



Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los alimentos

Percepción del color de la carne de cerdo y vacuno

Perception of the colour of the meat of pork and bovine

Autor/es

Pablo Gregorio Espinosa

Director/es

M^a Ángeles Latorre Górriz
Guillermo Ripoll García
Begoña Panea Doblado

Facultad de Veterinaria

2022

Índice

1. Resumen	2
2. Abstract	3
3. Introducción	4
3.1. Situación del sector cárnico en España.....	4
3.2. Percepción del color.....	6
3.3. Percepción del consumidor del color de la carne	7
3.4. Mínima diferencia perceptible	8
3.5. Encuestas web	9
4. Justificación y objetivos	10
5. Material y métodos.....	11
5.1. Muestras experimentales	11
5.2. Determinaciones laboratoriales.....	11
5.2.1.Toma de fotografías	11
5.2.2.Determinación del color	13
5.3. Encuesta	13
5.4. Análisis estadístico	17
6. Resultados y discusión	18
6.1. Medidas de color.....	18
6.2. Carne de vacuno	18
6.3. Carne de cerdo	27
7. Conclusiones	35
8. Conclusions	36
9. Valoración personal	37
10. Bibliografía	38

1. Resumen

El sector cárnico, y en particular la carne de cerdo y vacuno, tienen una gran importancia en nuestro país, ya que ocupa el primer lugar de toda la industria española de alimentos y bebidas. Por otro lado, el color es uno de los atributos más valorados por los consumidores cuando van a comprar. En el presente trabajo se ha estudiado la mínima diferencia de color perceptible por los consumidores, tanto en carne de vacuno como en carne de porcino, y si esta se ve influenciada por variables sociodemográficas o psicográficas. Para llevar a cabo el estudio se seleccionaron siete muestras de carne de ternera y seis de cerdo. Para obtener la mínima diferencia perceptible se realizaron fotografías a los filetes de ambas carnes, dichas imágenes se compararon entre sí y se elaboraron dos encuestas a consumidores, una para cada especie.

Los resultados obtenidos han indicado que, en el caso de la carne de vacuno, los consumidores necesitan una diferencia de color (ΔE_{ab}^*) mayor que en el caso del cerdo, ya que en tan solo un 25% de los consumidores detectan diferencias de color con un $\Delta E_{ab}^*=8$ en la ternera, mientras que en la carne de cerdo, el 50% son capaces de detectar diferencias con un $\Delta E_{ab}^*=6,2$. Además, la capacidad para detectar diferencia de color no se ve influenciada por variables sociodemográficas o psicográficas como edad, género, nivel de estudios, lugar de residencia o familiaridad para ambas especies; sin embargo, en el caso de la carne de vacuno sí se ve influenciada por los grupos de consumidores, donde el “consumidor precavido” comienza a detectar diferencias antes que el grupo de “consumidores sin implicación”. Para encontrar relaciones no lineales entre el color instrumental y la apreciación visual de los consumidores se utilizó un algoritmo de aprendizaje automático que mostró que la luminosidad es la variable más importante para la población a la hora de decidir qué color le dan a cada imagen, aunque los resultados de este análisis obtuvieron un R^2 bajo, en especial en la carne de cerdo.

2. Abstract

The meat sector, and in particular pork and beef, is of great importance in our country, as it occupies first place in the entire Spanish food and beverage industry. On the other hand, colour is one of the attributes most valued by consumers when they go shopping. In the present study, we have studied the minimum difference in colour perceptible by consumers, both in beef and in pork, and whether this is influenced by socio-demographic or psychographic variables. To carry out the study, seven samples of beef and six samples of pork were selected. To obtain the minimum perceptible difference, photographs were taken of the fillets of both meats, these images were compared with each other and two consumer surveys were carried out, one for each species.

The results obtained indicated that, in the case of beef, consumers need a greater colour difference (ΔE_{ab}^*) than in the case of pork, since only 25% of consumers detect colour differences with a $\Delta E_{ab}^*=8$ in beef, while in pork, 50% are able to detect differences with a $\Delta E_{ab}^*=6.2$. Furthermore, the ability to detect colour difference is not influenced by socio-demographic or psychographic variables such as age, gender, level of education, place of residence or familiarity for both species; however, in the case of beef it is influenced by consumer groups, where the "cautious consumer" starts to detect differences earlier than the "uninvolved consumer" group. In order to find non-linear relationships between instrumental colour and consumers' visual appreciation, a machine learning algorithm was used which showed that brightness is the most important variable for the population when deciding which colour to give to each image, although the results of this analysis obtained a low R^2 , especially for pork.

3. Introducción

3.1 Situación del sector cárnico en España

La industria cárnica española ocupa el primer lugar de toda la industria española de alimentos y bebidas, con una cifra de negocio de 31.727 millones de euros, el 28,5% de todo el sector alimentario español. Esta cifra supone el 2,55% del PIB total español, el 17,22% del PIB de la rama industrial y el 4,66% de la facturación total de toda la industria española (ANICE, 2022).

El sector cárnico está formado por un tejido industrial de unas 2.800 empresas, ubicadas especialmente en zonas rurales y con una base muy importante de pequeñas y medianas empresas de accionariado familiar, a la vez que se han consolidado también grandes grupos empresariales, algunos de ellos líderes a escala europea (ANICE, 2022).

En 2021, a pesar del complejo contexto nacional e internacional marcado por la Covid-19, la industria cárnica continuó con su expansión exportadora de los últimos años, alcanzando un nuevo récord anual, con 3,24 millones de Tm de carnes y despojos y 212.443 Tm de productos elaborados, vendidos en mercados de todo el mundo por un valor de 9.107 millones de euros, prácticamente un 5% más que el año anterior. Esto representó una balanza comercial muy positiva del 712%, un dato que pone de manifiesto la importancia de este sector para la economía y el progreso global de nuestro país (ANICE, 2022).

Respecto al consumo de carne y derivados, los comportamientos de compra y consumo que la pandemia y confinamiento habían modificado de forma muy importante durante todo el año 2020, volcados hacia las comidas en el hogar por la imposibilidad y/o cierre o restricciones de la hostelería y restauración, volvieron a la situación anterior a la pandemia y con un cierto efecto “rebote”, por la conducta muy generalizada de intentar recuperar la “normalidad” de las salidas y consumo fuera del hogar.

Por todo ello, en 2021, el consumo en el hogar de carnes y elaborados cayó un 8,4% en volumen (había subido un 9,4% en 2020), mientras que el gasto se redujo un 6,2% (frente a la subida del 12% en el año anterior), provocando que el consumo per cápita se desplomara casi un 12%, hasta los 45,4 kg.

La carne fresca de cerdo (-10,1%) protagonizó la mayor caída porcentual, seguida del pollo (-9,5%) y el vacuno (-9,1%), pero la información global del sector de la alimentación fuera de casa, a cierre del tercer trimestre del año 2021, indica los signos de recuperación indicados anteriormente (ANICE, 2022).

Los datos de los sectores en España fueron los siguientes:

- Sector porcino. Tiene una importancia clave en la economía de nuestro país ya que supone en torno al 14% de la Producción Final Agraria. Dentro de las producciones

ganaderas, el sector porcino ocupa el primer lugar en cuanto a su importancia económica, alcanzando cerca del 39% de la Producción Final Ganadera. A nivel mundial, la UE-28 es el segundo productor de carne de porcino, después de China. Individualmente, España es la cuarta potencia productora, después de China, EE.UU. y Alemania, mientras que, a nivel europeo, España ocupa el segundo en producción, con un 19% de las Tm producidas, por detrás de Alemania, y es el primer país de la UE en censo, con cerca del 21% del censo comunitario.

Durante los últimos años, el sector porcino ha crecido notablemente, tanto en producción como en censo y en número de explotaciones, gracias al empuje de los mercados exteriores apoyado, a su vez, en la competitividad del sector en el mercado mundial. Este aumento de la producción ha incrementado la ya elevada tasa de autoabastecimiento, lo que convierte a la exportación en un elemento esencial para el equilibrio del mercado. Con una balanza comercial muy positiva, España se ha consolidado como segundo mayor exportador de porcino de la UE, solo por detrás de Alemania, aumentando espectacularmente las exportaciones a terceros países, especialmente a China y otros países del Sudeste asiático (MAPA, 2022).

- Sector vacuno. El sector de vacuno de carne representa en España alrededor del 15,3% del valor de la Producción Final Ganadera y el 5,7 % del valor de la Producción Final Agraria. Este valor económico sitúa a España como tercer país en importancia para este sector ganadero dentro del entorno comunitario de la UE-28, tras Francia y Alemania. El censo bovino total de España se encuentra estabilizado alrededor de los 6,5 millones de cabezas, distribuidas en aproximadamente 130.000 explotaciones. Esto constituye la base generadora de diferentes producciones en nuestro país, incluyendo aproximadamente 700.000 Tm de carne de vacuno. En el entorno comunitario, España aportaría en torno al 8% del censo bovino y el 10% de la carne de vacuno producida. La actividad productiva del sector vacuno de carne se apoya en dos segmentos diferenciados; por un lado, el subsector dedicado a la cría de vaca nodriza y, por otro, el subsector dedicado al cebo de terneros, ambos complementarios, pero con localizaciones y modelos de producción claramente diferenciados entre sí. En los últimos años, además, se constata una tendencia al avance en la adopción de modelos de producción ecológica y de producciones amparadas por denominaciones de calidad, reflejo de lo que se vendría evidenciando en el resto de la UE.

Por otro lado, la coincidencia de una progresiva disminución en el consumo interno con el aumento de la demanda en otros países ha hecho de la internacionalización una estrategia clave para este sector. Esto queda reflejado en la cifras y evolución de su

comercio exterior, con un marcado protagonismo de las exportaciones, tanto de carne como de animales vivos (MAPA, 2022).

3.2 Percepción del color

El color es uno de los atributos más importantes de la carne que los consumidores toman en consideración durante la compra (Carpenter, Cornforth y Whittier, 2001; Font-i-Furnols y Guerrero, 2014; Purslow et al., 2020), especialmente cuando la carne se vende envasada y cuando no se pueden evaluar otros atributos, como el aroma o la textura. A partir del color de la carne cruda, los consumidores evalúan su frescura e idoneidad para el consumo, o incluso predicen la calidad sensorial del producto cocinado (Šuput et al., 2013; Salueña et al., 2019).

No hay una sola definición de color, pero la norma de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, 1970) considera dos conceptos diferentes: el color percibido y el color psicofísico. El color percibido se define como el aspecto de la percepción visual mediante el cual un observador puede distinguir entre dos campos del mismo tamaño, forma y textura basándose en las diferencias en la composiciónpectral de las radiaciones relacionadas con la observación. El color psicofísico es la característica de la radiación visible que permite al observador distinguir las diferencias entre dos objetos de las mismas dimensiones, forma y estructura, siendo estas diferencias de la misma naturaleza que las producidas por una diferencia en la composiciónpectral de la radiación que interviene en la observación.

