando como tutora la Sra. Montserrat Mor-Mur Francesch, dentro del módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial de Calidad de Alimentos de Origen Animal de la Universidad Autònoma de Barcelona.

En Caldes de Montbui, a 3 de septiembre de 2019

A black ink signature consisting of several overlapping loops and a horizontal line at the bottom.A blue ink signature in cursive script, reading "Raquel Quintanilla".

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos están específicamente destinados para Juan Pablo Sánchez y Raquel Quintanilla, que a falta de seguridad en una misma por la inexperiencia en el mundo de la alimentación y de la investigación, han conseguido que adquiriera conocimientos más allá de los relacionados con la temática del trabajo de final de máster. Han sido capaces de transmitirme la manera en la que deberé enfrentarme a los retos y a los trabajos futuros. Seguramente me han enseñado más de lo que puedan esperar y es un aprendizaje que no se adquiere en ninguna aula o estudios. Además, han conseguido que entienda y me agrade en mayor medida la estadística, el R y conceptos sobre la carne porcina y la producción.

Muchísimas gracias por toda vuestra dedicación.

También agradecer a todo el equipo del IRTA su amabilidad y compañerismo, ha sido una experiencia muy bonita. Y gracias a la UAB por permitir que se creen este tipo de prácticas, que finalmente es de donde se adquiere la experiencia.

No podría no mencionar a mi familia, que es el motor de mi mundo. Gracias.

LISTA DE ABREVIATURAS

AAGG: Ácidos grasos.

AG: Ácido graso.

ADN: Ácido desoxirribonucleico.

BF: *Biceps femoris*.

CAP: Centro de Evaluación Porcina (*Centre d'Avaluació del Porcí*).

CE: Conductividad eléctrica.

CMD: Consumo medio diario.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*).

FCR: Índice de transformación de alimento (*feed conversion ratio*).

FEN: Fundación Española de la Nutrición.

GIM: Grasa intramuscular.

GM: *Gluteus medius*.

GMD: Ganancia media diaria.

HDL: Lipoproteínas de alta densidad (*high-density lipoprotein*).

IRTA: Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (*Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries*).

ISTAT: Instituto nacional de Estadística.

LD: *Longissimus dorsi*.

LDL: Lipoproteínas de baja densidad (*low-density lipoprotein*).

MAPA: Ministerio de Agricultura y Pesca.

MAPAMA: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados (*monounsaturated fatty acids*).

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PLS: *Partial Least Square*.

PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados (*polyunsaturated fatty acids*).

RFI: Ingesta residual de alimento (*residual feed intake*).

SFA: Ácidos grasos saturados (*saturated fatty acids*).

SM: *Semimembranosus*.

SPLS: *Sparse Partial Least Square*.

TFM: Trabajo final de máster.

UFA: Ácidos grasos insaturados (*unsaturated fatty acids*).

WHC: Capacidad de retención de agua (*water-holding capacity*).

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la relación entre distintos parámetros y caracteres productivos que intervienen en la calidad del jamón curado, con el objetivo de determinar la influencia del crecimiento, de la deposición de grasa durante el cebo, de los caracteres fisicoquímicos de la carne y de las características sensoriales sobre la aceptabilidad general del jamón curado.

Se parte de una muestra de 350 machos castrados de raza Duroc, separados en cuatro lotes que se crían con una diferencia de entre 6 y 20 meses. Se dispuso de los parámetros productivos registrados durante el crecimiento, así como de distintos caracteres de calidad de la canal y la carne. Asegurando la trazabilidad, se obtuvo aproximadamente un jamón por individuo, y se realizó una caracterización sensorial con un panel de catadores entrenados que evaluaron una muestra del músculo *biceps femoris* de cada jamón y asignaron una puntuación a diferentes variables de *flavor* y textura en función de la intensidad de estas, además de establecer una valoración hedónica (aceptabilidad global) del jamón.

Se realiza un análisis descriptivo, un análisis de regresión lineal y un análisis multivariante. Se concluye que los caracteres más predictivos de la aceptabilidad final del producto curado son los relacionados con las características sensoriales valoradas en la caracterización sensorial, como el curado, el añejo y el dulzor (efecto positivo), así como la pastosidad y el amargor (efecto negativo). Siendo mucho menos relevante, se observa también un efecto sobre la calidad global del jamón de distintos caracteres productivos relacionados con el metabolismo lipídico y calidad, como la cantidad de grasa intramuscular, el veteado en el músculo, la grasa dorsal y el grosor del lomo.

ABSTRACT

This work studies the relationship between the different parameters and productive traits that could influence the global quality of dry-cured ham. Aiming to determine the influence on the general acceptability of dry-cured ham of several traits related with growth, fat depot during fattening, physicochemical characteristics of the meat and ham sensory characteristics.

The experimental was conducted with a sample of 350 Duroc barrows, separated into four lots that are raised with a difference of between 6 and 20 months. Ensuring traceability, approximately one ham is obtained per individual. Samples are taken throughout the growth, until the sacrifice and finally of the dry-cured product. A panel of trained tasters evaluate a slice of *biceps femoris* for each ham and assigns a score to different *flavor* and texture variables based on their intensity, in addition to establishing a hedonic evaluation of the sample.

A descriptive analysis, a linear regression analysis and a multivariate analysis are performed. It is concluded that the most predictive characters of the final quality of the dry-cured product are: those related to the sensory characteristics assessed in the tasting, such as curing, aging, sweetness, pasture and bitterness; and secondly, those related to fat depositions, such as intramuscular fat, marbling, dorsal fat and loin thickness.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Interés de la especie porcina	4
1.1.1. Producción, consumo y exportación de la carne porcina y del jamón curado en España ...	4
1.1.2. Propiedades del jamón curado	5
1.1.3. Características de la raza Duroc y eficiencia en la producción.....	7
1.2. Calidad jamón curado y relación con otras variables.....	8
1.2.1. Aspectos de calidad sensorial del jamón curado.....	9
1.2.2. Factores asociados a la calidad del jamón curado.....	11
2. OBJETIVOS	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
3.1. Material Animal y variables registradas	14
3.2. Métodos estadísticos	17
3.2.1. Análisis descriptivo.....	17
3.2.2. Análisis univariados de asociación entre la aceptabilidad de una muestra del BF y el resto de variables registradas.	18
3.2.3. Análisis multivariante de asociación entre la aceptabilidad de una muestra del BF y el resto de variables registradas.	19
4. RESULTADOS	21
4.1. Análisis descriptivo.....	21
4.1.1. Atributos sensoriales	21
4.1.2. Caracteres productivos.....	25
4.2. Análisis de regresión.....	28
4.2.2. Caracteres productivos.....	29
4.2.3. Caracteres bioquímicos del plasma sanguíneo.....	30
4.2.4. Características físicas y atributos visuales del jamón	30
4.2.6. Caracteres de la Canal.....	32
4.2.7. Contenido en Ácidos Grasos.....	32
4.3. Análisis multivariante.	33
4.3.1. SPLS para el conjunto de variables del panel de cata.	33
4.3.2. SPLS usando todos los predictores excepto las variables del panel de cata.	36
5. DISCUSIÓN	38
6. CONCLUSIONES	40
7. BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXO I.....	44

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Interés de la especie porcina

1.1.1. Producción, consumo y exportación de la carne porcina y del jamón curado en España

Según los datos de 2018 del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), España es el país de la unión europea con mayor censo de cerdos y el segundo con mayor producción después de Alemania. A nivel nacional, Cataluña es la comunidad autónoma con segundo mayor censo, con un 25,25% (30.804.102 cerdos), siendo Aragón la que se encuentra en primer lugar con una reducida diferencia del 0.96%.

La cantidad de carne de cerdo en España se ha incrementado del 2017 al 2018 en 7.21% toneladas y 5.45 % animales sacrificados. Este incremento se puede apreciar en la figura 1.

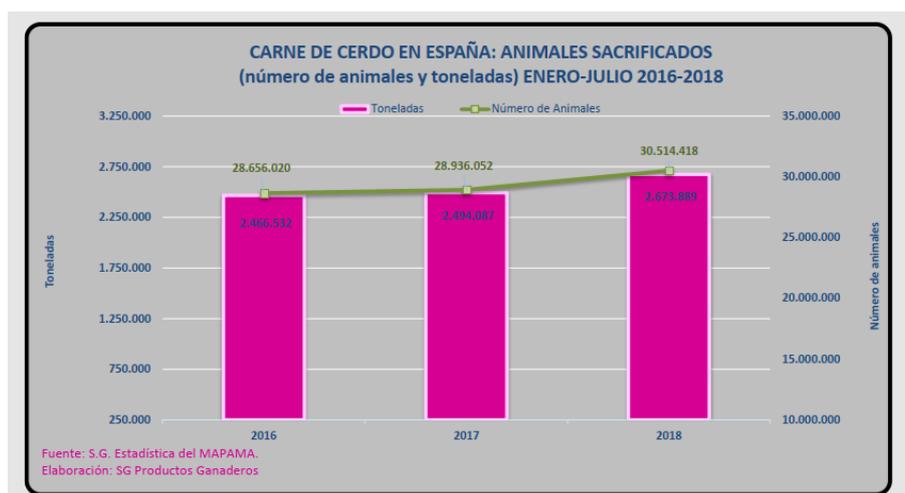


Figura1. Evolución de la producción de carne de porcino enero-julio 2016-2018 en toneladas y animales (MAPA 2018a).

El consumo en España del año 2018 ha sido de 465,90 miles de toneladas en carne fresca y 530,90 miles de toneladas en transformados. Esto supone un incremento con respecto a 2017 de 1.30% para carne fresca y de un 2.06% para productos transformados.

Considerando, según el Instituto nacional de Estadística (ISTAT), una población de 46,72 millones de habitantes en 2018, el consumo medio per cápita ha sido de 11.36 kg de transformados y de 9.97 kg de carne fresca por persona y año.

En cuanto a las importaciones y exportaciones durante 2018 de cualquier producto cárnico porcino España recibió 157.198 toneladas y envió 1.285.410 toneladas. Los países a los que más se exporta son, en orden decreciente, Japón, Francia, Portugal e Italia. En 2018 se ha producido un incremento en las exportaciones del 6.7% (MAPA 2018a).

Con relación al jamón curado, durante el 2017 la producción española fue de alrededor de 50 millones de jamones, y cerca del 20% se exportó, lo que corresponde a 44,1 miles de toneladas. En la figura 2 se muestra la evolución de la cantidad de jamón curado, en miles de toneladas, exportado desde 2007 hasta 2017. Los lugares de exportación en orden decreciente son Alemania, Francia, Portugal e Italia (Rodríguez 2018). En cuanto al consumo per cápita, en 2017 se consumieron 2.04 kg de jamón curado y paleta por persona y año; dentro de este valor, 1.72 kg fueron de cerdo normal y 0.32 kg de cerdo ibérico (MAPA 2017a).

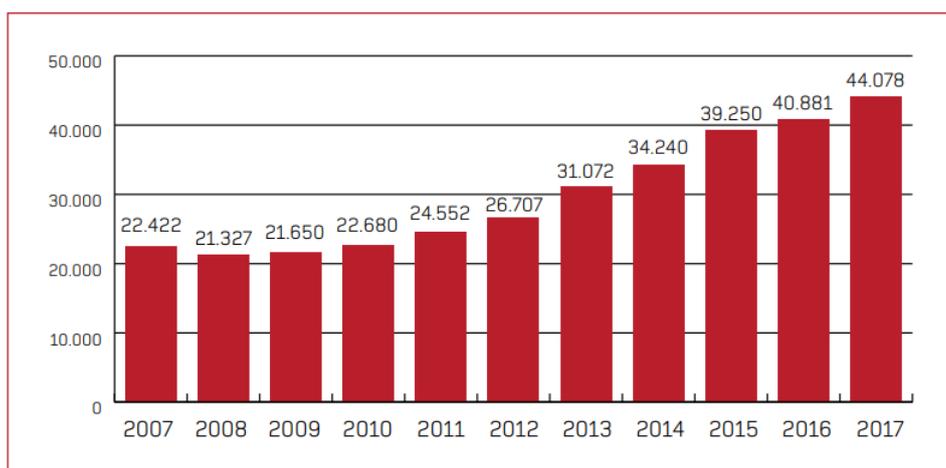


Figura 2. Evolución de las exportaciones de jamón curado en miles de kilos, desde el 2007 al 2010 (Rodríguez 2018).

1.1.2. Propiedades del jamón curado

El jamón curado se obtiene de las patas traseras del cerdo, las cuales son sometidas a un proceso tecnológico en el que la sal tiene un papel fundamental. Esto confiere unas propiedades que divergen de las de la carne fresca (FEN 2018). Los cambios fundamentales que tienen lugar durante el proceso de secado afectan principalmente a las grasas y proteínas; durante el proceso se generan componentes aromáticos y sápidos como aldehídos, cetonas, ésteres, éteres y otros. La cobertura muscular de la pieza se oscurece y la carne del interior obtienen mayor brillo e intensidad de color. Finalmente, en relación

con la textura las fibras musculares, estas pierden rigidez y fibrosidad, por lo que el resultado es una carne más suave y pastosa.

Al jamón se le atribuyen una serie de propiedades saludables, recogidas en una declaración hecha por la interprofesional porcina de España (Interporc 2018), entre las que se destacan las siguientes:

- Alto contenido de proteínas, lo que se relaciona positivamente con la conservación y mantenimiento de los huesos y músculos.
- Alto contenido en fósforo, componente indispensable en el metabolismo energético y para el correcto funcionamiento de las membranas celulares y el mantenimiento de huesos y dientes.
- Alto contenido en hierro, que contribuye al correcto funcionamiento del sistema inmunitario y al transporte de oxígeno, lo que tiene a su vez efectos sobre la función cognitiva y la disminución de la fatiga. Al ser hierro de origen animal, la asimilación de este es mayor.
- Fuente de potasio, necesario para el correcto funcionamiento del sistema nervioso y de los músculos, además de mantener la tensión arterial normal.
- Alto contenido en selenio, el cual contribuye al mantenimiento de las uñas y el cabello, también a una espermatogénesis normal, el correcto funcionamiento del sistema inmunitario y las tiroides y la protección de las células frente al daño oxidativo.
- Alto contenido en zinc, el cual tiene un rol destacado en la síntesis de ADN, la fertilidad y la reproducción, entre un gran número de beneficios.
- Alto contenido en vitamina B1, B3, B6 y B12, que contribuyen al sistema nervioso, a la función psicológica y al metabolismo energético.
- Fuente de vitamina B2, también con un papel importante en el adecuado funcionamiento del sistema nervioso, las funciones cognitivas y al metabolismo energético normal.

Su alto contenido proteico ($\approx 30\%$), incluyendo aminoácidos esenciales, le atribuye una elevada digestibilidad y está relacionado con la prevención de enfermedades óseas como la osteoporosis. El contenido de lípidos es variable, con valores medios de alrededor del 13% (FEN 2018). Como aspecto particularmente positivo, tanto desde la perspectiva

sensorial como nutricional, el jamón tiene una elevada proporción de grasas monoinsaturadas, que contribuyen a disminuir los niveles de colesterol ligados a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) sin reducir las lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Gillingham et al., 2011), cuya función consiste en el transporte del colesterol de los tejidos hacia el hígado y reduce el riesgo de las enfermedades cardiovasculares. El contenido en agua ronda el 56 %, aunque es menor en jamón ibérico que en jamón procedente de cerdo blanco, probablemente debido a la mayor duración de los procesos de curado. El contenido de sodio es elevado ($\approx 1.11\%$), lo supone el principal elemento negativo del jamón, siendo este un factor que se debe tener en cuenta por la población que padezca hipertensión y problemas cardiovasculares.

1.1.3. Características de la raza Duroc y eficiencia en la producción

La raza Duroc tiene su origen en Estados Unidos. Actualmente está ampliamente distribuida por Europa y en España su presencia destaca en Extremadura, Aragón y Cataluña (MAPAb 2018). El censo actual en España es de 24.768 animales, con una presencia del 54,76% en Cataluña, repartidos en 11 granjas de 23 que hay a nivel nacional (MAPAb 2018).

La raza Duroc se emplean de distintas formas dentro de los distintos esquemas productivos que puedan darse.