El color se puede medir de forma subjetiva u objetiva. La medición subjetiva se lleva a cabo mediante expertos o mediante consumidores. Una de las formas de realizar una medición objetiva es el uso del sistema CIELab, desarrollado en 1931, que estandarizó los sistemas de medición de color especificando las fuentes de luz (o iluminantes), el observador y la metodología usada para encontrar los valores para la descripción del color. Las tres coordenadas fundamentales de color usadas son L^* , a^* y b^* . L^* es la luminosidad y es una medida de la luz reflejada (100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz es absorbida), a^* es el índice de rojo (cuando a^* es positivo es rojo; cuando es negativo es verde) y b^* es el índice de amarillo (cuando b^* es positivo es amarillo; cuando b^* es negativo es azul) (CIE, 1986). Además, a estas tres coordenadas se le suman otras dos derivadas de las anteriores. Por un lado, está el tono (h_{ab}) que comienza en el eje $+a^*$ y se expresa en grados: 0° sería $+a^*$ (rojo), 90° sería $+b^*$ (amarillo), 180° sería $-a^*$ (verde) y 270° sería $-b^*$ (azul) (Konica Minolta Inc., 2003). Por otro lado, está el croma o saturación (C^*), que es 0 en el centro, aumenta de acuerdo con la distancia respecto al centro y describe lo vivo o lo apagado de un color, es decir, cómo de cerca está el color del gris o del matiz puro (X-Rite, 2002). La figura 1 muestra la representación gráfica de los parámetros de color mencionados.

El color de la carne depende de muchos factores y está muy influenciado por el estado químico de los pigmentos de la carne, como la mioglobina (Faustman y Cassens, 1990; Watts et al., 1996).

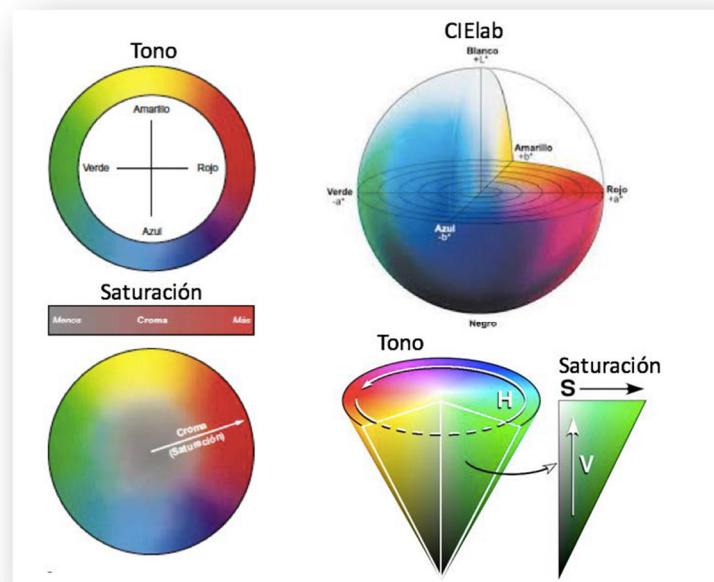


Figura 1. Representación gráfica de los parámetros de color: CIELab (L^* , a^* y b^*), Tono (h_{ab}) y Saturación (C^*) (CIE, 1986).

3.3 Percepción del consumidor del color de la carne

Los consumidores son el último paso en la cadena de producción, y el cumplimiento de sus expectativas es una parte importante de su satisfacción y comportamiento de compra. Por lo tanto, es importante comprender los factores que afectan el comportamiento del consumidor. Los factores que influyen a la hora de comprar carne son: psicológicos (factor individual), sensoriales (factor específico del producto) y de marketing (factor ambiental). Estos aspectos están interrelacionados y, a su vez, dependen de factores adicionales que inciden en la toma de decisiones de los consumidores. La importancia de los componentes del modelo depende del consumidor, el contexto, la cultura o la información disponible y pueden influir en el comportamiento individual en diferentes grados (Font-i-Furnols y Guerrero, 2014).

La aceptabilidad del color está influenciada por muchos factores, incluyendo los aspectos culturales, geográficos y sociológicos de una población, pero cuando hablamos de carne, el color y la frescura son los indicadores de calidad más importantes para los consumidores españoles (Briz y De Felipe, 2001) y, por este motivo, el color es de gran importancia para el distribuidor y el vendedor final, ya que carne decolorada o poco atractiva no se vende si no se

le incorporan importantes descuentos (Liu et al., 1995). Para la carne roja, el consumidor prefiere un color rojo brillante. El color del músculo está determinado en su mayor parte por su contenido en mioglobina y hemoglobina.

En la carne fresca, la mioglobina se puede encontrar en tres formas básicas: desoximioglobina (DMb), oximioglobina (MbO₂) y metamioglobina (MMb), correspondientes respectivamente a los estados reducido, oxigenado y oxidado de este pigmento (Mancini y Hunt, 2005). En ausencia de oxígeno, la mioglobina permanece en su estado reducido. Tan pronto como la superficie de la carne entra en contacto con el oxígeno, la desoximioglobina se transforma rápidamente en oximioglobina, dando a la carne el color rojo brillante deseado por los consumidores. Finalmente, la mioglobina se oxida progresivamente promoviendo el pardeamiento y la pérdida de su atractivo aspecto. La formación de metamioglobina es el problema más importante para preservar un color estable de la carne al por menor (Sen et al, 2012) y un parámetro clave en las decisiones de compra de los consumidores, ya que la mitad de los consumidores rechaza el producto cuando la proporción de MMb en la superficie de la carne llega al 20% (Hood y Riordan, 1973; Renerre y Mazuel, 1985), volviéndose inaceptable cuando llega al 50% (Van den Oord y Wesdorp, 1971).

3.4 Mínima diferencia perceptible

La diferencia de color entre dos estímulos visuales se puede calcular a partir de las variables tricromáticas CIE (L* a* b*) aplicando la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

donde ΔE_{ab}^* es la diferencia de color (Sobol, Jakubowski y Nawara, 2020) y L*, a* y b* ya se han descrito anteriormente.

Un aspecto de gran interés es encontrar la mínima diferencia de color perceptible por los consumidores. Esta se define como la diferencia de color entre dos objetos, o estímulos, que es lo suficientemente grande como para ser percibida por el 50% de las personas (Bradley, Reich y Norcross, 1999). Sin embargo, se puede sustituir la mediana (P50) o por cualquier otro percentil de interés. De forma que, para obtener la mínima diferencia perceptible se necesita una serie de muestras, sus diferencias de color y un grupo de personas. Así, la mínima diferencia perceptible dependerá de la diferencia de color entre las muestras y de las personas que lo evalúen, teniendo en cuenta que la percepción de los estímulos depende, en parte, de las características sociodemográficas y psicográficas de cada persona.

3.5 Encuestas web

La realización de encuestas online está tomando gran importancia a medida que el acceso a la red se hace más universal. En España, la penetración de la banda ancha fija y/o móvil es del 96%, lo cual potencia la frecuencia de uso de Internet hasta el 92%. Además, un 74% de la población total está familiarizada con el manejo de las aplicaciones móviles y los ordenadores y el 65% tiene habilidades digitales básicas (ONTSI, 2022).

Otro aspecto muy importante es que casi 13 millones de viviendas en España disponen de ordenador fijo o portátil, lo que equivale al 78% de los hogares con al menos un miembro de entre 16 y 74 años; asimismo, también ha aumentado el número de ordenadores en las zonas de menos ingresos o rurales (ONTSI, 2022).

Las encuestas on-line destacan por la capacidad de envío y recepción de un gran número de cuestionarios con gran rapidez y bajo coste, y la minimización de errores en la transcripción de la información, al ser esta automática (Díaz de Rada, 2012).

Además, las encuestas por Internet superan las barreras físicas de acceso al entrevistado (barrios residenciales exclusivos, zonas rurales alejadas, etc.) y permiten acceder a personas ocupadas o con horarios singulares, difíciles de localizar en las encuestas presenciales o telefónicas, además de salvar también barreras psicológicas, puesto que se garantiza el anonimato. Esto hace que se puedan expresar las respuestas menos aceptadas socialmente o de personas excluidas por la sociedad (Díaz de Rada, 2012).

Sin embargo, las encuestas online también presentan inconvenientes. La ausencia de entrevistador conlleva la incertidumbre sobre la identidad del encuestado y si ha sido influido por terceros. También se requiere por parte del encuestado un mayor esfuerzo al no contar con la ayuda del encuestador. Esto puede traducirse en abandonos de la encuesta, lo que se podría suplir por el mayor alcance en encuestas online (De Leuw et al, 2008).

4. Justificación y objetivos

Del contexto expuesto en la Introducción, se puede deducir que tanto la carne de cerdo como la de vacuno son fundamentales para la economía española y que el color de la carne es clave en la percepción de la calidad de la misma y a la hora de la compra.

Por ello, comparando valores objetivos (obtenidos en el laboratorio) y valores subjetivos (obtenidos en encuestas online) se plantea estudiar si existe correlación entre el color subjetivo de la carne y la percepción de ese color por parte del consumidor.

Los objetivos del presente TFG, llevados a cabo con carne de cerdo y vacuno, fueron:

- Encontrar la mínima diferencia perceptible de color por los consumidores.
- Estudiar si la mínima diferencia perceptible está influida por variables sociodemográficas o psicográficas como la implicación.

5. Materiales y métodos

5.1 Muestras experimentales

Para la realización del estudio se partió de distintas muestras de carne fresca de cerdo y vacuno y se siguió el procedimiento que muestra en la figura 2.

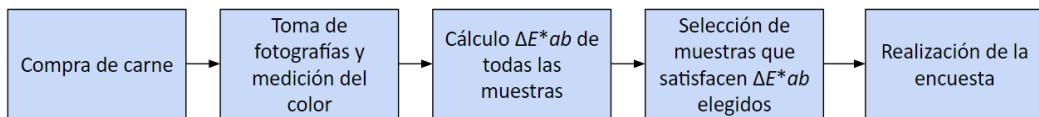


Figura 2. Diagrama de flujo con el procedimiento llevado a cabo para la elaboración del estudio

Para el estudio de la carne de ternera, se partió de 11 muestras, pero finalmente se acabaron seleccionando 7, que fueron las siguientes:

- Filete de añojo
- Dos chuletones de ternera con distinto color
- Lomo de añojo (después de estar abierto y haber entrado en contacto con el oxígeno)
- Lomo de ternera
- Lomo de añojo
- Lomo de ternera, con una parte más oscura

Para el estudio de la carne de cerdo, se partió de 7 muestras, de las que finalmente se acabaron seleccionando 6, que fueron las siguientes:

- Lomo de cerdo de capa blanca
- Lomo de cerdo 50% Duroc
- Filete de lomo 50% Duroc, tras exposición al oxígeno (alto contenido en oximoglobina)
- Cerdo de capa blanca, lomo grueso
- Lomo de cerdo 50% Duroc con color más claro
- Chuleta de cerdo de capa blanca

Posteriormente, se tomó una fotografía y se midió el color de cada trozo de carne, tal y como se detalla a continuación.

5.2 Determinaciones laboratoriales

5.2.1 Toma de fotografías

La toma de fotografías se realizó con el objetivo de obtener imágenes que pudiesen relacionarse con medidas numéricas de color instrumental, para así realizar una encuesta y estudiar la percepción que tienen los consumidores del color de la carne.

Las fotografías se realizaron de forma estandarizada dentro de un estudio o cubo de iluminación portátil (Vitec Imaging Distribution UK, Leicestershire, Reino Unido), que se iluminó con dos focos (Cromalite S.L, Barcelona, España) que constaban de cinco bombillas de 28 W, 5.200 K y 1.600 lm. La figura 3 muestra el estudio portátil empleado. Dentro del cubo de iluminación se colocó una tabla de teflón negro sobre la que se colocaron los filetes. Antes de realizar las fotografías se midió el nivel de iluminación con un luxómetro Testo 545 (Instrumentos Testo S.A., Madrid, España). Para ello, con los focos encendidos, se introdujo el luxómetro dentro del cubo de iluminación y se movió por diferentes puntos, observando las medidas dadas; en función de ello, se ajustó la posición de los focos intentando minimizar la diferencia de iluminación en los diferentes puntos del cubo. La iluminación utilizada fue de entre 1100 y 1200 lx. Las fotografías se realizaron con una cámara E-PL1 (Olympus, Shinjuku, Tokio) de 12,3 Mpx, que consta de un objetivo M. Zuiko digital de 14-42 mm, 1:3,5-5,6 L. La cámara está anclada a un trípode, que se colocó encima del estudio de iluminación. Para poder colocar la cámara, siempre en las mismas condiciones de manera sencilla, esta cuenta con dos niveles de burbuja, uno para el eje horizontal y otro para el vertical. Por último, se configuró la cámara manualmente a un ISO de 400, una apertura de lente de F4,5 y una velocidad de obturación de 1:125. Además, fue calibrada con un gris al 75% antes de tomar las fotografías. Dichas imágenes se realizaron sin flash y sin ningún tipo de filtro.

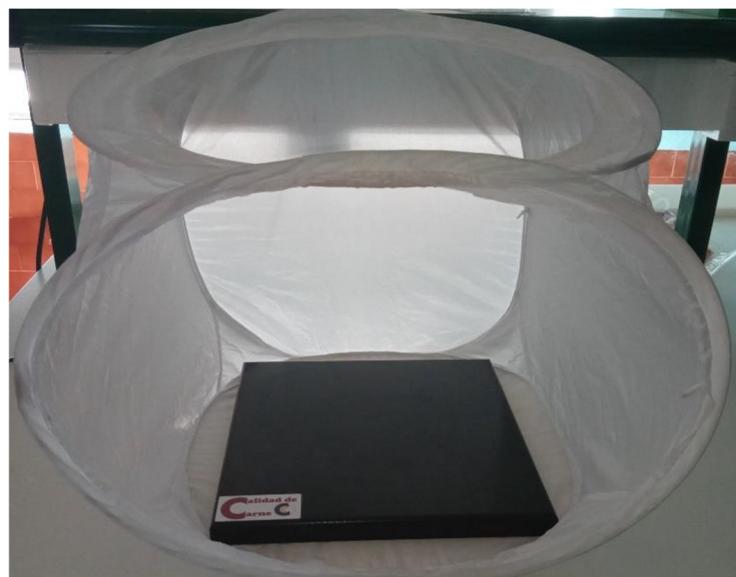


Figura 3. Estudio de iluminación portátil con la tabla de teflón sobre las que se colocaron los filetes para realizar las fotografías

5.2.2 Determinación del color

La medida del color se llevó a cabo con un colorímetro CM-600d (Konica Minolta, Tokio, Japón) tras haber realizado las fotografías. Para poder llevar a cabo las medidas, fue necesario calibrar previamente el equipo; para ello, se deben medir un negro puro y un blanco.

Para efectuar las medidas de la carne, se colocaron las piezas de carne (en caso de que fueran muy finas se colocaban varias, para asegurar un espesor mínimo de 1,5 cm) sobre un azulejo blanco, que sirvió de fondo para estandarizar todas las medidas. Cada medida se realizó tres veces con el propósito de que fuese lo más representativa posible. Además, se trató de evitar, en la medida de lo posible, las partes grasas y las imperfecciones.

5.3 Encuesta

Se llevaron a cabo dos encuestas, una sobre ternera y otra sobre cerdo, que fueron difundidas por WhatsApp y correo electrónico. El formulario de la encuesta se muestra en el siguiente enlace (<https://forms.gle/b8jpnRMfjrq4YhXd8>). Las encuestas tenían una parte común, al principio, en la que se preguntaba sobre datos personales y sobre hábitos de consumo.

Respecto a los datos personales, se preguntaba por género (masculino, femenino o prefiero no decirlo), edad (como variable continua), país (España u otro, sin especificar cuál era el otro país), lugar de residencia (ciudad, pueblo grande -más de 10.000 habitantes-, pueblo mediano -entre 5.000 y 10.000 habitantes-, pueblo pequeño -entre 500 y 5.000 habitantes- y pueblo muy pequeño -menos de 500 habitantes), nivel de estudios (educación primaria, básico o sin estudios, bachiller, FP o similar y estudios universitarios).

La parte de hábitos de consumo estaba dividida en tres secciones. En la primera aparecían 12 preguntas sobre la implicación con la comida en general. Para ello se empleó la escala “Food involvement scale” (FIS) o escala de implicación con la comida propuesta por Bell y Marshall (2003), que se puede observar en la Tabla 1, aunque se realizaron modificaciones, cambiando las preguntas originales en inglés de negativas a positivas para facilitar su comprensión por parte de los encuestados hispanoparlantes. En cada pregunta se utilizó una escala de Likert de 7 puntos, siendo 1-Total desacuerdo y 7-Total acuerdo. Siguiendo esta misma metodología, se calculó el valor total de la escala “FIS” y dos subescalas; una incluía las preguntas 6, 11 y 12, que se relacionan con el acto de poner y recoger la mesa “Set and Disposal (S&D)” y otra englobaba el resto de las preguntas, que se relacionan con preparar la comida y comer “Preparing and Eating (P&E)”. Las respuestas se sumaron en una escala continua.

La segunda sección era una escala para medir la familiaridad del consumidor con la carne de vacuno y cerdo, respectivamente. Para ello se empleó la escala descrita por Bäckström, Pirtilä-Backman y Tuorila (2004), que se muestra en la Tabla 2 y en la que debían elegir una de las opciones presentadas.

La tercera sección preguntaba al encuestado la importancia dada al color de la carne a la hora de comprar; se valoraba en una escala del 1 al 5, siendo 1-Nada importante, y 5-Muy importante.

Tabla 1. Las 12 variables sobre la implicación con la comida de Bell y Marshall (2003).

1. No pienso mucho en la comida a diario
2. Cocinar o hacer barbacoas no es muy divertido
3. Me gusta hablar de lo que comí o voy a comer
4. Comparado con otras decisiones diarias, mis decisiones sobre la comida no son muy importantes
5. Cuando viajo, una de las cosas que priorizo es comer la comida típica del lugar
6. Limpio todo, o casi todo, después de comer
7. Disfruto cocinando para los demás y para mí
8. Cuando salgo a comer fuera no pienso o hablo mucho de cómo sabe la comida
9. No me gusta la comida picada o en trozos
10. Soy yo quien compra la mayoría o la totalidad de la comida
11. No lavo los platos ni limpio la mesa
12. Me preocupa si la mesa está bien puesta o no

Tabla 2. Escala de familiaridad con un producto de Bäckström, Pirtilä-Backman y Tuorila (2004).

1. No sé qué es el producto
2. Sé qué es el producto, pero no lo he probado
3. He probado el producto, pero no como
4. Como el producto ocasionalmente
5. Como el producto habitualmente

La segunda parte de la encuesta tenía la misma estructura en ambos casos pero se diferenciaba en las fotografías añadidas. Para su diseño se emplearon las medidas de color instrumental y las fotografías realizadas. Las medidas de color instrumental fueron comparadas entre sí por pares, obteniendo distintas diferencias de color (ΔE_{ab}^*). Tras obtener los valores numéricos de las diferencias, se seleccionaron aquellas cuyas ΔE_{ab}^* estaban entre 3 y 9, con el objetivo de conseguir intervalos equidistantes.

Para montar la encuesta, las fotografías se recortaron para obtener áreas de 3 cm x 3 cm. Dichas áreas se unieron con sus parejas en una sola imagen, en la que ambas fotografías aparecían separadas por 1,5 cm, como aparece en la figura 4.

El objetivo era conseguir una escala de diferencias, desde pares de imágenes en los que la diferencia era prácticamente imperceptible hasta pares de imágenes en los que se viese con facilidad la diferencia de color, aunque las fotografías no aparecían por orden de diferencia de color en las encuestas, ya que eso podría dar pistas a los encuestados y provocar que no contestasen por lo que veían en las fotografías; es decir, se presentaron en un orden aleatorio.

Las diferencias de color de las muestras elegidas fueron las siguientes:

- para la primera encuesta de ternera: 3,7; 4,5; 5,9; 7,3 y 7,7;
- para la segunda encuesta de ternera: 3,8; 5,4; 6,4; 7,5 y 8,4;
- y para la encuesta de cerdo: 3,5; 4,4; 5,7; 6,2; 6,8 y 7,7.



Figura 4. Imagen obtenida de la comparación entre dos filetes de carne de cerdo con una $\Delta E^* = 6,2$. Cada cuadro de color mide 3 cm x 3 cm separados por 1,5 cm.

Una vez obtenidos los pares de imágenes de cada encuesta (cinco en cada una de las encuestas de ternera y seis en la de cerdo) se preguntó, para cada uno de ellos, si las muestras eran del mismo color. Para ello, se les pidió que observasen detenidamente cada imagen, tratando de obviar el grado de infiltración de la grasa y otras imperfecciones. Una vez contestada esta pregunta, los encuestados debían elegir el color de cada imagen, siguiendo la escala propuesta por AMSA (2012).

En el caso de la carne de vacuno, la escala de colores iba desde el 1 al 8, y era la siguiente: 1- rojo pálido, 2- rojo ligeramente pálido, 3- rojo moderadamente claro, 4- rojo brillante, 5- rojo ligeramente oscuro, 6- rojo moderadamente oscuro, 7- rojo oscuro y 8- rojo muy oscuro.

En el caso de la carne de cerdo, la escala de colores propuestos era una escala del 1 al 5, en la que 1 era “rosado claro” y 5 “rosado oscuro”.

La última parte de la encuesta, común para todas, se basaba en analizar la implicación del consumidor con la carne, dado que el concepto de implicación ha desempeñado un papel cada vez más importante a la hora de explicar el comportamiento del consumidor contemporáneo. La implicación se divide en cinco facetas, que son: importancia del producto, valor hedónico, valor simbólico, importancia del riesgo y probabilidad del riesgo (Tabla 3).

Tabla 3. Implicación con la carne (Verbeke y Vackier, 2004).

Importancia del producto
Me da bastante igual la carne
La carne es muy importante para mi
La carne es absolutamente necesaria para mi
Valor hedónico
Puedo decir que en realidad no me gusta comer carne
Me gusta más una comida con carne que una comida sin carne
Me gusta mucho la carne
Valor simbólico
Se puede saber mucho de una persona por la carne que elige
Mi elección de carne transmite a otras personas una imagen de mí
Mi elección de carne no transmite nada sobre mí a los demás
Importancia del riesgo
No tengo mucho que perder cuando elijo mal la carne
Una mala elección de la carne me parece terrible
Me resulta muy molesto hacer una mala elección de la carne
Probabilidad del riesgo
Nunca sé si hago la elección correcta de la carne
Cuando compro carne, sé que hago la elección correcta
Me siento perdido cuando tengo que comprar carne

Para ello, se le plantearon a los encuestados las preguntas referidas en la tabla 3, aunque se modificaron algunas preguntas para facilitar su comprensión. En concreto, se cambió de negativo a positivo y, en el caso de "Me da bastante igual la carne", la variable aparece invertida. Así, por ejemplo, en lugar de preguntar "la carne de cerdo es muy importante para mí" se puso "la carne de cerdo no me importa". Esto es para que las preguntas de la misma faceta no parezcan tan similares. Sin embargo, a la hora de tratarlas estadísticamente, estas

respuestas se invierten para que vayan en la misma dirección que las respuestas de las otras cuestiones.

Asimismo, las preguntas aparecían desordenadas, con el objetivo de ver si los encuestados contestaban de forma consciente. En todas las preguntas debían contestar usando una escala de Likert del 1 al 7, siendo 1- total desacuerdo y 7- total acuerdo.