En el norte de Europa, particularmente en Dinamarca, es habitual que se emplee como macho finalizador para aparear cerdas cruzadas de razas blancas (Landrace x Large White), las líneas Duroc que se usan en este contexto son animales en los que en el proceso de selección se ha hecho mucho esfuerzo para reducir el contenido de grasa de cobertura, mejorándose mucho la eficiencia en el uso del alimento (Danbred 2019).

En los esquemas de producción porcina españoles lo habitual es que los animales que actúan como machos finalizadores sean cerdos de origen Pietrain, fuertemente seleccionados para mejorar su índice de conversión. A pesar de ello, una cierta producción se finaliza con semen de líneas Duroc, en este caso las poblaciones tienen su origen generalmente en programas de mejora de Estados Unidos, y se caracterizan por un grado de infiltración grasa mucho mayor, ya que lo que se pretende es producir productos cárnicos de una mayor calidad (UPB Genetic World 2019, PIC 2018).

Además de estos usos en cruzamiento con cerdo blanco, líneas Duroc se emplean en la producción de productos Ibéricos cruzados, es la base de la producción de los productos ibéricos de cebo. En este caso lo deseable en estas poblaciones es que conserven un elevado grado de infiltración grasa, pero que den lugar a jamones y paletillas con una morfología cercana a la del ibérico en pureza, por ejemplo, en las líneas Duroc empleadas para cruzar con ibérico es muy importante reducir el diámetro de la caña.

Otro sistema de producción en el que las líneas de origen Duroc tienen una relevancia importante es la producción en pureza. La población objeto de estudio en este trabajo se desarrolló en su día para atender este sector. En este esquema de producción lo que se pretende es obtener productos cárnicos, tanto frescos como elaborados, con una calidad diferenciada de los que se puedan obtener con esquemas basados en cerdo blanco.

De forma anecdótica, se debe señalar que la empresa que proveyó de material para este estudio (Batallé), además de la línea especializada en producción en pureza, dispone de otra línea Duroc diferente, aunque con el mismo origen, que desde hace unos 10-15 años se selecciona como línea maternal, para usarse como madre de una hembra cruzada, que se comercializa a granjas de producción.

1.2. Calidad jamón curado y relación con otras variables

La calidad de los alimentos no tiene una definición exacta, pero según la norma ISO 8402 se puede definir como el conjunto de características de una entidad (alimento) que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades reales, implícitas o explícitas de los consumidores. El estado debe dar garantías de la inocuidad del producto, que el contenido se corresponda con la oferta que presenta el etiquetado, es decir, su genuinidad y también de sus condiciones nutricionales. Por otro lado, hay aspectos comerciales como el tamaño, el color y la textura que también se debe asegurar al consumidor que son los deseados o propios de un producto.

Es por eso por lo que, para asegurar la calidad, se subdivide en varios tipos, de forma que se es más riguroso al asegurar cada una de ellas. Una de las clasificaciones recoge la calidad sensorial u organoléptica, la nutricional, la higiénica y la calidad del servicio.

1.2.1. Aspectos de calidad sensorial del jamón curado

La calidad sensorial es la variante más subjetiva de calidad, puesto que se basa en las propiedades organolépticas en las que se incluye la parte visual, olfativa, gustativa, el tacto e incluso el sonido. Cabe destacar el término *flavor*, que se encuentra estrechamente relacionado, considerándose el resultado de la combinación de todas las sensaciones percibidas en las cavidades bucal y nasal, tales como el aroma, el sabor y las sensaciones táctiles. Dentro de sensorial, también se incluyen las propiedades digestivas, que hacen referencia a aquello que se experimenta una vez ingerido el alimento, por ejemplo, la pesadez, la plenitud, el placer, entre otros estados.

La calidad del jamón curado se ve afectada por la calidad de la materia prima, i.e. jamones frescos empleados y, adicionalmente, por ciertos aditivos, como la sal, que se puedan emplear en el proceso tecnológico. Asimismo, tanto el propio proceso tecnológico como las condiciones de almacenamiento pueden ser también factores importantes en determinar la calidad de un jamón, en particular porque ciertos factores ambientales, como la temperatura, pueden ejercer un efecto muy importante. La materia prima principal en la producción de jamones es la carne de cerdo y hay diversos factores que influyen en su calidad, como pueden ser su crecimiento, el tipo de alimentación, la raza, el nivel de ejercicio físico, o los niveles de estrés durante su vida, en el transporte hasta el matadero o al sacrificio (FAO 2001).

Para conocer la calidad final del producto se realizan sesiones de cata. En este proyecto se ha realizado una caracterización sensorial con panelistas que previamente han sido entrenados y que son capaces de determinar con mayor exactitud los atributos de textura y flavor, de forma que son capaces de asociar una escala en función de la intensidad en la cual está presente un atributo en cada muestra y otorgar una valoración general.

Los atributos sensoriales que se suelen considerar para definir la calidad del jamón curado en un panel de caracterización sensorial se describen a continuación:

Atributos de textura:

- Adhesividad: Grado en que la superficie del músculo del jamón curado se adhiere al paladar cuando se comprime con la lengua;
- Dureza: Cantidad de presión requerida para comprimir completamente la muestra;

- Desmenuzabilidad: Se refiere a la facilidad con la que una muestra puede romperse en partículas más pequeñas durante la masticación;
- Fibrosidad: Cantidad de fibras musculares detectadas durante la masticación;
- Fusión: Sensación de fusión durante la masticación de la muestra;
- Coquera: Sabor desagradable asociado con el olor de una bodega de vinos mal ventilada. Este sabor se suele producir en casos de excesiva proteólisis (descomposición de las proteínas con productos típicos de putrefacción como el ácido sulfhídrico, indol, escatol, aminas biogénicas o amoníaco). Otra consecuencia de esta proteólisis será que la zona afectada por ella se volverá negra y pastosa. La proteólisis excesiva se debe a la acción de microorganismos anaeróbicos proteolíticos o microaerófilos y suele producirse cerca del hueso o de venas (Bello 2012);
- Pastosidad: Una desagradable sensación de pasta detectada en los jamones con un alto índice proteolítico;

Atributos de *flavor*:

- Amargor: Sensación de sabor fundamental provocada por cafeína y L-triptófano;
- Añejo: Sabor agradable relacionado con la grasa envejecida, que es característico del jamón curado español de larga edad que está parcialmente sin piel y que tiene la forma típica de V;
- Curado: Conjunto de matices de sabor agradables característicos de los productos cárnicos curados en seco no descritos por otros atributos de sabor;
- Dulce: Sensación de sabor fundamental provocada por el azúcar;
- Metálico: Sabor similar a una solución de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ de sulfato ferroso;
- Picante: Sensación de picazón en la boca y garganta;
- Salado: Sensación de sabor fundamental provocada por NaCl;
- Umami: Agradable sensación de sabor fundamental provocada por glutamato de sodio.

Valoración global:

- Aceptabilidad: Valoración hedónica del grado de aceptación sensorial general de la muestra. A diferencia de los anteriores atributos, en una caracterización sensorial realizada por un panel de catadores esta valoración representa la opinión personal de catadores entrenados.

1.2.2. Factores asociados a la calidad del jamón curado.

1.2.2.1. Grasa intramuscular y composición de ácidos grasos.

Los cerdos acumulan grasa en varios depósitos, como el subcutáneo, perirenal, visceral, intermuscular, pero el intramuscular es un foco de relevancia en las investigaciones científicas y en los productos curados de calidad (Reixach 2019) por su influencia en la aceptabilidad del consumidor. Es debido a que interviene en la palatabilidad de la carne puesto que afecta a la textura, jugosidad y sabor. El valor mínimo de grasa intramuscular (GIM) que se recomienda para favorecer la aceptabilidad de la carne se encuentra entre 2,2% y 3,4% (Toldrá 2016).

La GIM está compuesta por fosfolípidos, triglicéridos, ésteres de colesterol y ácidos grasos libres. Se encuentra en los lípidos de las fibras y en el tejido adiposo dentro de los fascículos musculares. En ambos lugares existen triglicéridos, pero el mayor depósito de estos lípidos está en el área interfascicular. Cabe resaltar que el contenido de triglicéridos es el mayor responsable de las variaciones en el contenido de GIM (Orno 2016).

Los ácidos grasos son moléculas formadas por largas cadenas hidrocarbonadas lineales que en su extremo presentan un grupo carboxílico (-COOH). Según el número y tipo de enlaces los podemos clasificar como:

- Ácidos grasos saturados o *Saturated fatty acids* (SFA): Presentan enlaces simples entre los átomos de carbono. Ofrece un *flavor* agradable para el consumidor, pero por el contrario puede incidir de manera negativa sobre su salud cardiovascular debido a que el consumo en la dieta de los SFA incrementa la concentración de LDL.
- Ácidos grasos insaturados o *Unsaturated fatty acids* (UFA): Presenta uno o varios enlaces dobles o triples en la cadena hidrocarbonada. Dentro de este grupo podemos hacer dos subdivisiones.
 - Ácidos grasos poliinsaturados o *Poliunsaturated fatty acids* (PUFA): Presentan más de un doble enlace insaturado. Cabe destacar el omega 3 y el omega 6. El exceso de los PUFA puede traer afectaciones negativas en el color de la carne y un sabor rancio.

- Ácidos grasos monoinsaturados o *Monounsaturated fatty acids* (MUFA): Presentar tan solo un doble enlace. El ácido oleico es el principal monoinsaturado en carne de cerdo (Wood 2017).

Las proporciones relativas entre ácidos grasos saturados e insaturados tiene una influencia importante en la calidad del producto, pues estas proporciones se sabe que influyen en el *flavor* y la textura del mismo. Esto es debido a que la relación saturados/insaturados tiene un papel fundamental en la estabilidad oxidativa del músculo y la firmeza de la grasa. Desde el punto de vista de la salud cardiovascular en los humanos la proporción de poliinsaturados respecto a los saturados (PUFA:SFA) que se considera beneficiosa debe ser como mínimo 0.4. En la carne de cerdo este valor se suele alcanzar fácilmente y suele ser mayor que en otras carnes de nuestra dieta (Campo & Sierra 2011).

1.2.2.2. Asociación entre el rendimiento productivo y la calidad de la carne

El rendimiento o la eficiencia en la producción nos permite obtener un producto de igual calidad a un coste menor. Una de las formas más interesantes es mejorando la eficiencia en la alimentación del ganado, de tal forma se consigue un mayor crecimiento con un coste e impacto ambiental menor. Para ello contamos con algunos índices, como la ingesta residual de alimento (*residual feed intake*, RFI) que muestra la diferencia entre lo que el individuo ingiere y el requerimiento esperado de alimento en función de las necesidades de mantenimiento y crecimiento del animal (Fan et al. 2010).

Los animales con una RFI baja, es decir, los más eficientes, los que no consumen cantidades mucho mayores a las de sus necesidades, parece ser que muestran efectos negativos en la calidad de la carne. En estos individuos se aprecia una disminución del pH final, de la intensidad de color de la carne fresca y una mayor pérdida por goteo, además de presentar carcasas más delgadas. La causa de ello reside en el aumento de la proporción de fibras IIBW (no oxidativas), miofibrillas y el potencial glucogénico del músculo y junto con la disminución del contenido de GIM puesto que tienen incidencia negativa en la capacidad de retención de agua (*water-holding capacity*, WHC), en el *flavor*, la jugosidad y la textura (Lefaucheur et al. 2011, Lefaucheur et al. 2004). Por lo tanto, en individuos eficientes se favorece la masa muscular, pero se disminuye la GIM que es tan relevante para la calidad y aceptabilidad de la carne de cerdo.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es determinar los distintos parámetros y caracteres productivos que intervienen en la calidad del jamón curado.

Para ello, se abordarán los siguientes objetivos específicos

- Determinar la influencia de los caracteres de crecimiento y deposición de grasa durante el cebo sobre la aceptabilidad general del jamón curado.
- Determinar la influencia de los caracteres físico-químicos de la carne sobre las características sensoriales y la aceptabilidad general del jamón curado.
- Determinar la asociación y el peso específico de los distintos atributos de calidad sensorial en la aceptabilidad general del jamón curado.
- Determinar la influencia que el factor lote pudiera tener en la definición de las asociaciones previamente señaladas.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material Animal y variables registradas

Todos los datos recopilados en este trabajo se generaron en el marco de diversos proyectos de investigación que tenían como objetivo general el estudio del determinismo genético del metabolismo lipídico en porcino y su relación con la calidad de la carne y del jamón curado. Estos proyectos son: LIPGEN (AGL2002-04271-C03) y LIPGENCAL (AGL2007-66707-C02). El enfoque del presente trabajo final de máster (TFM) es diferente, y no hay estudios genéticos/genómicos previstos.

Los animales objeto de estudio proceden de una de una línea comercial Duroc, destinada a la producción de jamón curado de calidad. La línea es propiedad de la empresa Selección Batallé S.A. La población experimental considerada procede de 5 machos apareados inicialmente con 400 hembras, de estos apareamientos se obtuvieron 350 lechones, los cuales fueron castrados antes del destete. Estos lechones, en el momento del destete, con 22 días aproximadamente, fueron enviados al *Centre d'Avaluació del Porcí* (CAP – IRTA, Monells, Girona).

Tras la recría de los lechones, cuando alcanzaron aproximadamente 60 días de vida y unos 20 Kg de peso vivo se inició el proceso de engorde o cebo y con él la toma de datos en el CAP. Durante el engorde la alimentación se basó en una dieta comercial estándar, ajustada para satisfacer las necesidades de los animales en las distintas fases de crecimiento. Definida en dos períodos, en el primer período de engorde, hasta los 90 kg de peso vivo y aproximadamente los 150 días de edad, se alimentaron con una dieta con 18% de proteína, 3.8% de fibra, 7.0% de grasa, 1.0% de lisina y 0.3% metionina *ad libitum*. Esto equivale a una concentración neta de energía de 2.450 kcal/kg. Durante el último período de engorde, que corresponde con los últimos 30–40 días antes del sacrificio, los animales se alimentaron con una dieta con 15.9% de proteína, 4.5% de fibra, 5.2% de grasa, 0.7% de lisina y 0.2% de metionina *ad libitum*. Esto equivale a una concentración neta de energía de 2.375 kcal/kg (Gallardo 2008).

Durante la fase de crecimiento y cebo se registraron en los animales cada 2-3 semanas el peso vivo y el espesor de tocino dorsal, este último usando técnicas de ultrasonidos (PIGLOG 105, SFK-Technology). Asimismo se hizo uso de los equipos de control automático de ingesta (Insentec, Markenese, The Netherlands) con los que está equipado

el CAP; estos equipos permitin conocer el consumo diario de cada uno de los animales en control. A partir de estos datos inicialmente registrados se calcularon los siguientes caracteres productivos: la ganancia media diaria (GMD), el consumo medio diario (CMD), RFI y el índice de transformación de alimento o *feed conversion ratio* (FCR). Por otro lado se obtuvieron las concentraciones séricas de lípidos en dos edades a partir de extracciones de sangre realizadas a los 45 y los 190 días de edad. Las muestras se llevaron a analizar al laboratorio de Análisis Clínicos del Hospital de Palamós en Girona, donde se determinaron las concentraciones de colesterol total, HDL, LDL y la concentración total de triglicéridos.