5.4 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con R (R Core team, 2013). Con el fin de clasificar a los encuestados en función de su implicación con la comida, se realizó un análisis factorial de las 15 variables (Verbeke y Vackier, 2004) utilizando el método de componentes principales con correlación de Pearson como método de extracción, sin utilizar ninguna rotación. Se extrajeron las puntuaciones factoriales para cada encuestado y se registraron en 4 nuevas variables sintéticas, que se utilizaron para realizar un análisis de conglomerados jerárquicos mediante el método de Ward. De esta manera, en el caso de la carne de vacuno, los 545 encuestados se clasificaron en 4 clústeres o grupos de encuestados y, en el caso de la carne de cerdo, los 273 encuestados se clasificaron en 5 clústeres o grupos de encuestados.

Para caracterizar el perfil de cada clúster se promediaron las tres respuestas de cada faceta de la implicación (Verbeke y Vackier, 2004) y se realizó un análisis de varianza utilizando las facetas de la implicación como variables dependientes y el grupo de consumidor como factor o variable independiente. Para estudiar las diferencias entre grupos de encuestados se realizó un ANOVA con la edad, la familiaridad y la importancia del color de la carne, y para las variables discretas género, lugar de residencia y nivel de estudios se utilizó el test de χ^2 .

Para determinar la mínima diferencia perceptible por el 50 % de los encuestados, se utilizó la técnica de curvas de supervivencia Kaplan-Meier utilizando el paquete estadístico “survminer” (Kassambara, Kosinski y Biecek, 2021) de R.

Por último, se utilizó el paquete Cubist (Kuhn y Quinlan, 2020) para desarrollar modelos de predicción basados en reglas con el algoritmo de aprendizaje automático Cubist (Rulequest, 2016). Este algoritmo emplea datos de entrada (variables instrumentales de color y FIS y familiaridad) para generar un árbol de decisión con funciones lineales en todas las hojas para predecir la valoración visual del consumidor utilizando las escala de color de cerdo o ternera, utilizando esta última escala como continua.

El grupo de datos a utilizar se dividió en dos, un set de entrenamiento con el 80% de las observaciones y el 20% restante se usó en el set de validación.

6. Resultados y discusión

6.1 Medidas de color

Tras realizar las correspondientes medidas de color con el colorímetro, se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Medias de las medidas de color de la carne de vacuno.

	L*	a*	b*	h	C
Mediana	40,15	17,18	13,50	38,22	21,85
Intervalo de confianza (95%)	35,59 - 48,15	8,84 - 21,21	11,20 - 15,85	30,48 - 60,44	15,24 - 25,94
Coeficiente de variación	16%	44%	19%	36%	28%

Tabla 5. Medias de las medidas de color de la carne de cerdo.

	L*	a*	b*	h	C
Mediana	52,95	3,70	10,28	69,19	11,36
Intervalo de confianza (95%)	48,73 - 56,70	1,58 - 7,31	8,99 - 12,80	59,68 - 78,42	9,12 - 14,69
Coeficiente de variación	7%	61%	17%	13%	22%

La carne de cerdo es más luminosa que la de ternera, pero tiene un color menos intenso y es más amarillenta. También se pueden observar diferencias en sus coeficientes de variación, siendo el más elevado el de a* (índice de rojo), tanto para la carne de vacuno como para la de cerdo, aunque en el caso de la carne de cerdo es aún mayor.

6.2 Carne de vacuno

Tras obtener los resultados de ambas encuestas de carne de vacuno, se agruparon y se analizaron las respuestas de los 545 encuestados. Se clasificó a los encuestados según su implicación con la comida y con la carne.

En la tabla 6 aparecen las 12 variables o factores originales y las 4 nuevas variables o factores. El “eigenvalue” o valor propio del factor equivale al número de variables originales que resume. Por ejemplo, un factor con un valor propio de 2 quiere decir que ese factor o nueva variable aporta la misma información que dos de las variables originales.

En la tabla de resultados de valores propios, el factor 1 tiene un valor de 5,621 (por lo que este factor o nueva variable aporta la misma información que 5,621 de las variables originales), el factor 2 aporta la misma información que 2,296 de las variables originales, etc. También se observa la varianza acumulada, que permite comprobar cómo reduciendo las 12 variables originales que aparecen en la tabla 6 a cuatro variables, se explica el 71,5% de la variabilidad encontrada en los datos.

Tabla 6. Valores propios de cada variable en cada uno de los factores extraídos

	Factor			
	1	2	3	4
Me da bastante igual la carne *	0,211	-0,503	-0,146	0,376
La carne es muy importante para mí	0,818	-0,375	0,184	
La carne es absolutamente necesaria para mí	0,802	-0,192	0,139	
Puedo decir que me gusta comer carne	0,752	-0,377	0,255	-0,102
Disfruto más una comida si incluye carne	0,799	-0,343	0,203	-0,138
Me gusta mucho la carne	0,806	-0,378	0,246	
Se puede saber mucho de alguien por la carne que elige	0,564	0,354	-0,483	-0,168
La carne que elijo dice mucho de mí a las otras personas	0,538	0,2	-0,412	-0,434
La carne que elijo influye en la imagen que tiene la gente de mí	0,594	0,359	-0,45	-0,33
Estropearía todo si eligiera mal la carne	0,633	0,284	-0,327	0,368
Si eligiera una carne mala sería terrible	0,594	0,154	-0,25	0,472
Me molesta equivocarme al comprar carne	0,659	0,191	-0,151	0,397
Nunca se si elijo bien al comprar carne	0,326	0,555	0,538	
Cuando compro carne, sé que me equivocaré	0,315	0,557	0,455	
Me siento perdido cuando tengo que comprar carne	0,241	0,639	0,476	0,127
Valor propio	5,621	2,296	1,761	1,048
Varianza explicada acumulada	0,375	0,528	0,645	0,715

* La variable “Me da bastante igual la carne” está invertida.

El estadístico KMO (Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy) se mide para ver si los datos que se tienen son adecuados para realizar un análisis factorial. Es un valor que oscila entre 0 y

1, siendo 0 el peor, ya que indica falta de coherencia en las respuestas, y 1 el mejor, ya que significa que se ha respondido prácticamente lo mismo para todas las variables que pertenecen al mismo grupo, lo que demuestra que se ha contestado de forma consciente y coherente. Si este valor es menor de 0,5 se considera inaceptable (Kaiser, 1974). En este caso, el KMO general es de 0,86, siendo mayor que 0,7 para todas las variables individuales, así que no hay razón para eliminar ninguna del análisis.

El resultado del análisis clúster se muestra en la figura 5, donde se pueden observar cuatro grupos, y en la tabla 7 se detalla el número de consumidores por grupo.

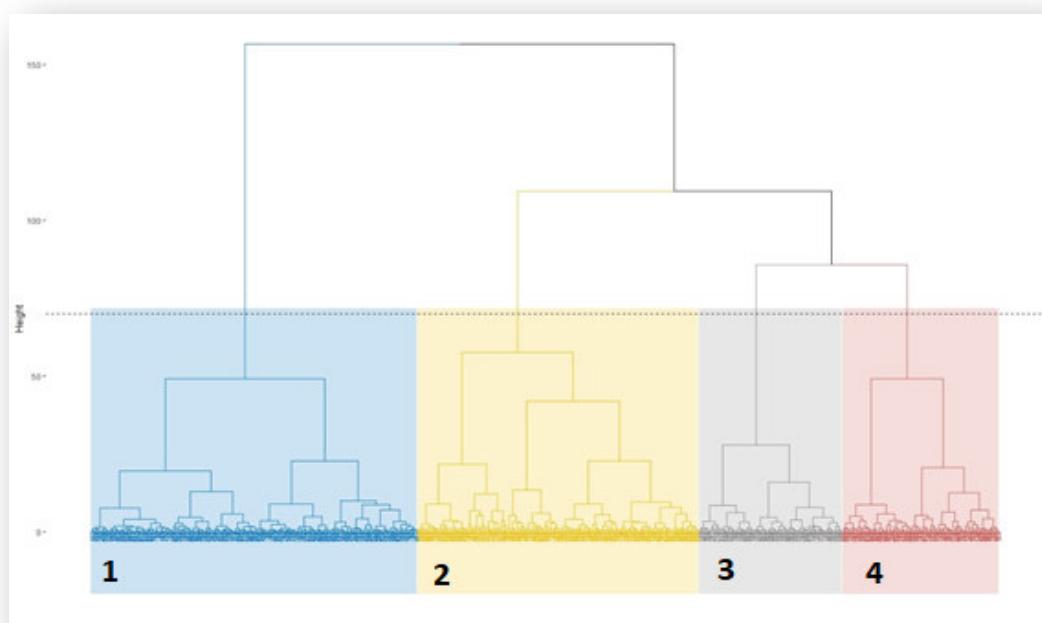


Figura 5. Dendrograma de los encuestados y los cuatro grupos resultantes.

Tabla 7. Tamaño de cada grupo de consumidores.

Grupo/Clúster	1	2	3	4
N	169	86	94	196
%	31,01	15,78	17,25	35,96

Para caracterizar los cuatro grupos de consumidores resultantes, se compararon las facetas de la implicación propuestas por Verbecke y Vackier (2004). En la figura 6 se muestran las notas medias de las variables que definen la implicación con la carne para cada uno de los grupos de consumidores. Puesto que la escala utilizada es de 7 puntos (1- en desacuerdo, 7- de acuerdo), la nota 4 representa un punto neutro.

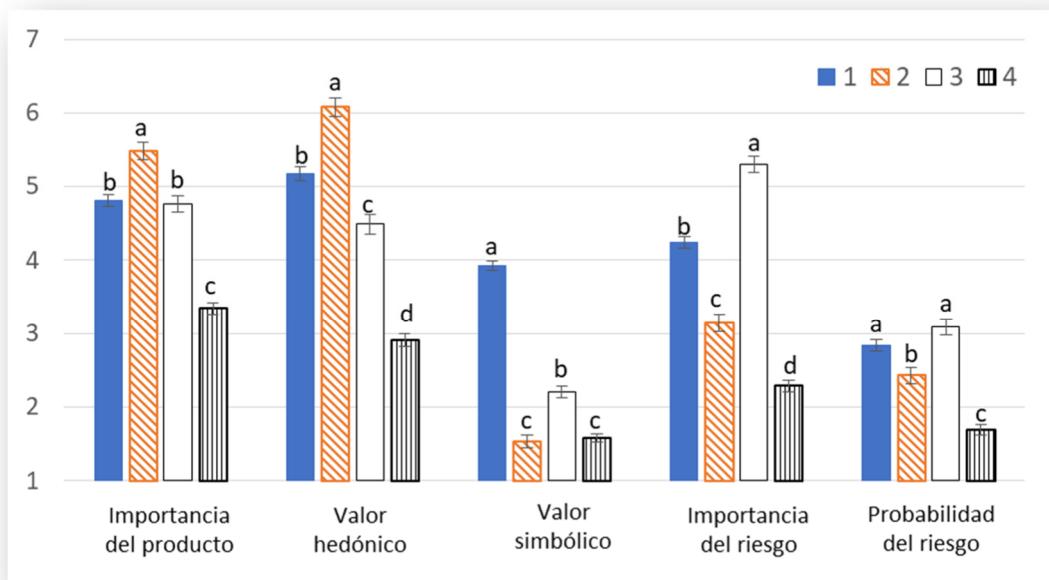


Figura 6. Notas medias de las variables que definen la implicación con la carne (“Importancia del producto”, “Valor hedónico”, “Valor simbólico”, “Importancia del riesgo” y “Probabilidad del riesgo”) para cada uno de los grupos de encuestados. Las barras verticales señalan el error estándar de cada media.

Se puede observar cómo el grupo que más importancia le da a la carne es el grupo 2, mientras que los grupos 1 y 3 son estadísticamente iguales entre sí y dan notas intermedias, y el grupo 4 apenas le da importancia.