Cuando los animales alcanzaron entre 174 y 210 días de edad (con una media de 190 d de edad y 122 kg de peso vivo), fueron transportados del centro de control a un matadero comercial en condiciones estándar de bienestar animal. Se evitaron situaciones de estrés de forma que no repercutiese en la calidad del jamón curado. El aturdimiento fue mediante descarga eléctrica, puesto que es el procedimiento que tiene una menor repercusión en la calidad del producto final (Dalmau et al. 2009). Los animales se pesaron y se les midió la grasa dorsal *in vivo* el día antes del sacrificio, y una vez sacrificados se tomaron registros relativos a las características de canal: el peso de la canal, el rendimiento de la canal (%), la grasa dorsal a la altura del jamón (medida con regleta), el peso del jamón, el porcentaje de magro, la grasa dorsal y el espesor de lomo entre la 3ª y 4ª costilla; estas tres últimas variables se tomaron mediante AutoFOM. Aproximadamente 30 min después del sacrificio se tomaron muestras de ~200 gramos de músculos *longissimus dorsi* (LD) y *gluteus medius* (GM) para determinar en ambos músculos el contenido de GIM mediante NIT (Infratec® 1625, Tecator Hoganas, Suecia), la composición de ácidos grasos (intervalo C:12 a C:22) mediante cromatografía de gases de ésteres metílicos (March et al., 2006), y el contenido de colesterol del músculo según Cayuela et al. (2003); estas cuantificaciones se realizaron en el grupo de Calidad de Producto del IRTA (Monells). A partir de las mediciones de ácidos grasos se calcularon otras variables como el contenido en SFA, UFA, MUFA y PUFA; este último grupo incluiría los ácidos grasos omega 6 y omega 3, que igualmente se definieron como variables objeto de estudio. Además se calcularon los siguientes índices: ratio omega 6/omega 3 y ratio PUFA/MUFA. Finalmente en la sala de despiece, 24h después del sacrificio, se tomaron distintas medidas físico-químicas: la conductividad eléctrica (CE), el pH final y las tres mediciones

Minolta del color de la carne (L^* , a^* y b^*) en los músculos LD y GM. Asimismo, también se tomaron medidas del grosor de grasa dorsal con regleta en distintos puntos.

Una vez hecho el despiece de las canales se hizo un especial seguimiento de jamón en fresco antes de iniciar el proceso de curado, anotándose el peso del jamón en fresco. El proceso de curado constó de cuatro etapas durante las cuales se garantizó la trazabilidad de cada pieza al animal del que procedía; igualmente este proceso de trazabilidad se siguió en los posteriores análisis del producto final y durante los paneles de cata para la evaluación sensorial. El proceso de curado de los jamones requirió entre 24 y 26 meses.

La primera etapa del curado corresponde a la de salazón, en la que los jamones se cubrieron de sal entre 10 y 14 días a 2°C de temperatura.

La segunda etapa es la de reposo, en la cual el jamón se dejó secar durante 3 meses a un rango de temperatura de entre 3 y 10°C.

La tercera etapa es la primera fase de maduración, en esta el jamón se mantuvo durante 6 meses a temperaturas de entre 9 y 10°C.

La cuarta etapa es la última fase de la maduración, su finalidad es que el jamón llegue a perder un tercio de su peso inicial, para ello, se dejó reposar entre 15 y 16 meses a temperatura ambiente.

Tras todo el proceso de curado finalmente se obtuvieron 309 jamones para los que registraron su peso, lo que permitió obtener el porcentaje de merma. Una vez finalizado el curado de los 309 jamones su conservación hasta el análisis sensorial de los mismo se hizo siguiendo los procedimientos estándar de conservación de este tipo de producto cárnico curado.

Para acabar se obtuvieron los datos del análisis sensorial a partir de una muestra central de cada jamón de entre 5 y 7 cm de espesor (entre la sección A y B de la Figura 3). En esta muestra se evaluaron de forma independiente dos músculos: *biceps femoris* (BF) y *semimembranosus* (SM), aunque en el presente trabajo únicamente se analizará el primero de ellos.

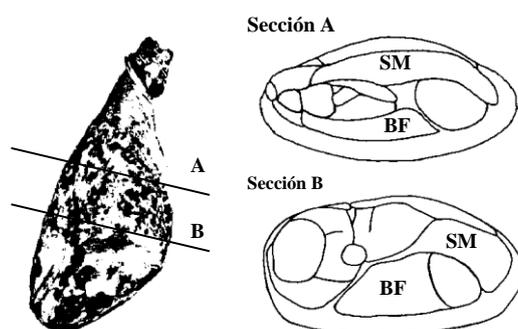


Figura 3. Sección y localización de los músculos de los que se tomaron las muestras para analizar en el panel de cata (sección B).

La evaluación sensorial se hizo a partir de los 309 jamones curados que se obtuvieron. El lugar donde se llevó a cabo el perfil sensorial cuantitativo descriptivo de los jamones fue el *Centre de Tecnologies dels Aliments* del IRTA, puesto que dispone del personal y las infraestructuras necesarias para poder abordar el análisis.

Se realizaron 76 sesiones de degustación y de valoración de caracteres visuales. En cada sesión participaban seis catadores entrenados de acuerdo con las normas UNE, se analizaban 3, 4 o 5 jamones por sesión, pertenecientes a un mismo lote. Cada catador evaluó, de cada jamón, dos lonchas de 2 mm espesor. Una loncha para los atributos de aroma y sabor, evaluando por separado los músculos BF y SM. La otra para la textura, en la cual se dobló cada músculo en cuatro partes. La escala de puntuación utilizada era de 10 puntos, siendo 0 la ausencia o mínima intensidad del atributo y 10 perteneciendo a la máxima intensidad del atributo.

3.2. Métodos estadísticos

3.2.1. Análisis descriptivo

En primer lugar se hizo un análisis descriptivo utilizando un paquete de R llamado *ggplot2*, el cual se basa en la gramática de gráficos, es decir, que cualquier gráfico puede expresarse a partir de un conjunto de datos, un sistema de coordenadas y un conjunto de geoms, que determinan la representación visual de los datos y permiten pensar en la figura como si fuese un conjunto de capas (Harris et al. 2018). Así podemos crear gráficos más personalizados y específicos.

Se han analizado todas las variables de las que disponemos en relación con la aceptabilidad general del jamón, evaluada en una muestra tomada del músculo BF. Esto

se ha hecho mediante gráficos de dispersión y con diagramas de cajas, utilizando el lote como factor clasificador. Los resultados de los diagramas de cajas se han empleado para la declaración de outliers, todos aquellos registros que quedaban fuera de las patillas de las cajas (a más de 3 desviaciones típicas de la media) se han eliminado. En los resultados se presentarán los gráficos de dispersión con los registros anómalos (*outliers*) descartados.

En los gráficos de dispersión se ha añadido dentro de cada lote una línea de tendencia que se ha ajustado empleando un método no paramétrico de regresión local llamado lowess, este ajuste no paramétrico se implementa directamente en las funciones de graficado que se emplean.

A parte de los gráficos, se han calculado varios estadísticos descriptivos para las distintas variables objeto de estudio: media, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo, mediana y máximo. Además de esto se ha contado el número de registros analizados para cada variable, así como el número de registros faltantes o declarados como datos anómalos en el proceso de eliminación de los mismos. El número total de individuos del que se partía era de 358, pero según el tipo de variable, por diversos motivos este número puede reducirse. Por ejemplo, relativo a las variables del jamón no para todos los individuos se han obtenido jamones, en otros casos, como se ha indicado, la reducción se debe a que hay registros que se declaran como anómalos –excesivamente extremos- con arreglo a la dispersión que se observa en la variable.

3.2.2. Análisis univariados de asociación entre la aceptabilidad de una muestra del BF y el resto de variables registradas.

Inicialmente la asociación entre los distintos caracteres registrados y la aceptabilidad global medida en una muestra del BF se estudió mediante el ajuste de dos modelos de regresión lineal múltiple. Ambos implementados con la función `lm()` de R. Estos modelos de regresión se han ajustado sobre un conjunto de datos del que previamente se han eliminado los registros anómalos. En ambos modelos la variable dependiente siempre es la aceptabilidad y se aplicaron 57 veces, una para cada una de los caracteres estudiados, como caracteres explicativos de la aceptabilidad.

Las ecuaciones de estos modelos de regresión son las siguientes:

$$y_{ij} = L_j + \beta * x_i + e_{ij} \quad [1]$$

$$y_{ij} = L_j + \beta_j * x_i + e_{ij} \quad [2]$$

Donde y_{ij} representaría el i -ésimo registro de aceptabilidad, tomado en el lote j , que se explicaría por el propio efecto de lote (L_j) y la regresión lineal sobre el valor de la característica explicativa (x_i) que en ese momento se esté estudiando. En el modelo [1] la regresión lineal es única (β), mientras que en el modelo [2] se trata de una regresión anidada dentro de lote, y por tanto habrá tantos coeficientes de regresión como lotes (β_j). El modelo [2] reconoce que puede existir variación entre lotes en la forma en la que se relacionan los distintos caracteres explicativos y la aceptabilidad. Tanto para el modelo [1] como para el modelo [2] se ofrecen en las tablas de resultados las estimas de los efectos de los coeficientes de regresión. Además, para el modelo [1] también se reporta tanto el coeficiente de determinación de la regresión, que informa de la calidad del ajuste, y como el p -valor de un prueba t , que determina la significación estadística del propio coeficiente de regresión lineal de este modelo.

Ambos modelos se comparan en un análisis de varianza para determinar si la consideración de una regresión diferente dentro de cada lote es preferible frente a asumir una única y común para todos los lotes. Esta comparación se ha hecho usando la función `anova()` de R, y en las tablas de resultados se ofrecen los p -valores de este test `anova`.

3.2.3. Análisis multivariante de asociación entre la aceptabilidad de una muestra del BF y el resto de variables registradas.

Para el estudio multivariante de asociación entre todas las variables explicativas, de los distintos tipos: Productivas, del Panel, características fisico-químicas de la carne, bioquímicas del plasma, etc y la aceptabilidad global del jamón se han empleado distintas técnicas de mínimos cuadrados parciales (PLS: Partial Least Square).

En primer lugar, usando como variable dependiente los registros originales de aceptabilidad en el BF se ajustaron 2 modelos sPLS (sparse Partial Least Square), esta técnica permite seleccionar las variables que mejor explican de forma conjunta la variable dependiente. Los 2 modelos se construyen partiendo de distintos conjuntos de variables explicativas: i) Incluyendo solo las relativas al panel de cata y ii) Considerándolas todas

excepto las relativas al panel de cata. La implementación de estos modelos sPLS se hizo de dos formas diferentes, en primer lugar, considerando todos los datos registrados en el estudio y determinando cuáles eran las variables que en cada modelo sPLS se retenían. Para visualizar los resultados, los datos originales se proyectaron en el espacio definido por las variables y los componentes sPLS seleccionados con cada modelo, escogiéndose finalmente las dos primeras dimensiones de ese espacio para visualizar la distribución de los datos con arreglo a su valor de aceptabilidad. Antes de realizar la proyección, y con el fin de presentar en ese espacio todos los registros disponibles, se hizo una imputación de los datos faltantes de cada variable explicativa, asumiendo como valor de los datos faltantes la media de la variable. En segundo lugar, se implementó un esquema de validación cruzada para evaluar la capacidad predictiva de los tres modelos sPLS propuestos. De este esquema se realizaron 100 réplicas, y en cada una de ellas se dividió la base de datos en 4 subconjuntos, de forma que entre los distintos subconjuntos no hubiera ningún dato en común. Posteriormente se realizaron 4 análisis dejando cada vez un subconjunto como datos de validación, por lo tanto, haciéndose cada uno de los ajustes del modelo con $\frac{3}{4}$ de los datos. Una vez ajustado el modelo, el conjunto de datos de validación se empleó para determinar la capacidad predictiva del modelo, esto se hizo analizando la correlación entre los datos observados y los predichos, dentro de cada réplica, al tratarse de análisis independientes pues no hay datos en común entre los cuatro conjuntos de entrenamiento, se promediaron los 4 valores de correlación entre datos observados y predichos, esto es una medida de precisión de la predicción. Cada una de estas medias de precisión de la predicción, a lo largo de las 100 réplicas se retuvieron y por lo tanto se puede presentar un histograma de los valores de las mismas, de forma que podemos determinar una precisión promedio, así como su rango de variación. De igual forma se puede analizar la distribución, entre réplicas, de las proporciones (de entre los 4 análisis hechos en cada una de las réplicas), que las distintas variables explicativas son elegidas como predictores.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo

4.1.1. Atributos sensoriales

En la tabla 1 se muestran los principales estadísticos descriptivos de las variables de flavor y textura de los aproximadamente 300 jamones caracterizados organolépticamente por el panel de catadores expertos, así como la aceptabilidad general o valoración hedónica, todos ellos medidos en una escala del 0 al 10. La tabla se encuentra ordenada por un lado por aceptabilidad general, en la primera fila. Por otro lado, por textura desde la segunda fila hasta la octava y finalmente el *flavor*, que incluye aroma y sabor, desde la novena a la decimosexta. Se puede apreciar que el carácter con mayor variabilidad es la pastosidad y el que menos variación presenta es precisamente el carácter principal en nuestro estudio, la aceptabilidad general, con un valor de coeficiente de variación de 0.11.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las valoraciones del panel de catadores a los atributos sensoriales del jamón a partir de muestras del músculo *biceps femoris*.

PANEL CATA:	mean	sd	cv	mínimo	mediana	máximo	N analizados	N no considerados
VALORACIÓN GLOBAL								
Aceptabilidad	5.48	0.63	0.115	3.25	5.5	6.98	302	56
TEXTURA								
Adhesibilidad	1.22	0.57	0.464	0	1.21	3.06	302	56
Dureza	3.36	0.44	0.130	2.16	3.34	4.5	303	55
Desmenuzabilidad	5.13	0.44	0.085	3.8	5.15	6.17	305	53
Fibrosidad	2.21	0.38	0.174	1.39	2.16	3.5	297	61
Fusión	1.77	0.51	0.286	0.62	1.78	3.14	300	58
Pastosidad	0.75	0.51	0.683	0	0.63	2.75	289	69
FLAVOR								
Amargo	1.06	0.31	0.288	0.45	1.06	2.07	300	58
Añejo	1.76	0.64	0.361	0.12	1.705	3.5	304	54
Curado	3.98	0.72	0.182	1.45	4.11	5.44	302	56
Dulzor	1.30	0.31	0.242	0.6	1.25	2.32	308	50
Metálico	0.70	0.35	0.506	0	0.71	1.75	298	60
Picante	1.59	0.32	0.203	0.75	1.58	2.34	306	52
Salado	3.49	0.80	0.229	2	3.34	5.63	307	51
Umami	1.70	0.51	0.297	0.4	1.845	2.56	306	52

De la tabla 1, además de los valores medios, es relevante apreciar que para los distintos caracteres se analizan aproximadamente 300 datos, descartándose debido a que se

consideran datos anómalos, o simplemente que no se registraron, entre 50 y 69 registros, dependiendo del carácter.

En las figuras 4 y 5 se pueden apreciar, para cada lote, la tendencia bruta entre las variables de textura y *flavor*, y la variable aceptabilidad general del bíceps femoral. Esta representación gráfica se ha hecho para determinar visualmente y de forma aproximada si existen diferencias en la forma de la relación entre las variables para los distintos lotes. Con respecto a los caracteres de textura (figura 4), se aprecia un patrón de relación con la aceptabilidad bastante homogéneo entre lotes. Por el contrario, para algunos caracteres de *flavor* (curado, dulce, metálico y umami), el patrón del lote 1 es muy diferente de los otros. Es por este motivo por lo que posteriormente se presentarán resultados del análisis de regresión anidada a lote. Igualmente, las figura 4 y 5 también nos informan de si la tendencia en la relación entre los atributos de *flavor* y textura y la aceptabilidad son positivas o negativas. Con respecto al *flavor* hay variables con una asociación positiva (dulce, añejo, curado y umami), y otras con tendencia negativa (amargo, salado, metálico y picante). Para las variables de textura la tendencia es más difusa, pero se podría interpretar que las relaciones entre aceptabilidad, desmenuzabilidad y fusión son positivas, mientras que con la pastosidad la relación es negativa. Todas estas tendencias se estudiarán posteriormente de forma cuantitativa al explorar los resultados de los modelos de regresión.

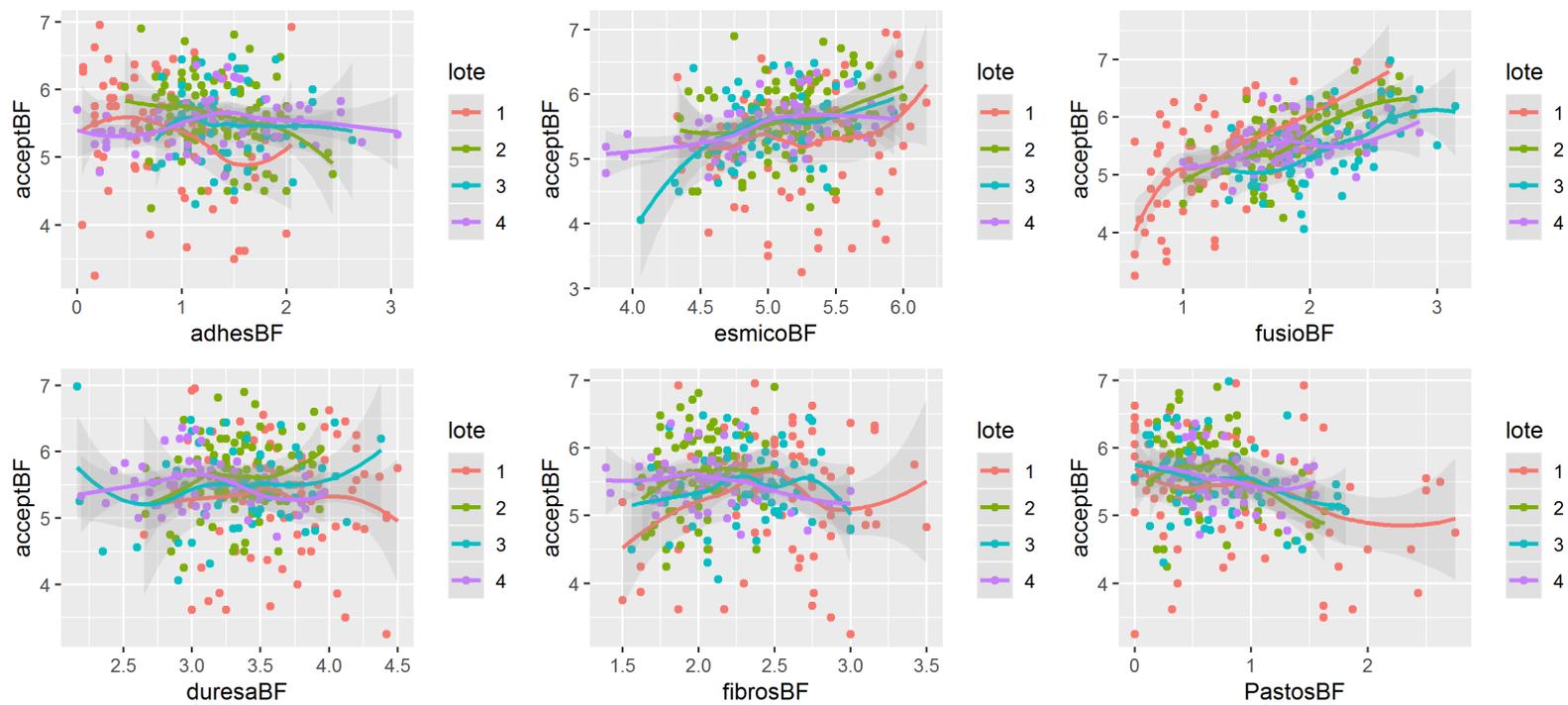


Figura 4. Gráfico de puntos de las variables de textura comparadas con la aceptabilidad de *bíceps femoris*.*

*Las abreviaturas que aparecen en esta figura se refieren a los siguientes caracteres: adhesBF=Adhesividad en *bíceps femoris*, esmicoB=desmenuzabilidad en *bíceps femoris*, fusioBF= fusión en *bíceps femoris*, duresaBF=dureza en *bíceps femoris*, fibrosBF= fibrosidad en *bíceps femoris*, PastosBF=pastosidad en *bíceps femoris*.

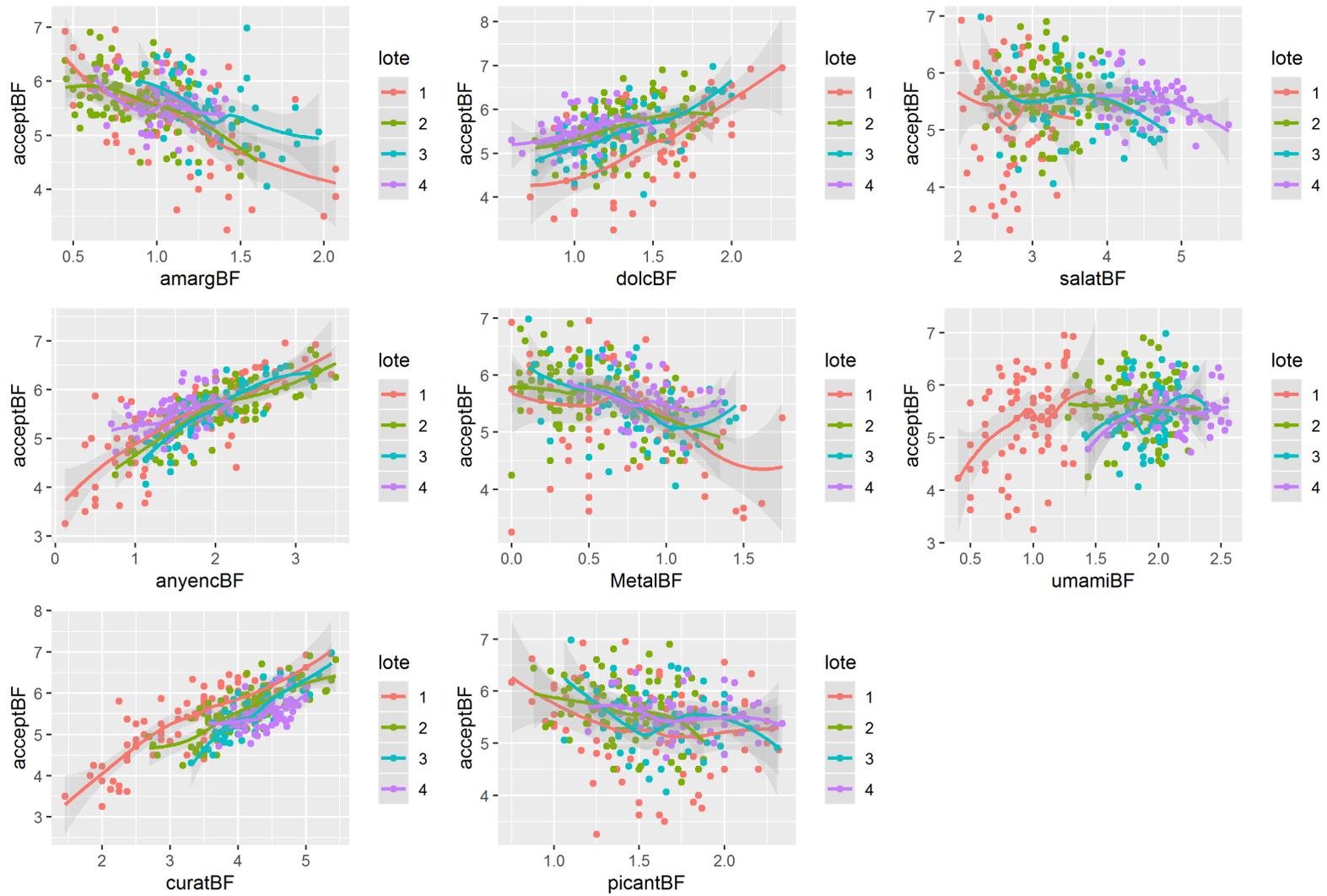


Figura 5. Gráfico de puntos de las variables de flavor comparadas con la aceptabilidad de *bíceps femoris*.*
 * Ver lista de abreviaturas en el Anexo 1.

4.1.2. Caracteres productivos

Para este grupo de caracteres los resultados descriptivos (Tabla 2) más relevantes son por un lado el relativamente alto índice de conversión promedio que presenta la muestra de animales analizada, y por otro el elevado espesor de tocino dorsal de los animales en estudio. Ambas características son un claro indicativo de que la población bajo estudio tiene un elevado nivel de engrasamiento, puesto que está destinada a la producción de jamones de elevada calidad en un sistema de producción en el que la eficiencia de la producción juega un papel secundario. En la tabla 2 se puede apreciar igualmente cómo para los caracteres productivos casi todos los animales considerados en el experimento tienen registro.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los caracteres productivos.

PRODUCTIVOS:	mean	sd	cv	mínimo	mediana	máximo	N analizados	N no analizados
Peso a 90d (kg)	35.49	6.49	0.183	16.565	35.965	48.914	353	5
Grasa dorsal a 90d (mm)	6.01	2.27	0.378	-0.922	6.066	11.237	353	5
Peso a 180 d (kg)	116.26	11.51	0.099	82.334	118.102	145.932	351	7
Grasa dorsal a 180d (mm)	22.38	4.12	0.184	10.951	22.05	33.598	349	9
Crecimiento (kg/día)	0.90	0.09	0.100	0.605	0.902	1.132	346	12
Consumo diario (kg/día)	2.82	0.36	0.129	1.75	2.8525	3.841	350	8
Índice de Conversión (kg alimento/kg crecimiento)	3.14	0.26	0.083	2.343	3.144	3.841	341	17
Consumo residual (RFI)	0.00	0.15	37.129	-0.369	0.004	0.408	345	13

En la figura 6 se representa gráficamente asociación de estos caracteres productivos con la aceptabilidad general. Cabe señalar que no se ven tendencias claras para ninguno de los caracteres analizados, salvo quizás para el peso a los 90 días de vida, para el que la tendencia es negativa. De forma general, al igual que para los caracteres del panel, parece observarse una cierta variación en la relación entre los distintos lotes; particularmente asociada esta variación con un comportamiento diferente del lote 1 con respecto al resto de los lotes. Los animales del lote 1 parecen tener valores de aceptabilidad más variables que los del resto de lotes, lo que parece condicionar la forma de la relación con los caracteres productivos estudiados.

Con respecto a los otros grupos de caracteres estudiados (Concentración de lípidos en plasma sanguíneo, caracteres de la carne fresca, caracteres de rendimiento y color del jamón, caracteres de la canal y composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular) sus tablas con los estadísticos descriptivos básicos, así como las ilustraciones que muestran la relación entre ellas y la aceptabilidad global se adjuntan en el ANEXO I. A modo de resumen se puede señalar que no se aprecian relaciones fuertes globales para ninguno de estos grupos de caracteres. Aunque sí hay cuatro caracteres que parecen mostrar una cierta asociación positiva con la aceptabilidad: el vetado de muestras de jamón tomadas en los músculos BF y ST, el contenido de grasa intramuscular del GM en carne fresca, y el espesor de tocino dorsal medido con regleta en el matadero entre la tercera y la cuarta costilla. Lo mismo que para el resto de los caracteres, estas tendencias analizadas visualmente se cuantificarán posteriormente al estudiar los resultados de los modelos de regresión.

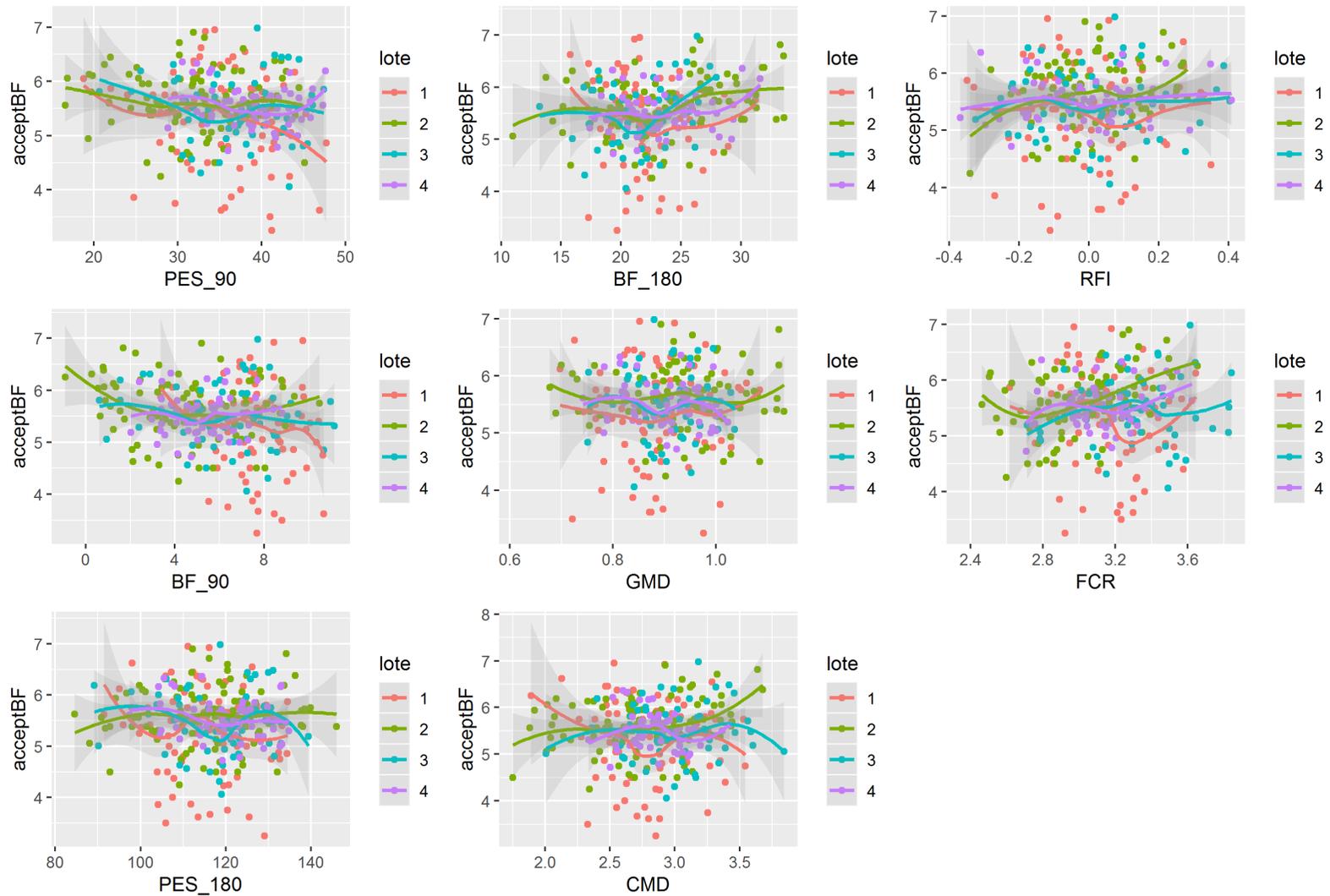


Figura 6. Gráfico de puntos de los caracteres productivos comparados con la aceptabilidad del jamón evaluada en el bíceps femoral.*
 * Ver lista de abreviaturas en el Anexo 1.

4.2. Análisis de regresión

4.2.1 Atributos de *Flavor* y *Textura*

Se analizó la regresión de la aceptabilidad global sobre los atributos de flavor y textura, que actúan como variables explicativas (Tabla 3). En general la calidad del ajuste de los modelos de regresión globales (los que asumen una relación constante entre lotes) fue baja; el máximo (0.617) se observó cuando se consideró como variable explicativa el curado, y solo en 6 casos se apreció un coeficiente de determinación de la regresión superior al 0.15. A pesar de esta mala calidad del ajuste los resultados muestran que para el grupo de variables relacionadas con el panel de catadores del *bíceps femoris* el 85,7% ($12/14 \times 100 = 85,71$) presentan una tendencia lineal significativa, independientemente del lote en el que se hubiesen criado los animales.

Dentro de las variables con coeficientes de regresión significativos se observan tendencias positivas para los atributos de flavor añejo, curado, dulzor y umami, así como para las variables de textura desmenuzabilidad y fusión. Por lo tanto, a medida que se incrementan todas estas variables la aceptabilidad aumenta. Por el contrario, se estiman tendencias negativas para los sabores amargo, metálico, picante y salado, así como para los atributos de textura pastosidad y adhesividad. Es decir, para estos atributos de sabor y textura la aceptabilidad disminuye a medida que ellos aumentan.

Además, para algunos atributos de flavor y textura como curado, dulzor, fusión, umami y adhesividad, la interacción del lote con el coeficiente de regresión mostró un efecto significativo. Es decir, los coeficientes de regresión dentro de cada lote son significativamente diferentes entre sí.