Respecto al valor hedónico, todos los grupos son significativamente diferentes entre sí. El grupo 2 es el que más se preocupa por el valor hedónico y el 4 el que menos.

Los cuatro grupos le otorgan un valor simbólico bajo a la carne, siendo el grupo 1 el que más valor le da, y los grupos 2 y 4 los que menos; además, estos dos últimos grupos no presentan diferencias entre sí.

El grupo 3 es al que más le afecta la importancia del riesgo, y el 4 al que menos; además, los cuatro grupos son diferentes entre sí. La probabilidad de riesgo es bastante baja para los cuatro grupos, siendo mayor para el 1 y el 3, sin diferencias entre ellos, y menor para el 4.

Por todo ello, los cuatro grupos de consumidores tienen las siguientes características y nombres:

- Grupo 1 (n=169): Le da bastante importancia a la carne y le proporciona placer y satisfacción su consumo. Le da un gran valor simbólico y probablemente por ello teme

equivocarse al comprar, aunque piensa que es poco probable que le pase. Su nombre es “Amantes inseguros de la carne” (en adelante, INSEGUROS).

- Grupo 2 (n=86): Aún le da más importancia a la carne y le satisface más que al grupo 1, pero no le otorga apenas valor simbólico y le preocupa poco equivocarse, tanto porque el riesgo es poco probable como porque el riesgo es poco importante. Su nombre es “Amantes despreocupados de la carne” (en adelante, DESPREOCUPADOS).
- Grupo 3 (n=94): La carne es importante pero no le proporciona tanta satisfacción. Le da poco valor simbólico y aunque piensa que la probabilidad de riesgo es baja, le da mucha importancia a equivocarse. Su nombre es “Consumidores precavidos con la carne” (en adelante, PRECAVIDOS).
- Grupo 4 (n=196): A estos no les importa nada la carne, ni les gusta ni les da satisfacción. Tampoco les aportan un valor simbólico y, por supuesto, no les preocupa ni equivocarse ni lo que pueda pasar si se equivocan. Claramente tienen una implicación muy baja con la carne. Su nombre es “Consumidores sin implicación” (en adelante, NO IMPLICADOS).

En la figura 7 se muestran las notas del FIS, S&D y P&E para cada grupo de consumidores. En el caso de la escala de FIS (que es la que toma todas las respuestas), si se hacen 12 preguntas y la respuesta va de 1 a 7, el mínimo posible sería 12 y el máximo 84 (resultado de multiplicar 12x1 y 12x7, respectivamente). Como el rango de la respuesta es 72 (al restar 84-12), la mitad es 36 así que el punto medio de la escala estaría en 48 (al sumar 36+12). En esa escala, el valor que esté por debajo de 48 estaría menos implicado y el que esté por encima, más implicado (Bell y Marshall, 2003).

Se observa que no existen diferencias significativas entre los grupos INSEGUROS, DESPREOCUPADOS y PRECAVIDOS para ninguna de las tres escalas, mientras que, en las tres, la nota del grupo NO IMPLICADOS fue menor que la de los otros tres grupos.

Además, no se observan diferencias significativas en función del género, edad, lugar de residencia o nivel educativo ($P>0,05$).

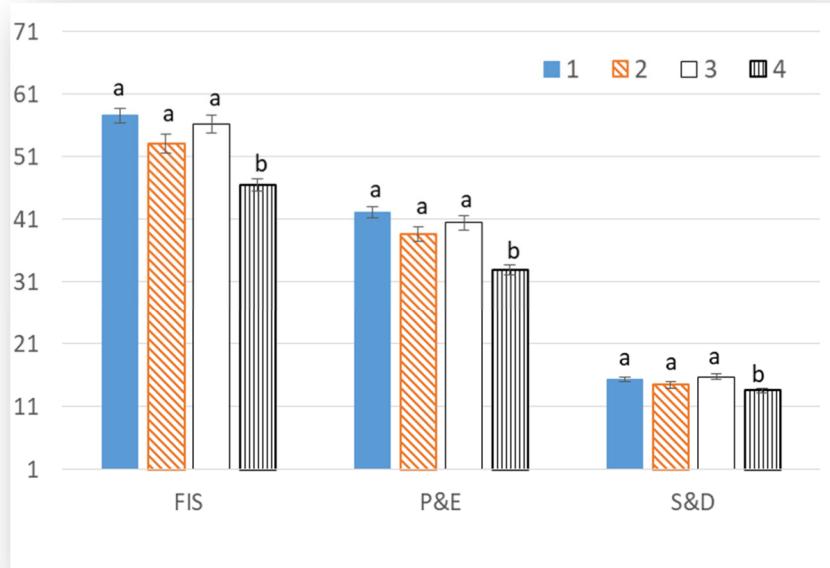


Figura 7. Grupo de encuestados en función de su implicación con la comida para las escalas “FIS”, y las subescalas “Set and Disposal” (S&D) y “Preparing and Eating” (P&E). 1.- inseguros; 2.- despreocupados; 3.- precavidos; 4.- no implicados. Las barras verticales señalan el error estándar de cada media.

La figura 8 muestra la nota media para los atributos “familiaridad con el producto” e “importancia del color” para cada uno de los grupos de encuestados. La mayoría de los encuestados estaban familiarizados con el producto y lo consumen ocasional o habitualmente. Solo se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos DESPREOCUPADOS y NO IMPLICADOS, con notas más bajas para este último grupo.

Respecto a la importancia del color, todos los consumidores lo consideraron como importante, con escasas diferencias entre ellos. El grupo DESPREOCUPADOS presentó las notas más bajas en la “importancia dada al color”, confirmando esa despreocupación general, especialmente cuando se compara con el grupo PRECAVIDOS. Precisamente, este grupo (PRECAVIDOS) presentó mayores notas en la escala de S&D. Esta predisposición a cuidar lo relativo a aspectos que influyen a toda la familia y no solo a uno mismo, como es el poner la mesa de una manera adecuada, o recoger y fregar lo ensuciado, explicaría por qué, manifestando un valor simbólico bajo y una baja probabilidad de equivocarse, le dan mucha importancia a cometer errores. En cuanto al grupo NO IMPLICADOS, se confirma esa falta de implicación con la carne y con la comida y la poca familiaridad con la carne.

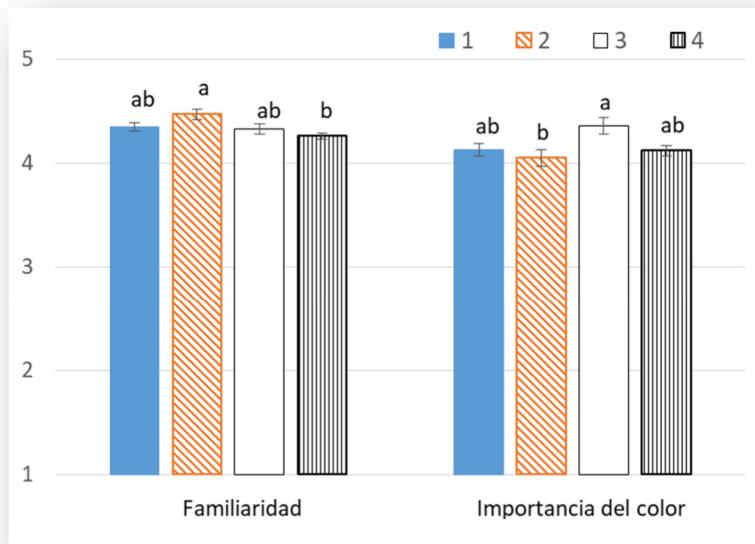


Figura 8. Nota media para los atributos “familiaridad con el producto” e “importancia del color” para cada uno de los grupos de encuestados. 1.- inseguros; 2.- despreocupados; 3.- precavidos; 4.- no implicados. Las barras verticales señalan el error estándar de cada media.

Se realizaron dos curvas de supervivencia (figuras 10 y 11), una general y otra de cada grupo de consumidores, con el propósito de analizar la probabilidad de que los consumidores detecten diferencias entre las fotos.

Las curvas de supervivencia vienen de estudios médicos en los que se estudia si un tratamiento funciona y en ellas se mira cuándo (tiempo) sucede un acontecimiento (p.e. el paciente fallece). En este caso, investigamos con que diferencia de color sucede el acontecimiento (reconoce los colores como diferentes) (Rebasa, 2005).

En la figura 9 se puede observar cómo los encuestados necesitan un ΔE_{ab}^* elevado para comenzar a detectar diferencias, ya que para una diferencia de color de 8, tan solo un 25% de los encuestados son capaces de detectar diferencias.

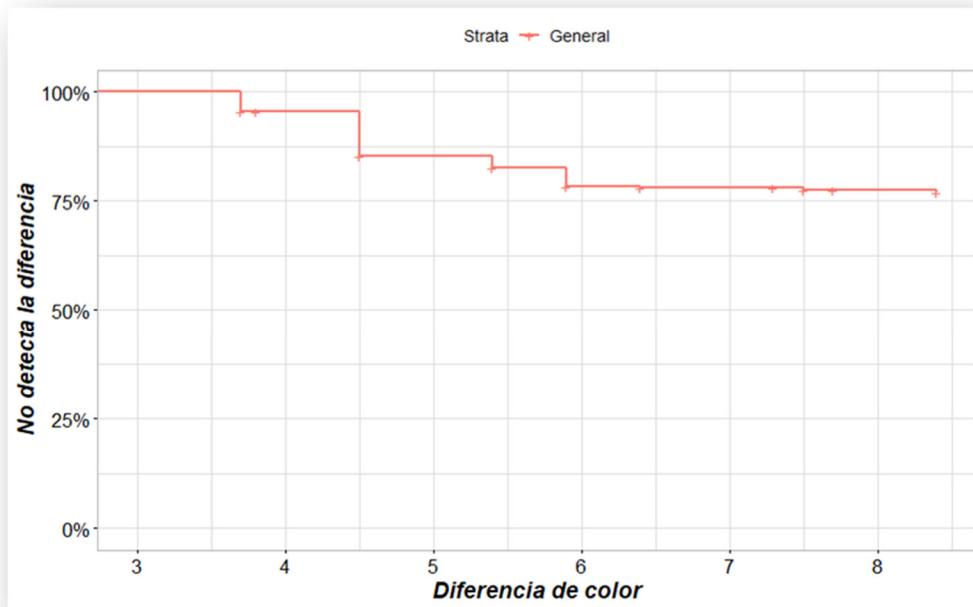


Figura 9. Curva de supervivencia del clúster general.

En la figura 10, aparecen las curvas de supervivencia para los cuatro grupos de consumidores. Se observa que tienen distintos umbrales de detección ($P>0,05$).