Tabla 3. Estadísticos relativos a los análisis de regresión de la aceptabilidad del jamón sobre las variables medidas por el panel de catadores en el músculo *biceps femoris*.

	Regresión general		Coeficiente de regresión dentro de lote				Contraste	
	r ²	p-valor	estima	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	p-valor ²
TEXTURA								
Adhesividad	0.030	0.025	-0.155	-0.433	-0.337	-0.062	0.102	0.008
Dureza	0.022	0.525	0.06	-0.049	0.416	0.141	-0.168	0.226
Desmenuzabilidad	0.347	0	0.872	1.184	0.866	0.851	0.279	0.001
Fibrosidad	0.086	0	0.386	0.295	0.425	0.584	0.354	0.721
Fusión	0.024	0.265	0.121	0.195	0.391	0.196	-0.258	0.294
Pastosidad	0.099	0	-0.347	-0.319	-0.517	-0.344	-0.254	0.755
FLAVOR								
Amargo	0.276	0	-1.162	-1.36	-1.119	-1.112	-0.484	0.191
Añejo	0.564	0	0.762	0.798	0.689	0.945	0.498	0.058
Curado	0.617	0	0.816	0.84	0.757	1.054	0.516	0.023
Dulzor	0.321	0	1.318	1.769	0.881	1.266	0.823	0.008
Metálico	0.155	0	-0.703	-0.778	-0.64	-0.789	-0.416	0.755
Picante	0.06	0	-0.454	-0.463	-0.656	-0.42	-0.239	0.771
Salado	0.033	0.042	-0.165	-0.189	-0.032	-0.206	-0.266	0.764
Umami	0.044	0.002	0.464	1.272	-0.145	0.675	0.24	0.003

4.2.2. Caracteres productivos

Para este grupo de caracteres la calidad del ajuste es aún menor que para los caracteres del panel de cata. Los coeficientes de determinación de los modelos de regresión global para este conjunto de caracteres han sido siempre inferiores a 0.035 (Tabla 4). A pesar de esta mala calidad del ajuste, se puede afirmar que el espesor de grasa dorsal a los 180 días y el peso a los 90 días presentan una tendencia lineal significativa, siendo positiva para el primero y negativa para el segundo. El FCR roza la significación estadística, y es esta la única variable explicativa para la que se determina que la interacción con el lote es significativa, habiendo lotes con una tendencia positiva (2, 3 y 4) y otros con una tendencia negativa (1). De ahí que globalmente no se alcance una significación estadística clara.

Tabla 4. Estadísticos relativos a los análisis de regresión de la aceptabilidad del jamón sobre los caracteres productivos

	Regresión general			Coeficiente de regresión dentro de lote				Contraste
	r2	p-valor	estima	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	p-valor2
Peso a 90 d	0.031	0.048	-0.012	-0.027	-0.005	-0.006	-0.013	0.527
Grasa Dorsal a 90d	0.030	0.062	-0.034	-0.067	-0.032	-0.037	0.013	0.743
Peso a 180 d	0.022	0.420	-0.003	-0.009	0.003	-0.003	-0.008	0.514
Grasa Dorsal 180d	0.035	0.028	0.021	-0.021	0.030	0.043	0.017	0.210
Crecimiento diario	0.024	0.788	-0.115	0.082	-0.031	0.03	-0.866	0.910
Consumo diario	0.021	0.394	0.09	-0.257	0.314	0.102	-0.234	0.132
Índice conversión	0.035	0.050	0.313	-0.582	0.846	0.193	0.328	0.011
Consumo residual (RFI)	0.028	0.296	0.253	-0.148	0.900	0.104	0.196	0.459

4.2.3. Caracteres bioquímicos del plasma sanguíneo

Para el grupo de las variables bioquímicas del plasma sanguíneo, únicamente la concentración sérica de lipoproteínas de alta densidad (HDL) al final del periodo de cebo (segundo control, en torno a 190 d de vida) parece mostrar una ligera, pero significativa tendencia lineal positiva con la puntuación hedónica basada en una muestra del BF (Tabla 10). Aunque los coeficientes de regresión son muy bajos, parece significativo el contraste entre el ajuste asumiendo un único coeficiente de regresión, y el que se tiene al asumir un coeficiente dentro de lote. Esta significación de la interacción entre lote y las regresiones sobre los caracteres bioquímicos del plasma se debe al comportamiento contrario del lote 1 frente al resto de lotes, que parecen mostrar una tendencia positiva (Tabla 5).

Tabla 5. Estadísticos relativos a los análisis de regresión de la aceptabilidad del jamón sobre las concentraciones séricas de lípidos a 190 días de edad.

SANGRE:	Regresión general			Coeficiente de regresión dentro de lote				contraste
	r2	p-valor	estima	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	p-valor2
Colesterol total	0.026	0.135	0.002	-0.012	0.007	0.003	0.001	0.001
LDL	0.030	0.102	0.004	-0.018	0.013	0.007	0	0.002
HDL	0.052	0.009	0.01	-0.013	0.019	0.006	0.005	0.04
Triglicéridos	0.020	0.418	0.002	0.002	0.002	-0.004	0.004	0.768

4.2.4. Características físicas y atributos visuales del jamón

Con relación a los análisis de regresión sobre el grupo de caracteres relativos a las características físicas y atributos visuales del jamón, aun presentando una calidad de ajuste reducida, se declaran como significativas las asociaciones positivas de la

aceptabilidad del jamón con el veteadado, evaluado tanto en el músculo BF como en el ST (Tabla 6). La interacción con el lote para la regresión de estos dos caracteres parece resultar significativa, y lo mismo que ocurre para otras variables de otros grupos, la interacción se explica por el diferente signo que presenta la tendencia del lote 1 frente a las de los lotes 2, 3 y 4.

Tabla 6. Estadísticos relativos a los análisis de regresión de la aceptabilidad del jamón sobre los atributos visuales y las características físicas del jamón.

	Regresión general			Coeficiente de regresión dentro de lote				Contraste
DATOS JAMÓN:	r²	p-valor	estima	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	p-valor²
Veteado BF	0.068	0	0.137	-0.027	0.165	0.243	0.037	0.042
Veteado ST	0.065	0	0.1	-0.056	0.161	0.219	0.011	0.002
Color BF	0.02	0.286	0.089	0.281	0.037	-0.02	-0.045	0.458
Peso jamón fresco	0.023	0.312	-0.036	-0.031	-0.003	-0.043	-0.17	0.549
Peso jamón curado	0.019	0.822	-0.011	-0.051	0.04	0.007	-0.153	0.636
Merma (%)	0.028	0.175	-0.025	0.026	-0.184	-0.046	-0.013	0.013

4.2.5. Características físico-químicas de la carne.

Con relación a las asociaciones de la aceptabilidad con las características físico-químicas de la carne (Tabla 7), se observa una tendencia lineal significativamente positiva con la cantidad de grasa intramuscular extraída del músculo GM. Al igual que para otros caracteres, el signo de la relación entre esta variable explicativa y la aceptabilidad depende del lote, siendo positiva para todos los lotes excepto para el lote 1.

Tabla 7. Estadísticos relativos a los análisis de regresión de la aceptabilidad del jamón sobre el porcentaje de grasa intramuscular (GIM) y otros los caracteres físico-químicos de la carne medidos en el músculo *gluteus medius*.*

	regresión general			Coeficiente de regresión dentro de lote				Contraste
CARNE:	r²	p-valor	estima	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	p-valor²
GIM	0.063	0	0.083	-0.045	0.121	0.127	0.062	0.036
Colesterol	0.031	0.134	-0.007	-0.01	-0.011	0.006	-0.002	0.506
pH	0.027	0.122	0.403	1.309	0.245	0.034	0.467	0.53
CE	0.022	0.707	-0.016	0.115	0.015	-0.152	-0.031	0.217
Color a	0.027	0.178	-0.037	-0.042	-0.081	-0.066	0.064	0.289
Color b	0.02	0.403	-0.028	-0.239	-0.013	0.028	0.059	0.017
Color L	0.018	0.932	0.001	-0.037	-0.012	0.037	0.024	0.121

4.2.6. Caracteres de la Canal

Con relación a las variables de la canal (Tabla 13), la aceptabilidad del jamón mostró una tendencia lineal positiva y significativa con el espesor de grasa dorsal entre la 3ª y 4ª costilla, medido con la regleta sobre la propia canal, pero no con otras medidas menos fiables de la grasa de cobertura. Siendo negativa, también fue significativa la regresión sobre el espesor de lomo entre la 3ª y 4ª costilla, medido este con AutoFOM. Para ninguno de los caracteres explicativos de este grupo resultó significativa la interacción entre la regresión y el lote, aunque se puede apreciar que el signo de los coeficientes de regresión del lote 1 es en general opuesto al de los otros lotes (Tabla 8).

Tabla 8. Estadísticos relativos a los análisis de regresión de la aceptabilidad del jamón sobre los caracteres de la canal.*

CANAL:	Regresión general			Coeficiente de regresión dentro de lote				Contraste
	r ²	p-valor	estima	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	p-valor ²
Peso Vivo	0.029	0.175	-0.005	-0.009	-0.001	-0.001	-0.012	0.639
Peso Canal	0.022	0.909	0	-0.007	0.006	-0.002	-0.017	0.253
Rendimiento Canal	0.03	0.855	0.004	0.082	0.009	-0.093	-0.033	0.16
Porcentaje Magro	0.024	0.324	-0.009	0.014	0	-0.018	-0.023	0.512
Grasa dorsal 3-4 c	0.052	0.002	0.018	-0.001	0.024	0.024	0.007	0.388
Grosor lomo 3-4 c	0.033	0.022	-0.012	-0.009	-0.01	-0.02	-0.016	0.899
Peso del jamón	0.025	0.210	-0.044	-0.031	-0.003	-0.085	-0.17	0.492
Grasa dorsal jamón	0.023	0.556	0.007	-0.027	0.01	0.024	0.022	0.426

* Las abreviaturas que aparecen en esta tabla se refiere a: 3-4c= entre la tercera y la cuarta costilla.

4.2.7. Contenido en Ácidos Grasos.

En referencia al contenido de ácidos grasos del músculo GM, aunque se partía de todos los ácidos grasos individuales, para simplificar solo se ofrecen los resultados de la regresión sobre los índices globales (SFA, UFA, PUFA y MUFA) y los cocientes entre ellos que se han mostrado pueden tener cierto sentido biológico (Tabla 14). Únicamente la regresión sobre la ratio PUFA/MUFA parece ser significativa, poniendo de manifiesto una asociación negativa de este índice con la aceptabilidad global a nivel sensorial, i.e. a mayor contenido de PUFAs con relación a los MUFAs menor nivel de aceptabilidad. También el coeficiente de regresión global sobre la ratio AAGG omega-6 sobre AAGG omega-3 roza la significación estadística, y en cualquier caso mostró igualmente una relación negativa con la aceptabilidad del jamón (Tabla 9).

Tabla 9. Estadísticos relativos a los análisis de regresión de la aceptabilidad del jamón sobre el contenido en ácidos grasos.

	Regresión general			Coeficiente de regresión dentro de lote				Contraste
ÁC. GRASOS:	r²	p-valor	estima	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	p-valor²
SFA	0.017	0.186	0.006	-0.021	0.014	0.027	0.006	0.032
UFA	0.015	0.252	0.003	-0.013	0.009	0.014	0.003	0.025
MUFA	0.017	0.373	0.004	-0.024	0.012	0.016	0.006	0.005
PUFA	0.006	0.551	0.007	0.004	0.014	0.012	0.003	0.978
n6	0.006	0.567	0.007	0.004	0.014	0.011	0.003	0.981
n3	0.01	0.302	0.205	-0.338	0.275	1.194	0.257	0.302
Ratio PUFA/MUFA	0.051	0.003	-0.555	0.268	-1.002	-0.571	-0.473	0.12
Ratio n6/n3	0.038	0.050	-0.023	0.014	-0.034	-0.043	-0.029	0.313

*Las abreviaturas que aparecen en esta tabla se refieren a los siguientes caracteres: n6=Omega 6, n3=Omega 3.

Respecto a la interacción entre el coeficiente de regresión y el lote, esta parece resultar significativa para varios índices: SFA, UFA y MUFA, y al igual que para otros caracteres en los que la interacción resulta significativa, lo es porque los coeficientes de regresión tienen distinto signo entre el lote 1 y el resto de los lotes. En cualquier caso, siempre se trata de valores de coeficientes de regresión muy bajos, y de coeficientes de determinación igualmente muy bajos.

4.3. Análisis multivariante.

Como ya se ha señalado en material y métodos, se han planteado dos modelos SPLS diferentes: uno que solo considera las variables del panel de cata y otro que las incluye todas excepto las del panel de cata. De esta forma se puede apreciar el papel conjunto que jugarán los caracteres del panel de cata con respecto al resto de caracteres. En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos para ambos modelos.

4.3.1. SPLS para el conjunto de variables del panel de cata.

En la figura 7 se muestran los coeficientes para las 12 variables seleccionadas en la regresión SPLS del total de 15 variables que abarcan el conjunto de caracteres relativos a calidad sensorial evaluados en el panel de cata. De entre las seleccionadas, aquellas con más relevancia son las que se encuentran más alejadas de cero. Parecen tener un coeficiente positivo en la aceptabilidad los atributos de flavor curado, añejo y dulzor, mientras que el coeficiente es negativo para pastosidad y amargor.

Si se usan los resultados de este modelo de regresión SPLS para proyectar en un espacio de dos dimensiones los datos se puede observar la figura 3. En esta gráfica los puntos se ha coloreado en función de que se trate de registros de alta, media o baja aceptabilidad. Se puede comprobar que los valores de aceptabilidad bajos se encuentran en la parte inferior izquierda del gráfico y los valores de aceptabilidad altos en la parte superior derecha, y entre unos y otros están los puntos pertenecientes a registros con valores de aceptabilidad media.

En función de estos resultados se puede concluir que estas variables relativas al flavor y la textura del jamón tienen en su conjunto una gran capacidad clasificatoria de la aceptabilidad del jamón.

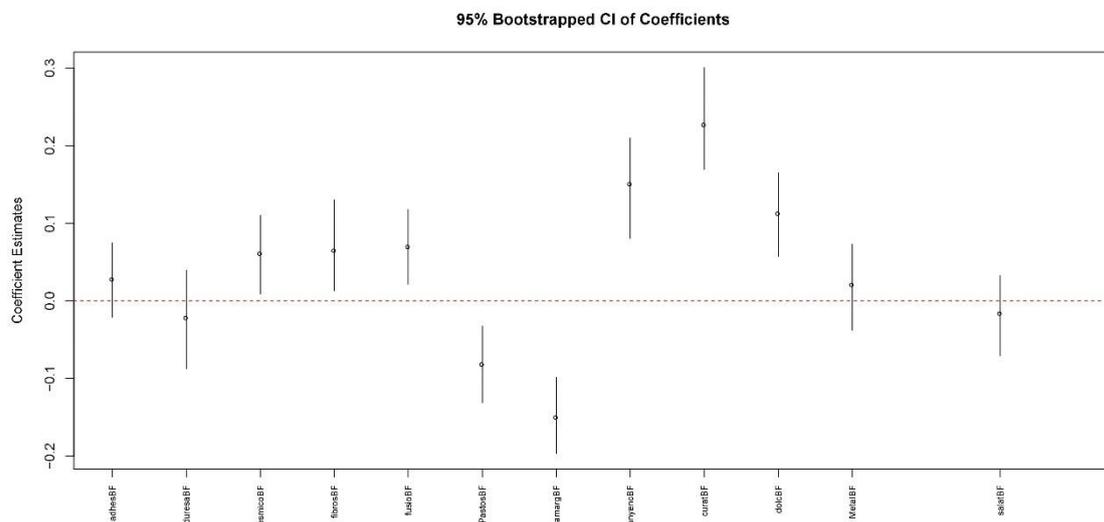


Figura 7. Coeficientes de las variables seleccionadas en la regresión SPLS al considerar solo las variables del panel de cata, las barras verticales señalan el intervalo de confianza. *

*Ver lista de abreviaturas en Anexo1.

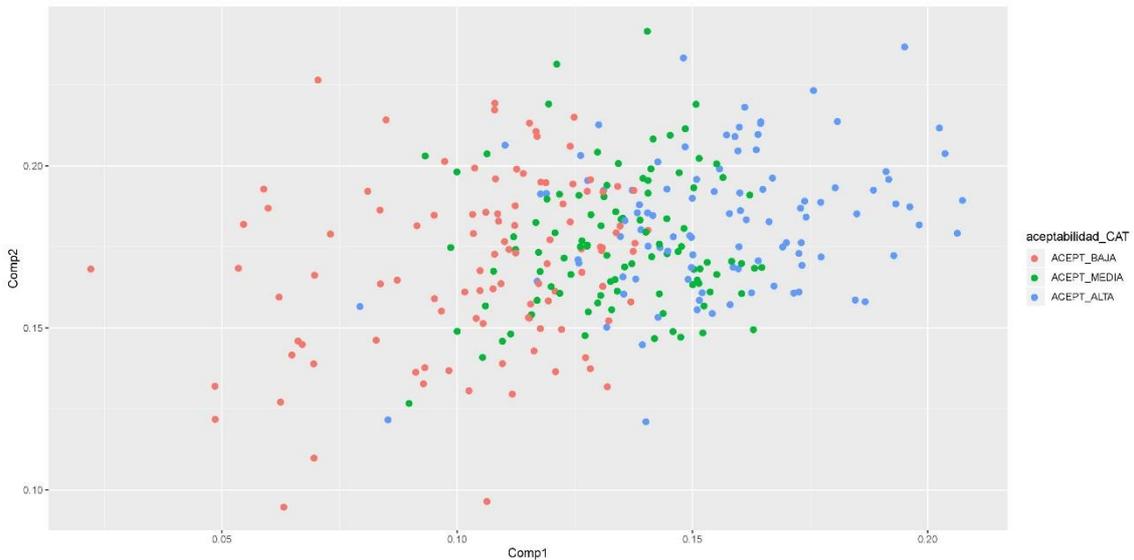


Figura 8. Proyección de los datos en los dos primeros componentes del modelo de regresión SPLS considerando solo las variables del panel de cata.

En esta misma línea, cuando se analizó el valor predictivo de las variables evaluadas por el panel de cata para predecir la aceptabilidad global mediante un estudio de validación cruzada se obtuvo una correlación promedio –entre las distintas réplicas- entre la aceptabilidad observada y la predicha superior a 0.8 (Figura 9). En este estudio de validación cruzada se comprueba que las variables que sistemáticamente –entre las distintas réplicas- se escogen y forman parte del modelo finalmente definido son las que tuvieron un mayor efecto según los análisis de regresión, y que se muestran en la Figura 7.

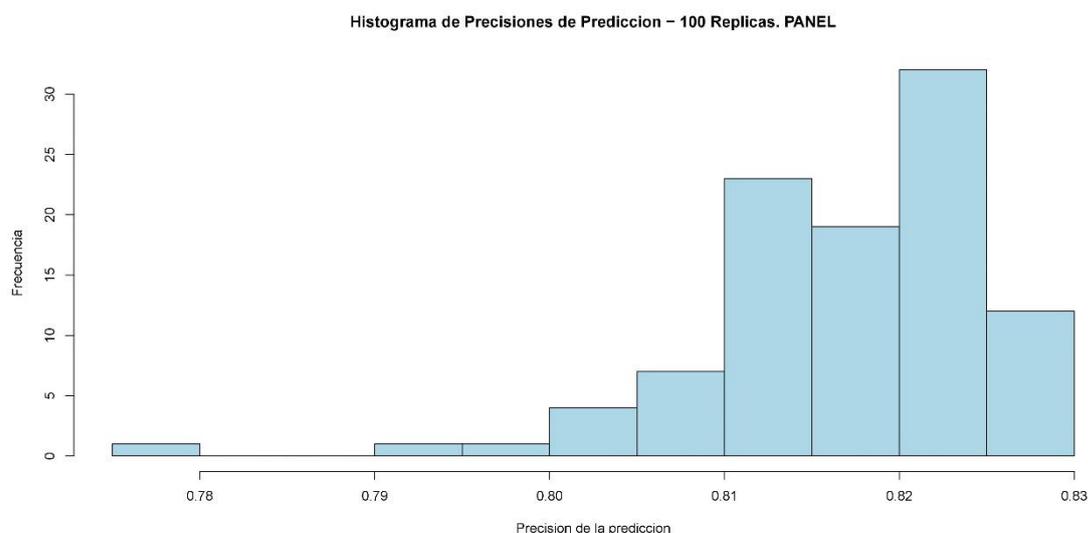


Figura 9. Histograma de la distribución de los valores de correlación entre la aceptabilidad observada y la predicha (precisiones de la predicción) en la validación cruzada cuando para el SPLS solo se emplean las variables del panel de cata.

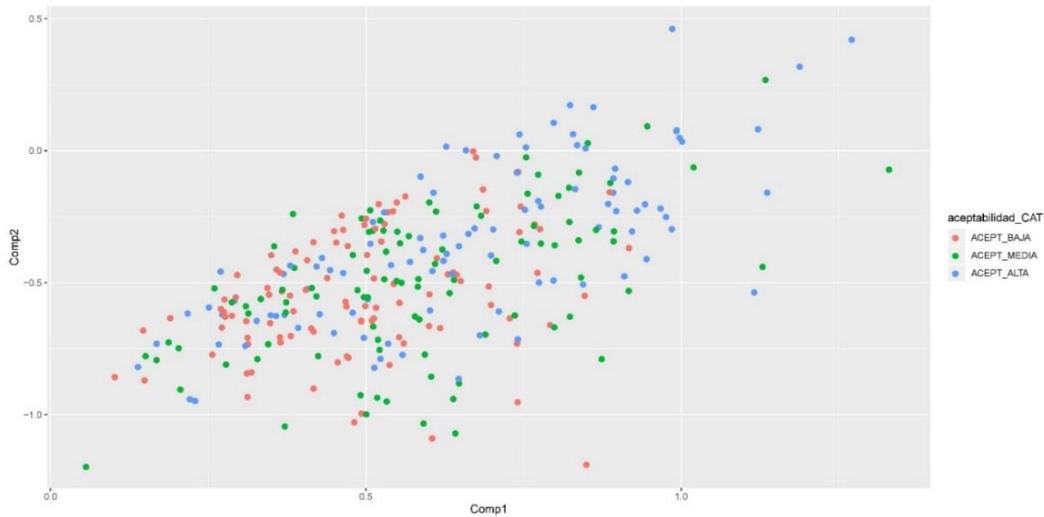


Figura 11. Proyección de los datos en los dos primeros componentes del modelo de regresión SPLS considerando todas las variables excepto las del panel de cata.

Finalmente, y con relación a la validación cruzada, en la figura 11 se muestra la distribución –entre réplicas- del coeficiente de correlación entre los valores observados y los predichos en la validación cruzada cuando se excluyen de entre los predictores los caracteres panel de cata. En este caso el valor promedio de la precisión de la predicción es de en torno a 0.20-0.25, mucho menor que el obtenido con los datos del panel de cata (Figura 12).

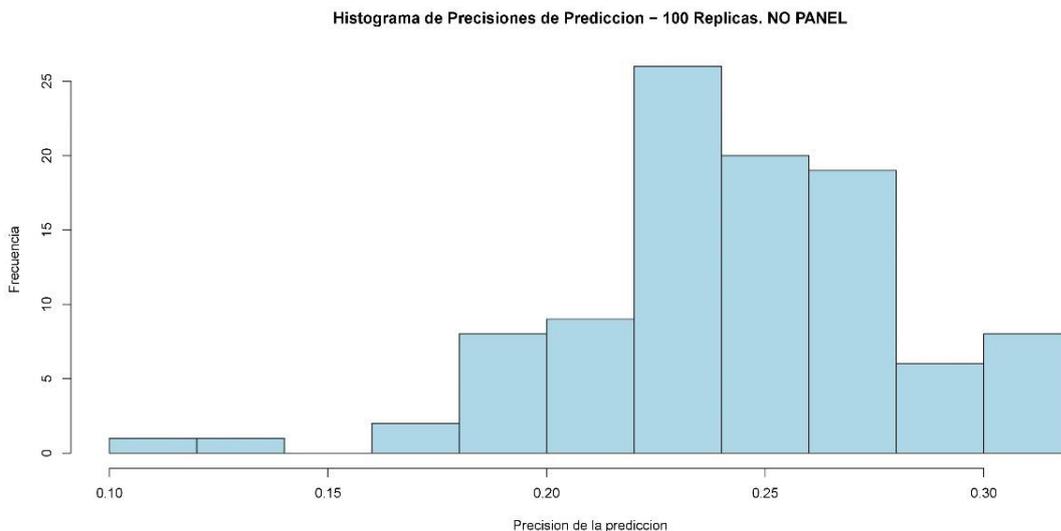


Figura 12. Histograma de la distribución de los valores de correlación entre la aceptabilidad observada y la predicha (precisiones de la predicción) en la validación cruzada cuando para el SPLS se emplean todas las variables excepto las del panel de cata.

5. DISCUSIÓN

El resultado más relevante de nuestro estudio es que únicamente los caracteres del panel de cata parecen de manera global determinar o tener capacidad predictiva de la aceptabilidad general de un jamón. Son pocos los estudios que se han preocupado hasta la fecha de determinar la relación indicada. En cualquier caso, pudiera parecer, en cierta medida, obvia la relación global observada, ya que los mismos catadores que definen las características de *flavor* y textura son los que otorgan la puntuación hedónica a cada muestra que analizan. Sin embargo, es interesante señalar que son únicamente cinco de los 15 caracteres de panel los que parecen finalmente definir la aceptabilidad: curado, añejo, dulzor, pastosidad y amargor. Coincidiendo así con Morales et al. (2008), quienes determinaron que tanto el consumidor como el carnicero en España consideran muy importante los problemas de textura como la pastosidad. Además, tanto el carnicero como el consumidor considera el olor o aroma el principal criterio a la hora de seleccionar las piezas a comprar, fijándose particularmente en el *flavor* añejo y curado como indicadores de calidad sensorial del jamón curado y también en la intensidad del sabor salado. Por su parte, los carniceros también valoran el tiempo de procesado, que finalmente se refleja principalmente en el *flavor* curado, en el amargor, y en general en las características de la textura, que pudieran asociarse con la jugosidad.

Un segundo resultado de nuestro estudio es que únicamente las características productivas y de canal vinculadas directa o indirectamente con el metabolismo lipídico parecen determinar (aunque en menor grado que los caracteres del panel de cata) la aceptabilidad global del jamón curado de nuestra población Duroc. En este sentido, de entre los caracteres relacionados con las características de la canal, la carne fresca y el jamón una vez curado, los que definen la aceptabilidad, aunque con menor precisión que lo observado para el panel de cata, son principalmente la GIM, la grasa dorsal, y el vetado en BF y ST como atributo visual del jamón (a su vez muy muy relacionado con la GIM). Los datos se corroboran por otros estudios que determinan que la grasa intramuscular es un parámetro importante para el consumidor (Cilla et al. 2006) y para el carnicero (Morales et al. 2008). La cantidad de GIM tiene efecto con relación a la palatabilidad de la carne influyendo en la textura, la jugosidad y el sabor. Podría deberse a que al masticar lo primero que se rompe es el área donde se acumula la GIM entre los haces de fibras musculares. Además, la GIM tiene relación con la WHC, es por ello por lo que es

necesario un cierto porcentaje de GIM para que el *flavor* y la maduración sean los adecuados durante todo el proceso de curado (Toldrá 2016).

Asimismo cabe destacar que la regresión de la aceptabilidad del jamón sobre el ratio PUFA:MUFA indica un efecto negativo (coeficiente de regresión -0.555, Tabla 14) de este parámetro relacionado con el contenido en AG de la carne. Los PUFA son AAGG cardiosaludables, que tienen efectos positivos para reducir el riesgo de aterosclerosis y trombosis coronaria asociada con el consumo de carne de cerdo (Okrouhlá et al. 2013) y permite valores más próximos a los recomendados por la Organización mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, con relación a las características organolépticas de la carne, el incremento en la cantidad relativa de PUFAs puede llegar a suponer un cierto sabor rancio y otras alteraciones, tales como el color, debido a que tienen tendencia a oxidarse (Wood et al. 2008).

Por último y con relación a los efectos ambientales que quedan recogidos en el efecto lote, nuestros resultados muestran que la aceptabilidad global de los jamones pertenecientes al primer lote es diferente de la registrada en los otros lotes. Por un lado, se observa una mayor variabilidad respecto a los lotes restantes y, por lo general, una peor calificación por los catadores comparado con los lotes 2, 3 y 4. Entre las distintas hipótesis que se pueden aportar para este hecho, cabe señalar el factor tiempo y el posible efecto sobre la conservación de las características de los jamones. Los animales del lote 1 fueron los primeros sacrificados (en marzo de 2004), habiendo una diferencia de 6 – 7 meses con el sacrificio del segundo lote, y de más de un año con los animales de los lotes 3 y 4 (sacrificados en 2005). Los jamones correspondientes a los 4 lotes fueron muestreados y las muestras se conservaron envasadas al vacío hasta el momento de la caracterización sensorial, que se realizó simultáneamente en los 300 jamones. No podemos descartar por tanto que el mayor periodo de conservación de los jamones del lote 1, que fueron los primeros en finalizar su curación, haya podido hasta cierto punto alterar algunas características del jamón y por ende su aceptabilidad. Nuestros resultados revelan asimismo que este posible efecto adverso de la conservación afecta negativamente no solo a la puntuación hedónica del jamón, sino a la relación de las distintas variables de flavor y textura con la aceptabilidad global del mismo.

6. CONCLUSIONES

- 1- Los atributos de *flavor* y textura valorados en la caracterización sensorial de manera global definen y/o tienen capacidad predictiva de la aceptabilidad general de un jamón. Los atributos que se asocian de forma positiva son el curado el añejo y el dulzor. La pastosidad y el amargor afectan negativamente a la aceptabilidad general y por tanto, a la calidad del producto.
- 2- Las características productivas, de la canal y del jamón curado vinculadas directa o indirectamente con el metabolismo lipídico parecen determinar, aunque en menor grado que los caracteres del panel de cata, la aceptabilidad global del jamón curado. Muestran una incidencia positiva el contenido de GIM del GM, así como el vetado de BF y el de ST, además de la grasa dorsal de entre la tercera y cuarta costilla medida con regleta. Y una incidencia negativa con la aceptabilidad el espesor del lomo entre la tercera y la cuarta costilla, medida con AutoFOM.
- 3- Con relación a la composición de AAGG, el ratio PUFA:MUFA tiene una asociación negativa con la aceptación, puntuación hedónica, del jamón curado.
- 4- El lote de engorde de los animales ha sido un factor determinante de la aceptabilidad de los jamones y la relación entre las variables organolépticas, remarcando la importancia de los efectos ambientales, incluyendo el proceso de curación y la conservación de los jamones, sobre sus características organolépticas.

7. BIBLIOGRAFÍA

Bello J. 2012. Jamón curado: Aspectos científicos y tecnológicos. Ed. Díaz de Santos, S.A. ISBN: 8479788844, 9788479788841

Campo MM, Sierra I. 2011. Fatty acid composition of selected varieties of Spanish dry-cured ham. Surveys from 1995 and 2007. *J. Agric. Res.* 9:66.

Carnicería Raza Nostra. 2003. Razas de Porcino, Duroc. Carnicería Raza Nostra. (Consultado el 17.06.2019). Disponible en: <http://www.razanostra.com/duroc.asp>

Cilla I, Martínez L, Guerrero L, Guàrdia MD, Arnau J, Altarriba J, Roncalés P. 2006. Consumer beliefs and attitudes towards dry-cured ham and protected designation of origin Teruel ham in two Spanish regions differing in product knowledge. *Food Science and Technology International*, 12(3), 359–371.

Dalmau A, Temple D, Rodríguez P, Llonch, P, Velarde A. 2009. Application of the Welfare Quality® protocol at pig slaughterhouses. *Animal Welfare*. 18. 497-505.