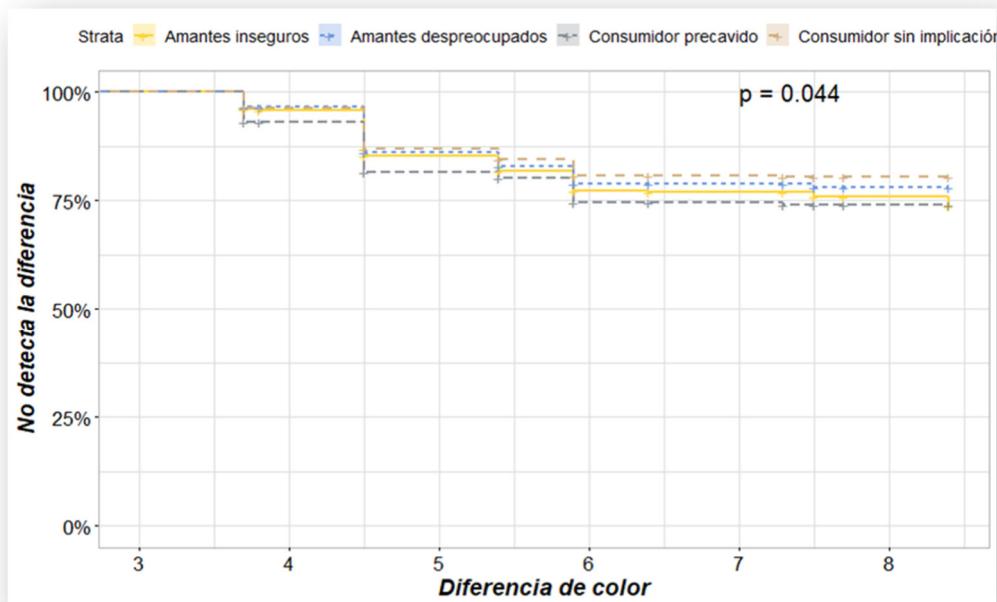


Figura 10. Curva de supervivencia para cada grupo de consumidores.

Las diferencias están entre los PRECAVIDOS y NO IMPLICADOS y es que el grupo PRECAVIDOS comienza a detectar diferencias antes que el grupo NO IMPLICADOS.

Respecto al algoritmo de aprendizaje automático, se utilizó el paquete Cubist para desarrollar modelos de predicción basados en reglas con el algoritmo de aprendizaje automático Cubist, con el objetivo de ver en qué variables se basaban los encuestados para decidir qué color le daban a cada imagen. Para ello se emplearon 4360 casos, ya que se evaluaba cada respuesta dada por cada encuestado a cada una de las fotografías evaluadas.

Se obtuvieron las siguientes reglas:

Regla 1 (Representa 1316 casos; $\bar{X}=3,2$)

Si $L^* > 40,15$

Escala de color= $67,1 - 1,553 L^* + 0,014$ edad

Regla 2 (Representa 950 casos; $\bar{X}=4,1$)

Si $a^* > 17,18$ $a^* \leq 17,52$

Escala de color= $36,5 - 0,676 L^* - 0,395 a^* + 0,008$ edad – 0,07 imp. color

Regla 3 (Representa 1130 casos; $\bar{X}=5,1$)

Si $L^* \leq 40,15$ $a^* \leq 17,18$

Escala de color= $33,2 - 0,742 L^* + 0,008$ edad – 0,09 imp. color – 0,11 FAM

Regla 4 (Representa 964 casos; $\bar{X}=5,2$)

Si $a^* > 17,52$

Escala de color= $28 - 0,603 L^* + 0,019$ edad – 0,013 FIS + 0,015 P&E – 0,2 FAM

El rango de la escala de color iba del 1 al 8, siendo, 1- rojo pálido, 2- rojo ligeramente pálido, 3- rojo moderadamente claro, 4- rojo brillante, 5- rojo ligeramente oscuro, 6- rojo moderadamente oscuro, 7- rojo oscuro y 8- rojo muy oscuro.

Este análisis parte de las 16 variables independientes iniciales que eran: variables de color (L^* , a^* , b^* , h_{ab} , C^* y a^*/b^*), datos personales (edad, género, lugar de residencia y educación), hábitos de consumo (FIS total, P&E y S&D), INV clust, familiaridad e importancia del color. El objetivo es ver cuáles tienen influencia en las decisiones de los encuestados a la hora de valorar el color.

De esas variables, las que tienen influencia son las siguientes: el índice de rojo (a^*) es la variable más importante, dado que se usa en el 70% de las reglas y en el 22% de las regresiones lineales. La segunda más importante es la luminosidad (L^*), que está en el 56% de las reglas y en el 100% de las regresiones. Las siguientes variables se usan solo en las

regresiones: la edad (en el 100%), la familiaridad y la importancia del color (en el 48%), y el FIS total y P&E (en el 22%).

El algoritmo propuesto por Cubist tuvo un coeficiente de determinación en la validación de 59,99% y un RMSE (raíz del error cuadrático medio) de 1,22.

6.3 Carne de cerdo

Tras obtener los resultados de la encuesta de carne de cerdo, se agruparon y se analizaron las respuestas de los 273 encuestados y se clasificaron según su implicación con la comida y con la carne. Se realizó un análisis factorial para ver el perfil de los consumidores. Los resultados obtenidos fueron los mostrados en la tabla 8. Al igual que con la carne de ternera, aparecen las 12 variables o factores originales y las 4 nuevas variables.

Tabla 8. Resultado para cada variable

	Factor			
	1	2	3	4
Me da bastante igual la carne ***	0,33	-0,51	-0,3	0,24
La carne es muy importante para mí	0,83	-0,29	0,2	0,04
La carne es absolutamente necesaria para mí	0,82	-0,14	0,18	-0,07
Puedo decir que me gusta comer carne	0,75	-0,39	0,22	0,07
Disfruto más una comida si incluye carne	0,78	-0,31	0,31	-0,06
Me gusta mucho la carne	0,78	-0,39	0,31	0,02
Se puede saber mucho de alguien por la carne que elige	0,58	0,43	-0,29	-0,25
La carne que elijo dice mucho de mí a las otras personas	0,63	0,24	-0,21	-0,49
La carne que elijo influye en la imagen que tiene la gente de	0,64	0,39	-0,3	-0,42
Estropearía todo si eligiera mal la carne	0,52	0,49	-0,38	0,27
Si eligiera una carne mala sería terrible	0,48	0,2	-0,46	0,35
Me molesta equivocarme al comprar carne	0,54	0,2	-0,27	0,52
Nunca se si elijo bien al comprar carne	0,15	0,63	0,54	0,22
Cuando compro carne, sé que me equivocaré	0,19	0,54	0,31	0,03
Me siento perdido cuando tengo que comprar carne	0,1	0,65	0,54	0,1
Valores propios	5,25	2,6	1,74	1,08
Varianza explicada acumulada	0,35	0,52	0,64	0,71

*** La variable “Me da bastante igual la carne” está invertida.

La tabla 8 también recoge el resultado de valores propios, donde el factor 1 tiene un valor de 5,25, por lo que este factor o nueva variable aporta la misma información que 5,21 de las variables originales, el factor 2 aporta la misma información que 2,6 de las variables originales, etc. Asimismo, muestra la varianza acumulada, que permite ver cómo se reduce de 12 a 4 variables, pero se consigue explicar el 71% de la variabilidad encontrada en los datos.

El estadístico KMO (Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy) general fue de 0,84, y todas las variables individuales presentaron valores mayores que 0,7, así que no hay razón para eliminar ninguna del análisis.

El resultado del análisis clúster se muestra en la figura 11, donde se pueden observar cinco grupos, y la Tabla 9 muestra el número de consumidores de cada grupo.

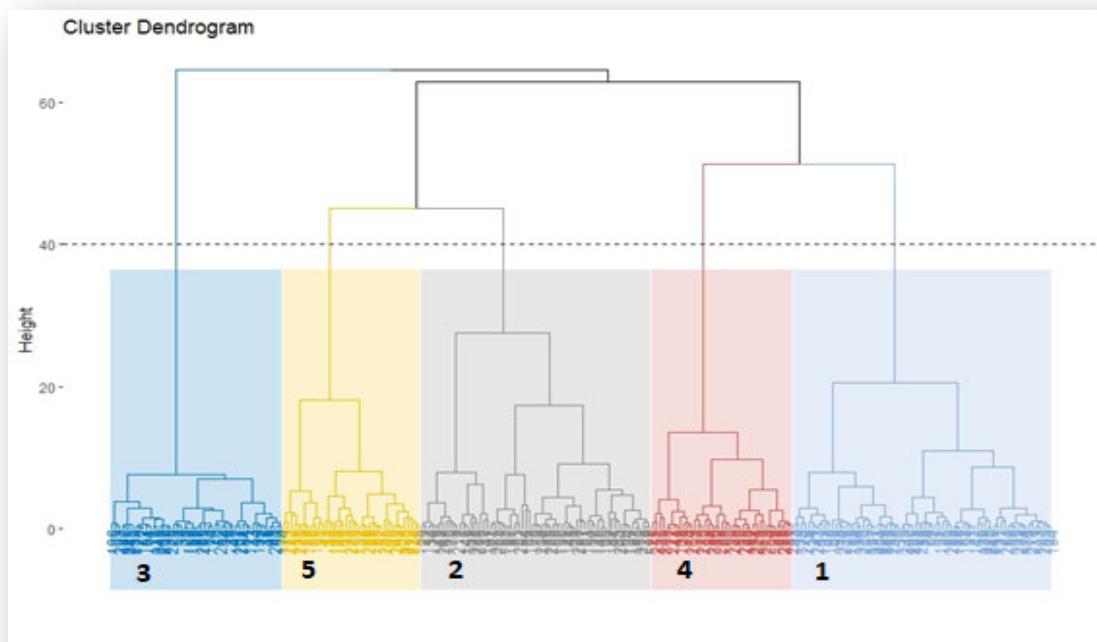


Figura 11. Dendograma de los encuestados y los cinco grupos resultantes

Tabla 9. Número de consumidores de cada grupo

Grupo/Clúster	1	2	3	4	5
N	75	67	50	41	40
%	27,47	24,54	18,32	15,02	14,65

Para caracterizar los cinco grupos de consumidores resultantes, se compararon las facetas de la implicación con la carne, propuestas por Verbecke y Vackier (2004), y que se

muestran en la figura 12. Se puede observar cómo el grupo que más importancia le da a la carne es el grupo 4, y el que menos el 3; además los grupos 1 y 3 son iguales entre sí, ocurriendo lo mismo con el 2 y el 5.

Respecto al valor hedónico, los grupos 1 y 4, iguales entre sí, son los que más importancia le dan, y los grupos 3 y 5, también iguales entre sí, los que menos importancia le dan. En el caso del valor simbólico, el grupo 4 es el que más importancia le otorga y el grupo 3 es el que menos. Además, se puede apreciar que el grupo 5 es igual al 1 y 2, y que los grupos 3 y 4 no tienen similitudes entre ellos ni con el resto de grupos.

La importancia del riesgo representa valores muy elevados para los grupos 4 y 5, siendo el 5 el mayor, pero estadísticamente iguales. Los grupos 1 y 2 son iguales y representan valores medios. Y el grupo 3, aparte de ser el que menos importancia le otorga, es diferente a todos los demás.

En cuanto a la probabilidad del riesgo, el grupo 2 es el que más importancia le da, y el 3 el que menos. Además el grupo 1 es igual al 3 y al 4, y los grupos 2 y 5 no presentan similitud con ninguno de los cuatro grupos restantes.