Danbred. 2019. Nuestro ADN: Generaciones de genes excelentes. Danbred. Consultado el 29.06.2019. Disponible en: <https://danbred.com/es/nuestro-adn/#DanBred-DUROC-DD>

Fan B, Lkhagvadorj S, Cai W, Young J, Smith RM, Dekkers JCM, Huff-Lonergan E, Lonergan SM, Rothschild MF. 2010. Identification of genetic markers associated with residual feed intake and meat quality traits in the pig. *Meat Science*, Volume 84, Issue 4, Pages 645-650. ISSN 0309-1740.

FAO. 2001. Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock. FAO. (Consultado el 12.06.2019.) Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x6909e.pdf>

FEN. 2018. Jamón Serrano. Fundación Española de la Nutrición (FEN) (Consultado el 17.06.2019). Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadofen/pdfs/jamonserrano.pdf>

Gallardo D, Pena RN, Amills M, Varona L, Ramirez O, Reixach J, Diaz I, Tibau J, Soler J, Prat-Cuffi JM, Noguera JL, Quintanilla R. 2008. Mapping of quantitative trait loci for cholesterol, LDL, HDL, and triglyceride serum concentrations in pigs. *Physiol Genomics* 35:199–209.

Gillingham LG, Harris-Janz, S, Jones PJH. 2011. Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors. *Lipids*. 46, 209–28.

Harris R, Jimenez V, Pereyra S, Saldago H. 2018. Software Carpentry: R para Análisis Científicos Reproducibles. The Carpentries. (Consultado el 10.06.2019.) Disponible en: <https://github.com/swcarpentry/r-novice-gapminder-es>, <http://doi.org/10.5281/zenodo.838770>. (https://swcarpentry.github.io/r-novice-gapminder-es/08-plot-ggplot2/)

Interporc Spain. 2018. Informe del análisis nutricional y estudio de las declaraciones atribuibles a jamón curado y jamón cocido. Interporc Spain. (Consultado el 17.06.2019). Disponible en: https://interporc.com/wp-content/uploads/2019/02/INTERPORC_Informe-an%C3%A1lisis-nutricional-JAM%C3%93N-CURADO-Y-COCIDO_UEXT_-AGO-18.pdf

Lefaucheur L, Lebret B, Ecolan P, Louveau I, Damon M, Prunier A, Billon Y, Sellier P, Gilbert H. 2011. Muscle characteristics and meat quality traits are affected by divergent selection on residual feed intake in pigs1. *J Anim Sci.* 89(4):996-1010.

Lefaucheur L, Milan D, Ecolan P, Callennec CL. 2004. Myosin heavy chain composition of different skeletal muscles in large white and meishan pigs1. *J Anim Sci.* 82(7):1931-41.

MAPA. 2017. Informe del consumo de alimentación en España. MAPA. (Consultado el 18.06.2019). Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeconsumoalimentacionenespana2017_prefinal_tcm30-456186.pdf

MAPA. 2018. Raza porcina Duroc. MAPA. (Consultado el 17.06.2019.) Disponible en : <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/integrada-espana/porcino/duroc/default.aspx>

Morales R, Guerrero L, Claret A, Guàrdia MD, Gou P. 2008. Beliefs and attitudes of butchers and consumers towards dry-cured ham. *Meat Science.* Volume 80, Issue 4. Pages 1005-1012. ISSN 0309-1740.

Okrouhlá M, Stupka R, Čítek J, Šprysl M, Brzobohatý L. 2013. Effect of dietary linseed supplementation on the performance, meat quality, and fatty acid profile of pigs. *Czech. J. Anim. Sci.* Pages 276-288.

Orno C. 2016. Mejora de la calidad de carne en porcino. Universidad de Lleida. (Consultado el 17.06.2019). Disponible en:

<https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/58891/cornob.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PIC. 2018. Boars. PIC. Consultado el 29.07.2019. Disponible en: <https://www.pic.com/services/boars/>

Reixach J, Tor M, Estany Y. 2019. Respuesta a la selección contra grasa dorsal a grasa intramuscular constante en cerdos Duroc. Universitat de Lleida. (Consultado el 14.06.2019.) Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264892278_RESPUESTA_A_LA_SELECCION_CONTRA_GRASA_DORSAL_A_GRASA_INTRAMUSCULAR_CONSTANTE_EN_CERDOS_DUROC

Rodríguez P. 2018. La exportación de jamón curado en España. Consorcio Serrano. (Consultado el 18.06.2019). Disponible en: https://www.mercasa.es/media/publicaciones/240/1528129362_La_exportacion_de_jamon_curado_en_Espana.pdf

Ruiz JL. 2005. Textura de músculos de cerdo y de jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua. Universidad Autónoma de Barcelona. (Consultado el 14.06.2019). Disponible en: <https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2004/tdx-1024105-221443/jlrr1de1.pdf>

Toldrá, F. 2016. Dry - Cured Meats. Food Science, Elsevier. ISBN 9780081005965. Consultado el 10.07.2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03014-6>.

UPB Genetic World. 2017. Productos y servicios. UPB Genetic World. Consultado el 29.06.2019. Disponible en: <http://www.upbgeneticworld.com/productos.php>

Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Science, 78:343-358.

Wood JD. 2017. Meat Composition and Nutritional Value. In Lawrie's Meat Science: Eighth Edition (pp. 635-659). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00020-0>

ANEXO I

Tabla A1. Estadísticos descriptivos de los caracteres analizados de las concentraciones séricas de lípidos a 190 días de edad.

SANGRE:	mean	sd	cv	mínimo	mediana	máximo	n analizados	n no considerados
Colesterol total	124.02	24.48	0.197	70	122	200	350	8
HDL	52.05	9.35	0.180	21.5	52.5	79.9	344	14
LDL	60.86	16.74	0.275	20.3	59.5	125	343	15
Triglicéridos	49.46	20.09	0.406	15	45	128	340	18

Tabla A2. Estadísticos descriptivos de los atributos visuales y las características del jamón.

DATOS JAMÓN:	mean	sd	cv	mínimo	mediana	máximo	n analizados	n no considerados
Peso jamón fresco	11.71	1.05	0.090	8.88	11.74	14.64	300	58
Peso jamón curado	7.51	0.76	0.101	5.51	7.54	9.48	301	57
Merma (%)	35.94	2.16	0.060	27.613	35.8975	41.753	294	64
Color BF	6.17	0.47	0.076	5	6	7.2	284	74
Veteado BF	4.30	1.14	0.266	1	4	8	291	67
Veteado ST	5.58	1.42	0.255	2	5.5	9	307	51

Tabla A3. Estadísticos descriptivos de del porcentaje de grasa intramuscular (GIM) y otros caracteres físico-químicos de la carne medidos en el músculo *gluteus medius*.

CARNE:	mean	sd	cv	mínimo	mediana	máximo	n analizados	n no considerados
pH	5.73	0.15	0.027	5.39	5.71	6.2	346	12
CE	3.45	1.08	0.314	0.9	3.5	6.5	355	3
Color L	46.69	3.37	0.072	38.64	46.71	55.92	357	1
Color a	7.77	1.32	0.170	4.57	7.805	12.21	350	8
Color b	0.77	1.13	1.481	-1.81	0.67	4.51	355	3
GIM	5.00	1.71	0.342	1.38	4.77	10.9	346	12
Colesterol	64.02	8.86	0.138	39.21	64.32	85.6	336	22

Tabla A4. Estadísticos descriptivos de los caracteres de la canal.

CANAL:	mean	sd	cv	mínimo	mediana	máximo	n analizados	n no considerados
Peso vivo	127.44	11.66	0.091	93	128.3	156.7	345	13
Peso canal	94.91	10.03	0.106	67.5	96	120.5	353	5
Rendimiento canal	74.96	1.93	0.026	68.5	74.9	82.1	343	15
Porcentaje de magro	40.65	4.35	0.107	27.8	40.51	52.46	351	7
Grasa dorsal 3-4 c	25.41	2.83	0.111	17.025	25.664	32.081	347	11
Grosor lomo 3-4 c	43.04	6.97	0.162	22.8	43.0105	62.896	346	12
Grasa dorsal jamón	26.05	3.22	0.123	16.411	26.386	33.937	347	11
Peso del jamón	11.64	1.09	0.094	8.3	11.7	14.64	333	25
Grasa dorsal regleta última costilla	33.42	5.63	0.169	19	33	48	349	9

Grasa dorsal regleta 3-4 c	37.88	10.85	0.287	16	35	67	353	5
---------------------------------------	-------	-------	-------	----	----	----	-----	---

Tabla A5. Estadísticos descriptivos de los ácidos grasos en *gluteus medius*. *

ÁC. GRASOS:	mean	sd	cv	mínimo	mediana	máximo	n analizados	n no considerados
SFA	11.51	7.91	0.687	1.49	9.825	45.04	342	16
UFA	19.67	12.85	0.653	2.63	16.86	71.74	341	17
PUFA	5.82	3.59	0.618	0.77	4.96	20.05	339	19
MUFA	13.78	9.59	0.696	1.56	11.4	53.3	343	15
n6	5.50	3.40	0.618	0.72	4.66	18.69	339	19
n3	0.31	0.19	0.621	0.04	0.27	1.09	335	23
Ratio PUFA/MUFA	0.49	0.19	0.402	0.17	0.45	1.09	353	5
Ratio_n6/n3	17.51	3.22	0.184	7.86	17.04	27.37	347	11

*Las abreviaturas que aparecen en esta tabla se refieren a los siguientes caracteres: n6=Omega 6,
n3=Omega 3.

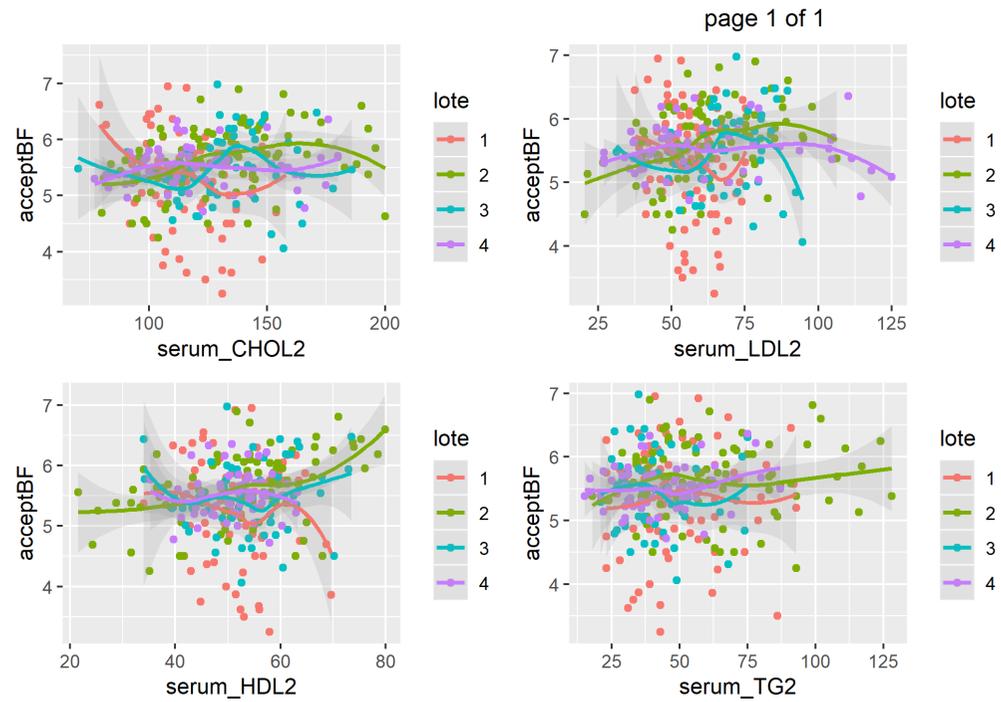


Figura A1. Gráfico de puntos de las concentraciones séricas de lípidos a 190 días de edad comparadas con la aceptabilidad del jamón evaluada en el *biceps femoris*.*
***Ver lista de abreviaturas en Anexo 1.**

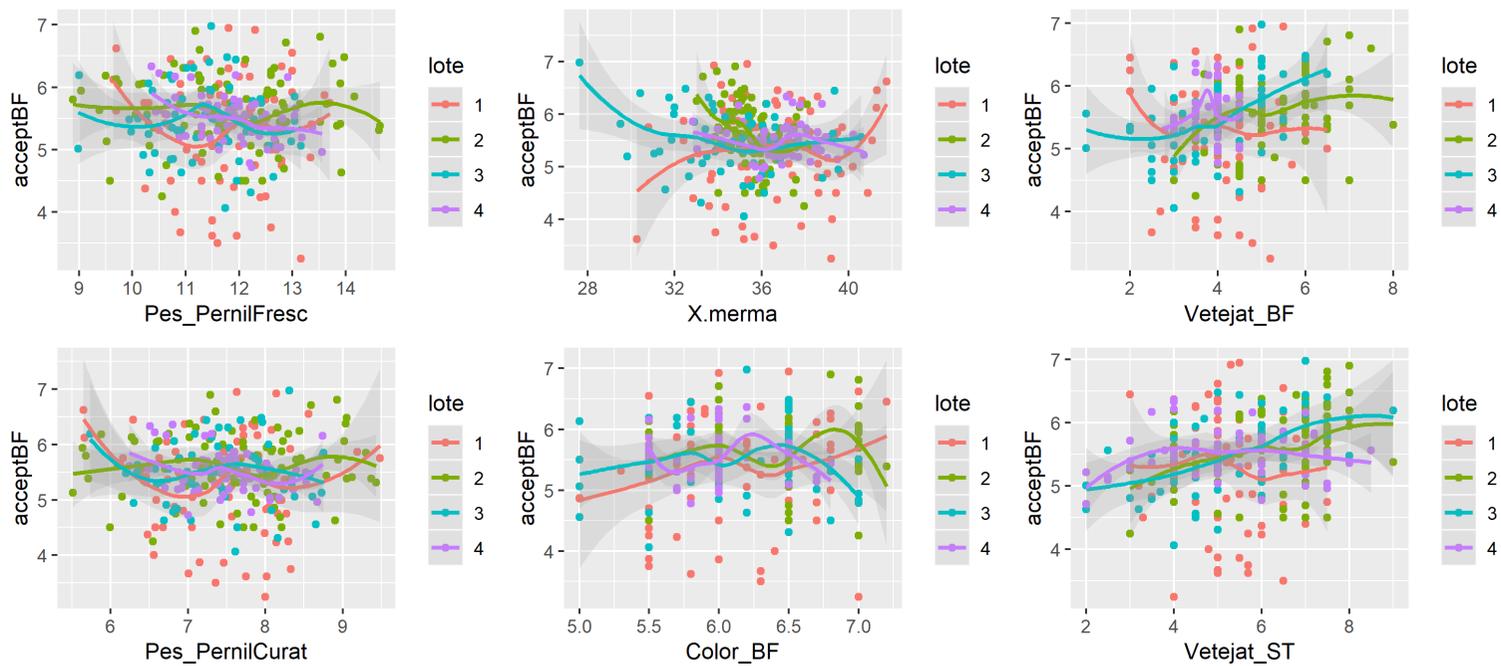


Figura A2. Gráfico de puntos de los atributos visuales y las características físicas del jamón comparados con la aceptabilidad del jamón evaluada en el *biceps femoris* y *semitendinosus*.*

*Ver lista de abreviaturas en Anexo 1.

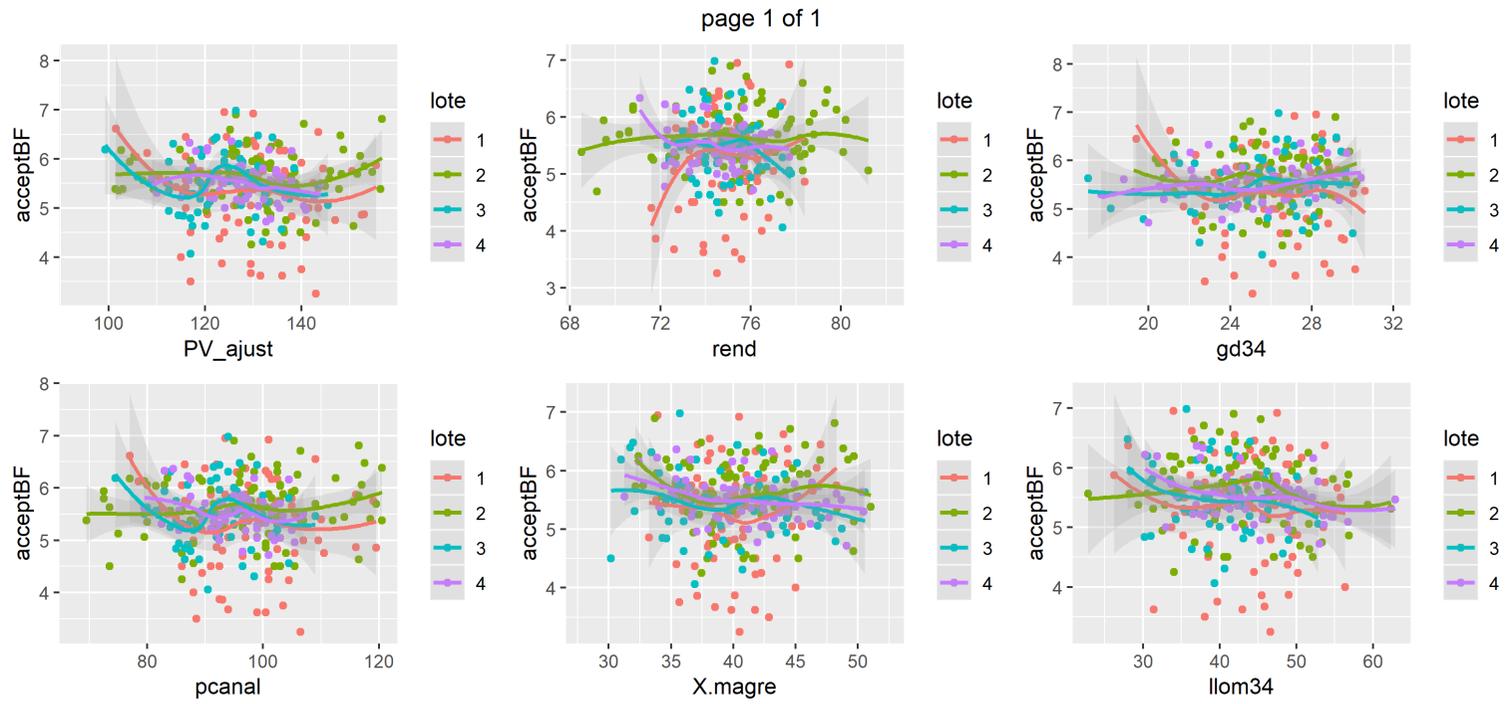


Figura A3. Gráfico de puntos de los caracteres de la canal comparados con la aceptabilidad del jamón evaluada en el *bíceps femoris*.

*Ver lista de abreviaturas en Anexo 1.

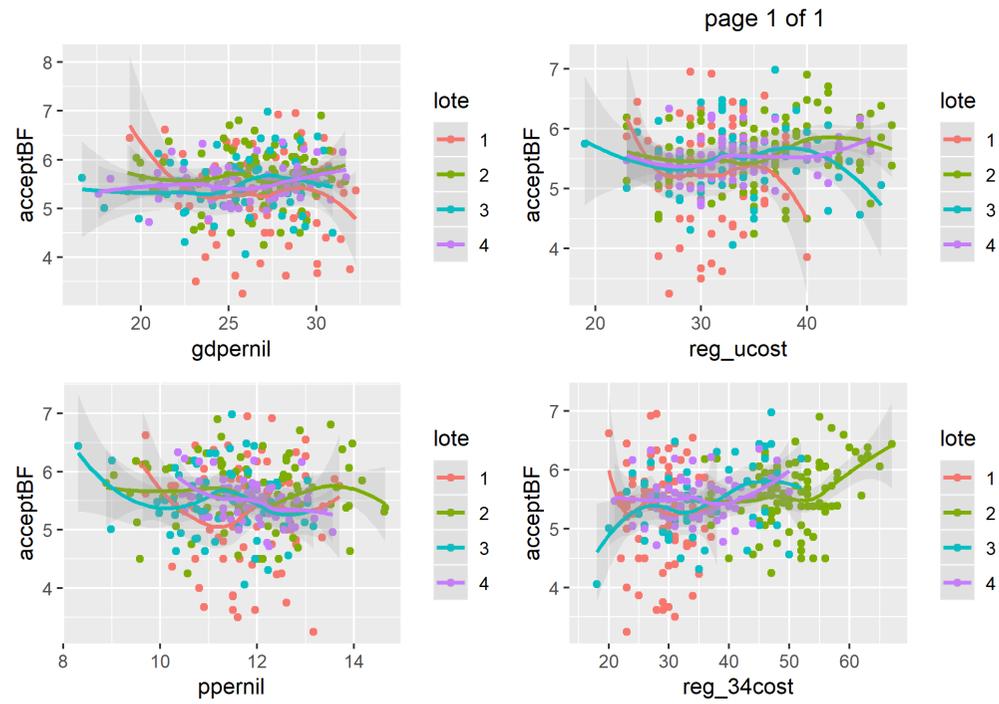


Figura A4. Gráfico de puntos de los caracteres de la canal comparados con la aceptabilidad del jamón evaluada en el *bíceps femoris*.

*Ver lista de abreviaturas en Anexo 1.

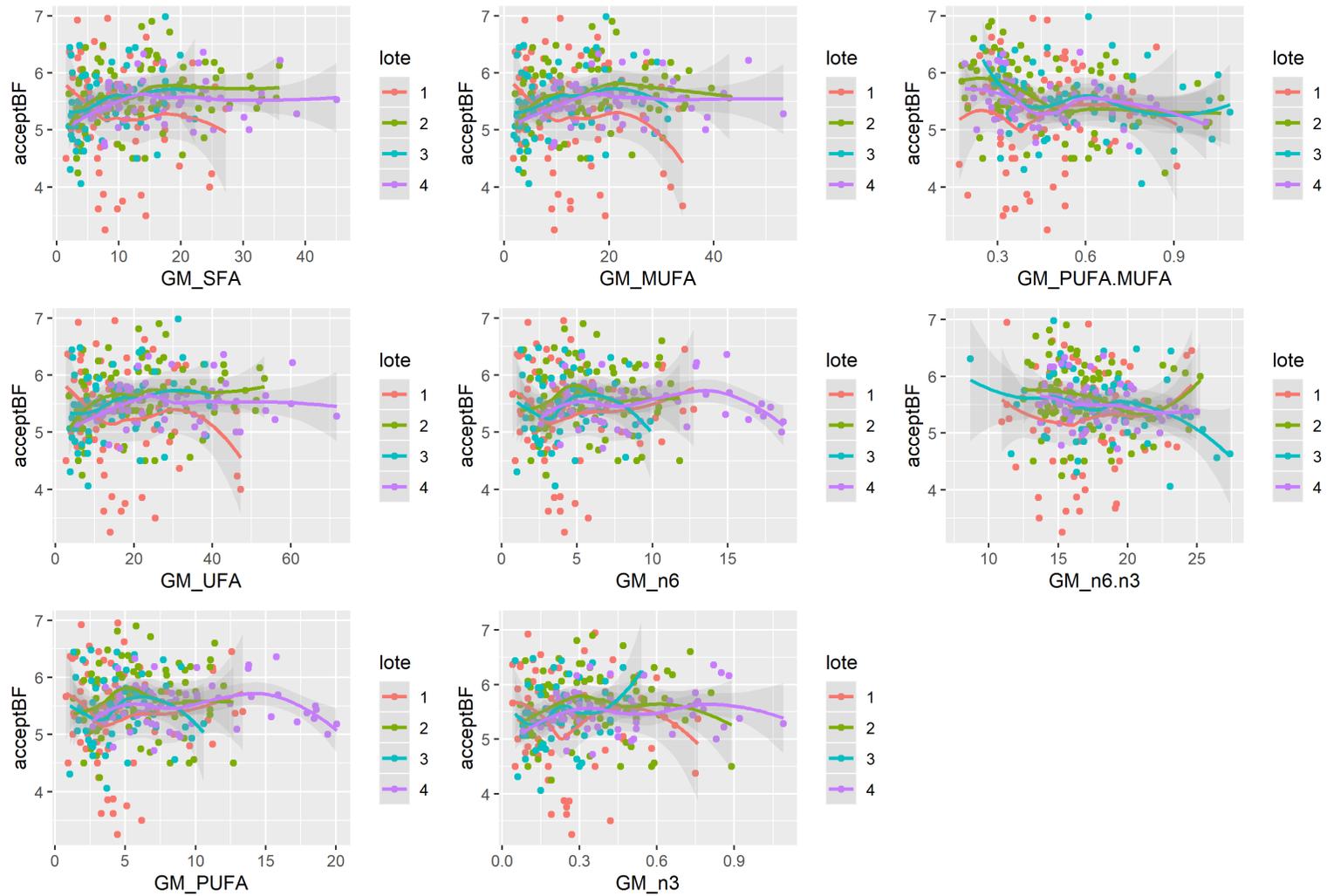


Figura A5. Gráfico de puntos de las concentraciones de ácidos grasos comparadas con la aceptabilidad del jamón evaluada en el *gluteus medius*.
*Ver lista de abreviaturas en Anexo 1.

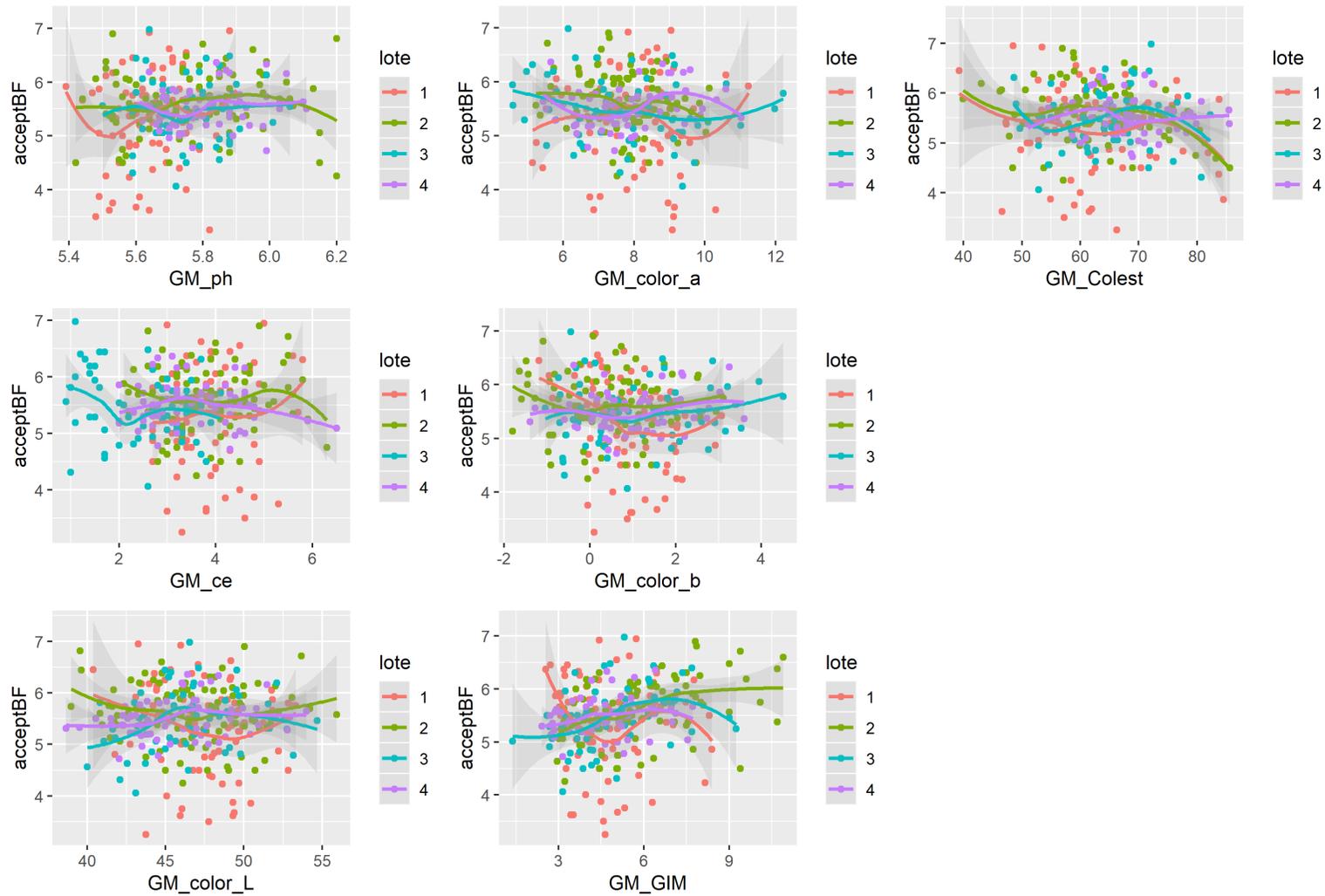


Figura A6. Gráfico de puntos de los caracteres físico-químicos de la carne comparados con la aceptabilidad del jamón en el *gluteus medius*.
*Ver lista de abreviaturas en Anexo 1.

Lista de abreviaturas para los caracteres de las figuras y tablas:

adhersBF=adhesividad en *bíceps femoris*.

duresaBF=dureza en *bíceps femoris*.

esmicoBF=desmenuzabilidad en *bíceps femoris*.

fusioBF=fusión en *bíceps femoris*.

PastosBF= pastosidad en *bíceps femoris*.

amargBF=amargor en *bíceps femoris*

anyencBF=añejo en *bíceps femoris*

curatBF= curado en *bíceps femoris*

dolcBF= sulce en *bíceps femoris*

MetalBF=metálico en *bíceps femoris*

salatBF= salado en *bíceps femoris*.

picantBF= picante en *bíceps femoris*.

umamiBF= umami en *bíceps femoris*.

serumCHOL2= concentración sérica de colesterol (mg/dL) a los 190días.

serumHDL2= concentración sérica de HDL (mg/dL) a los 190días.

serumLDLD2= concentración sérica de LDL (mg/dL) a los 190días.

serumTG2= concentración sérica de triglicéridos (mg/dL) a los 190días.

PES_90= Peso al primer control (kg).

BF_90= grasa dorsal al primer control (cm).

PES_180= Peso a los 180días, interpolado (kg).

BF_180= Grasa dorsal a los 180 días, interpolado (cm).

GMD= Ganancia media diaria (kg).

CMD= Consumo medio diario (kg).

RFI= Ingesta de alimento residual.

FCR= Índice de conversión de alimento.

Pes_PernilFresc= Peso del jamón fresco (Kg)

Pes_PernilCurat= Peso del jamón curado (Kg).

X.merma= Porcentaje de merma (%) del jamón.

Color_BF= Color en en *bíceps femoris*.

Vetejat_BF= Veteado en *bíceps femoris*.

Vetejat_ST= Veteado en *semitendinosus*.

GM_ph= pH en *gluteus medius*.

GM_ce= Conductividad eléctrica (S/m) en *gluteus medius*.

GM_color_L= Color L en *gluteus medius*.

GM_color_a= Color a en *gluteus medius*.

GM_color_b= Color b en *gluteus medius*.

GM_GIM= Grasa intramuscular (g/100 g, %) en *gluteus medius*.

PV_ajust= Peso vivo (kg) en el sacrificio, ajustado a partir del peso máximo y el aumento de grasa diario.

Pcanal= peso de la canal (kg)

Rend= Rendimiento de la canal (%)

X.magre= Porcentaje de magro (%)

Gd34= grasa dorsal (cm) entre la tercera y la cuarta costilla, medido con AutoFOM.

Llom34=espesor de lomo (cm) entre la tercera y la cuarta costilla, medido con AutoFOM.

Gdpernil= grasa dorsal (cm) a la altura del jamón.

Ppernil= peso del jamón (Kg)

Reg_ucost= grasa dorsal (cm) en la última costilla, medido con regleta.

Reg_34cost= grasa dorsal (cm) entre la tercera y la cuarta costilla, medido con regleta.

GM_10_0= ácido graso 10:0 en *gluteus medius*

GM_PUFA.MUFA= ratio PUFA/MUFA en *gluteus medius*