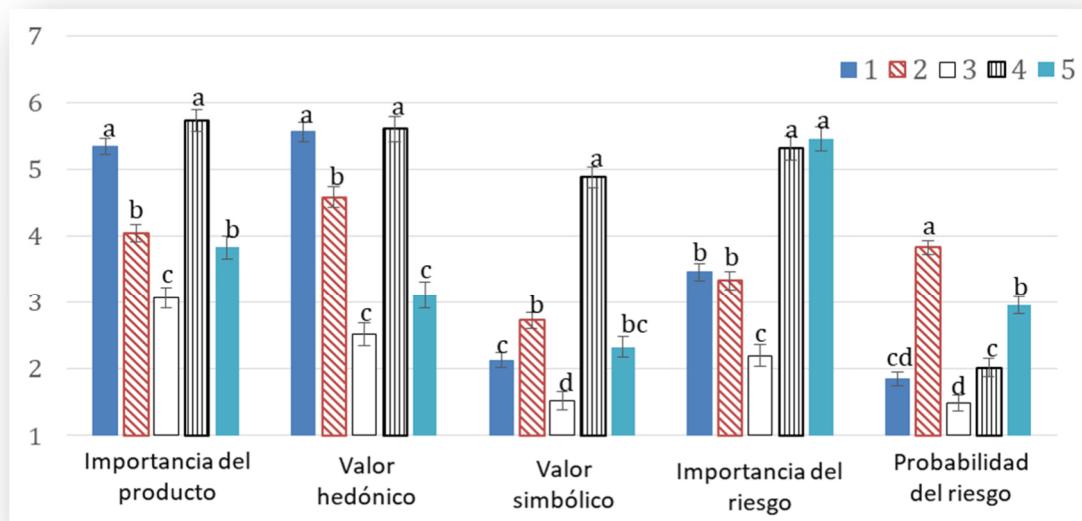


Figura 12. Notas medias de las variables que definen la implicación con la carne (“Importancia del producto”, “Valor hedónico”, “Valor simbólico”, “Importancia del riesgo” y “Probabilidad del riesgo”) para cada uno de los grupos de encuestados. Las barras verticales señalan el error estándar de cada media.

Por todo ello, los cinco grupos de consumidores tienen las siguientes características y nombres:

- Grupo 1 (n=75): coincide con el Grupo 2 de la carne de ternera. Le da muchísima importancia a la carne y le satisface mucho, pero no le otorga apenas valor simbólico y le preocupa poco equivocarse tanto porque el riesgo es poco probable como porque el riesgo es poco importante. Su nombre es "Amantes despreocupados de la carne" (en adelante, DESPREOCUPADOS).
- Grupo 2 (n=67): este es nuevo. Le da una importancia relativa a la carne y le gusta comerla. Le da un valor simbólico bajo y piensa que es poco importante equivocarse al comprar la carne pero es consciente de que se puede equivocar. Su nombre es "Consumidores básicos de carne" (en adelante, BÁSICOS).
- Grupo 3 (n=50): coincide con el Grupo 4 de la carne de ternera. A estos no les importa nada la carne, ni les gusta ni les da satisfacción. Tampoco les aporta un valor simbólico y, por supuesto, no les preocupa ni equivocarse ni lo que pueda pasar si se equivocan. Claramente tienen una implicación muy baja con la carne. Su nombre es "Consumidores sin implicación" (en adelante, NO IMPLICADOS).
- Grupo 4 (n=41): coincide con el grupo 1 de la carne de ternera. Le da muchísima importancia a la carne y le proporciona mucho placer y satisfacción su consumo. Le da un gran valor simbólico y probablemente por ello teme equivocarse al comprar, aunque piensa que es poco probable que le pase. Su nombre es "Amantes inseguros de la carne" (en adelante, INSEGUROS).
- Grupo 5 (n=40): que coincide con el Grupo 3, la carne tiene una importancia intermedia pero no le proporciona tanta satisfacción. Le da poco valor simbólico y aunque piensa que la probabilidad de riesgo comprando carne es baja, le da mucha importancia a equivocarse. Su nombre es "Consumidores precavidos de carne" (en adelante, PRECAVIDOS).

En la figura 13 se muestran las notas del FIS, S&D y P&E. Para el FISy P&E, los grupos DESPREOCUPADOS, BÁSICOS, INSEGUROS y PRECAVIDOS son estadísticamente iguales. Además, el grupo INSEGUROS también es igual al grupo NO IMPLICADOS. Para la subescala S&D, los grupos DESPREOCUPADOS, BÁSICOS y PRECAVIDOS son iguales entre sí y también al resto de grupos, y los grupos NO IMPLICADOS e INSEGUROS son diferentes entre sí e iguales a los otros tres grupos restantes. Además, la nota del grupo NO IMPLICADOS fue menor en las tres que la de los otros cuatro grupos.

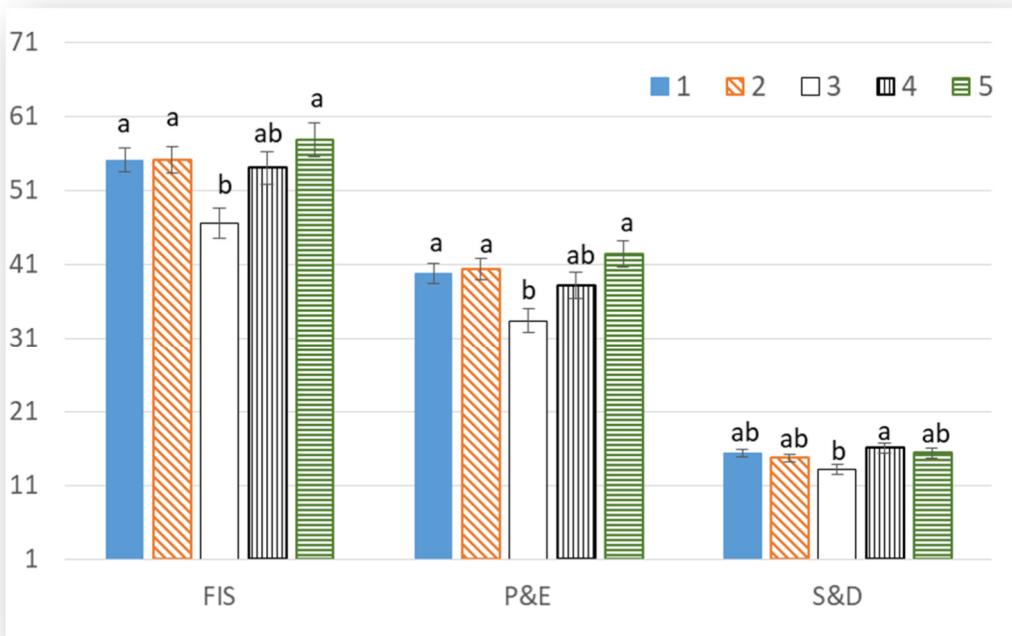


Figura 13. Grupo de encuestados en función de su implicación con la comida para las escalas "FIS", y las subescalas "Set and Disposal" (S&D) y "Preparing and Eating" (P&E). 1.- despreocupados; 2.- básicos; 3.- no implicados; 4.- inseguros; 5.- precavidos. Las barras verticales señalan el error estándar de cada media.

En la figura 14 se puede observar que no hay diferencias significativas entre grupos ni en la familiaridad ni en la importancia del color. Además, se puede ver cómo todos los grupos le dan una gran importancia a la familiaridad, detectándose la mayor en el grupo INSEGUROS. La importancia del color también es elevada, aunque no tanto como la familiaridad, y en este caso los que más importancia le dan son los PRECAVIDOS.

Estos valores también muestran que no hay influencia ni de la edad, el género, el nivel de estudios, el lugar de residencia, la familiaridad o el grupo de consumidores ($P>0,05$).

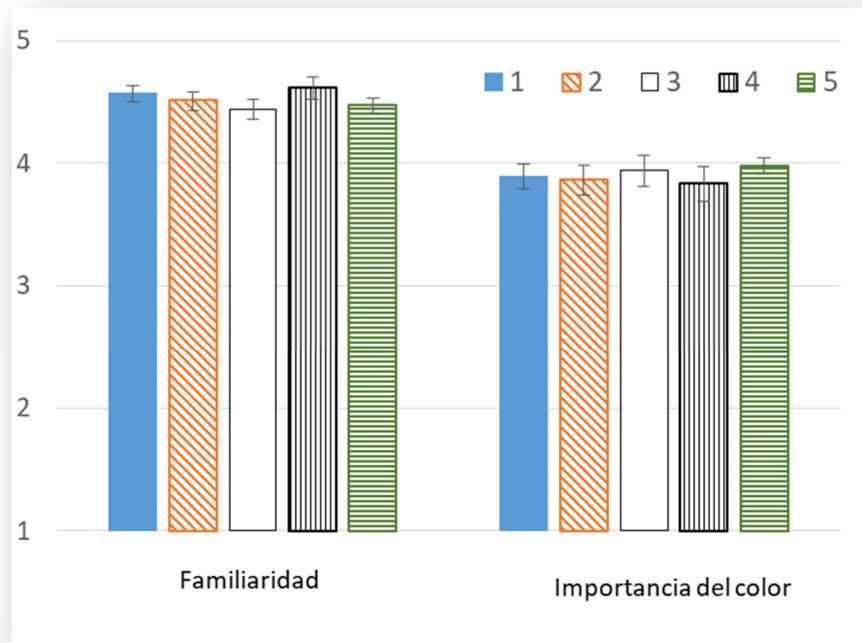


Figura 14. Nota media para los atributos “familiaridad con el producto” e “importancia del color” para cada uno de los grupos de encuestados. Las barras verticales señalan el error estándar de cada media.

Se realizó una curva de supervivencia (figura 15) con el propósito de analizar la probabilidad de que los consumidores detecten diferencias entre las fotos.

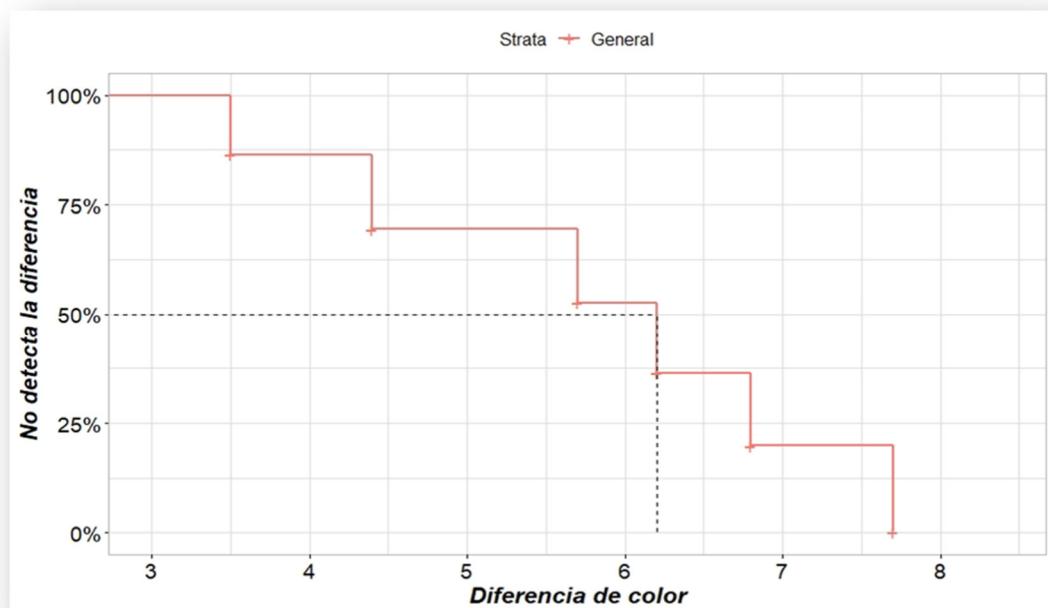


Figura 15. Curva general de supervivencia.

Se aprecia cómo el 50% de la población general detecta la diferencia de color con ΔE_{ab}^* de 6,2, ($P>0.05$) y el 100% reconocía como distintas las carnes con $\Delta E_{ab}^* = 7,6$. En este caso también se utilizó el paquete Cubist y se evaluaba cada respuesta dada por cada encuestado a cada una de las fotografías evaluadas y se emplearon 2620 casos, al igual que en el caso de la ternera.

Se obtuvieron las siguientes reglas:

Regla 1 (Representa 1077 casos; $\bar{X}= 2,6$)

Si $L^* \leq 52,76$

Escala de color= $28 - 0,447 L^* - 0,361 a^* - 0,044 h + 0,181 C^* + 0,0014 FIS - 0,001$

P&E

Regla 2 (Representa 1419 casos; $\bar{X}= 3,1$)

Si edad $\leq 63 L^* > 52,76$

Escala de color= $22,8 - 0,646 a^* - 0,289 L^* - 0,078 h_{ab} + 0,323 C^* + 0,0189 FIS - 0,021 P&E + 0,012$ edad

Regla 3 (Representa 124 casos; $\bar{X}= 3,2$)

Si edad $> 63 L^* > 52,76$

Escala de color= $2,8 + 0,0965$ edad $- 0,129 L^* + 0,082 S&D$

El rango de la escala de color iba del 1 al 5, siendo, 1 –rosado claro y 5 –rosado oscuro. En este caso también se partía de 16 variables, de las cuales, tienen influencia las siguientes: la luminosidad (L^*), es la más importante, dado que está en el 100 % de las reglas y de las regresiones, siendo la segunda más importante la edad, que está en el 59% de las reglas y de las regresiones. Las siguientes variables se encuentran tan solo en las regresiones; en el caso de FIS, P&E, a^* , h_{ab} y C^* están en el 95%, y en el caso de S&D en el 5%. Así, vemos cómo se proponen distintas reglas en función de la luminosidad y la edad, y en las regresiones de las reglas 1 y 2 se incluyen variables de color, la escala de implicación con la comida (FIS) y la sub escala relativa a preparar la comida y comer. Sin embargo, la regla 3 que representa a pocas observaciones es distinta puesto que solo aplica a carne muy luminosa valorada por consumidores mayores de 63 años, que curiosamente utilizan la escala de servir y preparar la mesa. Este algoritmo obtuvo un $R^2= 42,15\%$ y un RMSE=0,9.

Ambos algoritmos ponen de manifiesto que la valoración del color por parte de los encuestados está relacionada principalmente con las variables colorimétricas de la carne, siendo especialmente influyentes la luminosidad y el índice de rojo, y, por otra parte, está

modulada por factores sociodemográficos, como la edad, y psicográficos, como la implicación, la familiaridad y la importancia dada al color. En el caso de la carne de ternera, los encuestados valoran el color de la carne en función de su familiaridad y la importancia que le dan al color, mientras que para valorar la carne de cerdo estas variables no son importantes.

Por otra parte, queda clara la relación no lineal de la clasificación del color por parte de los encuestados con el color instrumental, encontrándose distintas ecuaciones de regresión en función de la luminosidad y el índice de rojo en los algoritmos utilizados tanto para ternera como para cerdo.

Sin embargo, comparado con otros estudios donde también se usó el mismo algoritmo de aprendizaje automático en carne de ternera (Ripoll, Panea, y Alberti, 2012), y carne de cabrito (Ripoll et al, 2018) así como los resultados de Ripoll et al (2022) en jamón serrano, los algoritmos han explicado menos variabilidad de la esperada con errores algo mayores.

En el caso de la carne de ternera (Ripoll, Panea, y Alberti, 2012), $R^2= 80\%$, presentando el mayor coeficiente de correlación, en el caso de la carne de cabrito es de 52%, (Ripoll et al, 2018) y para el jamón serrano (Ripoll et al 2022) se realizó el análisis Cubist de 2 formas diferentes, sin incluir FIS y FAM, obteniendo coeficientes de determinación de 30% y 55%, respectivamente. Por otro lado, los resultados del presente trabajo han sido un $R^2= 59,99$ para ternera, y de 42,15 % para cerdo. En el caso de ternera los resultados, pese a ser aceptables, ya que están por encima del 50%, no son tan buenos como en el estudio de (Ripoll, Panea, y Alberti, 2012), y en el caso del cerdo se puede observar que los resultados son muy bajos, tan solo son inferiores los de jamón serrano sin incluir FIS y FAM.

Esto puede ser debido a que el conjunto de datos utilizado para el entrenamiento del algoritmo incluía valoraciones de fotos que los encuestados previamente habían clasificado como iguales, luego tenían la misma nota en la escala de color pero sus coordenadas colorimétricas eran distintas. Esto ha podido hacer que el algoritmo falle al relacionar estas variables. En una siguiente etapa, se debería entrenar a los algoritmos eliminando las valoraciones de carne que, teniendo valores de color muy distintos, hayan sido valoradas como iguales por los encuestados.

7. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas de este trabajo son las siguientes:

1. La mínima diferencia de color detectable en la carne de cerdo se ha fijado en $\Delta E_{ab}^* = 6,2$. Sin embargo, no fue posible fijar este umbral en la carne de ternera.
2. Sin embargo, con la mayor diferencia de color estudiada ($\Delta E_{ab}^* = 8$) solo el 25% de los encuestados es capaz de detectar diferencias en la carne de ternera. Sería necesario ampliar el límite superior de diferencia de color para encontrar la mínima diferencia de color detectable en carne de ternera.
3. Los consumidores de carne de ternera se pudieron clasificar en 4 grupos según su implicación con la carne, denominados “Amantes inseguros de la carne”, “Amantes despreocupados de la carne”, “Consumidor precavido con la carne” y “Consumidores sin implicación”.
4. Los consumidores de carne de cerdo se pudieron clasificar en 5 grupos según su implicación con la carne, denominados “Amantes inseguros de la carne”, “Amantes despreocupados de la carne”, “Consumidores precavidos de carne”, “Consumidores sin implicación” y “Consumidor básico de carne”.
5. La capacidad para detectar la diferencia de color no se ve influida por variables sociodemográficas o psicográficas, como edad, género, nivel de estudios, lugar de residencia o familiaridad ni para la carne de cerdo ni para la de vacuno.
6. Sin embargo, la mínima diferencia de color perceptible en la carne de ternera se vio modificada por el tipo de consumidor, donde el grupo “Consumidor precavido de carne”, comienza a detectar diferencias antes que los “Consumidores sin implicación”, que son los últimos en comenzar a detectar diferencias.
7. En el caso de la carne de ternera, los encuestados utilizan 7 de las 16 variables iniciales para decidir qué color le daban a cada imagen. Esas variables son: índice de rojo (a^*), luminosidad (L^*), edad, familiaridad, importancia del color, FIS y P&E.
8. En el caso de la carne de cerdo, los encuestados utilizan 8 de las 16 variables iniciales para decidir qué color le daban a cada imagen. Esas variables son: luminosidad (L^*), edad, FIS, P&E, a^* , h_{ab} y C^* .
9. De las 16 variables iniciales, la luminosidad es la variable más importante a la hora de clasificar el color de la carne de cerdo, y la segunda para clasificar el color de la carne de ternera, donde la primera variable en importancia fue el índice de rojo.
10. Aunque los algoritmos de aprendizaje automático son útiles para descubrir relaciones no lineales y cómo deciden las personas, en el presente estudio no se han encontrado resultados óptimos en el caso de la carne de cerdo, ya que se obtiene un R^2 bajo.

8. Conclusions

The conclusions drawn from this work are as follows:

1. The minimum detectable colour difference in pork has been set at $\Delta E_{ab}^* = 6.2$. However, it was not possible to fix this threshold for veal.
2. However, with the highest colour difference studied ($\Delta E_{ab}^* = 8$) only 25% of the respondents are able to detect differences in veal. It would be necessary to extend the upper limit of colour difference to find the minimum detectable colour difference in veal.
3. The veal consumers could be classified into 4 groups according to their involvement with meat, called "Unsure meat lovers", "Unconcerned meat lovers", "Cautious meat consumers" and "Uninvolved consumers".
4. The pork consumers could be classified into 5 groups according to their involvement with meat, called "Unsure meat lovers", "Unconcerned meat lovers", "Cautious meat eaters", "Uninvolved meat eaters" and "Basic meat eaters".
5. The ability to detect colour difference is not influenced by socio-demographic or psychographic variables such as age, gender, level of education, place of residence or familiarity for either pork or beef.
6. However, the minimal perceptible colour difference in veal was modified by the type of consumer, where the "Cautious meat consumer" group starts to detect differences earlier than the "Uninvolved consumers", who are the last to start detecting differences.
7. In the case of veal, respondents use 7 of the 16 initial variables to decide which colour to give to each image. Those variables are: red index (a^*), lightness (L^*), age, familiarity, colour importance, FIS and P&E.
8. In the case of pork, respondents use 8 out of the 16 initial variables to decide which colour to give to each image. These variables are: lightness (L^*), age, FIS, P&E, a^* , hab and C^* .
9. Of the 16 initial variables, lightness is the most important variable for classifying the colour of pork, and the second most important variable for classifying the colour of beef, where the first most important variable was the red index.
10. Although machine learning algorithms are useful for discovering non-linear relationships and how people decide, in the present study we have not found optimal results in the case of pork, as a low R^2 is obtained.

9. Valoración personal

La realización de este trabajo ha resultado muy interesante dado que he podido aumentar mis conocimientos; también me ha permitido mejorar mi organización, además ha sido un buen ejercicio de autonomía, constancia y esfuerzo. Me ha permitido conocer la importancia del sector cárnico a nivel general, y de los sectores de porcino y vacuno en particular.

He aumentado mis conocimientos sobre materias estudiadas con anterioridad, como la carne y su color. Además, este trabajo me ha dado la oportunidad de llevar a cabo prácticas aprendidas durante el Grado, como medidas de color, además de realizar una revisión bibliográfica con las herramientas facilitadas por la Universidad, aprendiendo a gestionar la información de manera adecuada.

También me ha permitido aumentar mis conocimientos acerca de temas sobre los que sabía menos, ya que no se tratan tanto en el Grado, pero que son de suma importancia, ya que permiten tratar resultados propios, pero también poder comprender los ajenos, como es el caso de la preparación y realización de encuestas, al igual que el análisis estadístico.

Finalmente, me gustaría agradecer a mis tutores la ayuda que me han dado durante la realización del trabajo: María Ángeles Latorre, Begoña Panea y, en especial, Guillermo Ripoll, quien ha contestado todas mis dudas y me ha apoyado en todo momento.

10. Bibliografía

- AMSA (2012). Measurement Guidelines. American Meat Science Association: Savoy, IL, USA. Disponible en: https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/2012_12_meat_clr_guide.pdf?sfvrsn=d818b8b3_0 [Consultado 20-05-2022].
- Asociación Nacional de Industrias de la carne de España (2022). El sector cárnico español. Disponible en: https://www.anice.es/industrias/el-sector/el-sector-carnico-espanol_171_1_ap.html [Consultado 27-04-2022].
- Bäckström, A., Pirtilä-Backman, A.-. y Tuorila, H. (2004). "Willingness to try new foods as predicted by social representations and attitude and trait scales". *Appetite*, 43(1), pp. 75-83. DOI: 10.1016/j.appet.2004.03.004
- Bell, R. y Marshall, D.W. (2003). "The construct of food involvement in behavioral research: Scale development and validation". *Appetite*, 40(3), pp. 235-244 DOI: 10.1016/S0195-6663(03)00009-6
- Bradley, J.S., Reich, R. y Norcross, S.G. (1999). "A just noticeable difference in C50 for speech". *Applied Acoustics*, 58(2), pp. 99-108 DOI: 10.1016/S0003-682X(98)00075-9
- Briz, J., De Felipe, I. (2001). Política de calidad y actitud del consumidor de carne en la Unión Europea: Referencia especial al caso español. In: Estrategias Alimentarias, S.L.E. (Ed.), I Congreso Nacional de la Carne, Madrid, España, pp. 115-142.
- Carpenter, C., Cornforth, D. and Whittier, D. (2001). "Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction". *Meat Science*, 57(4), pp.359-363. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00111-X
- CIE (1970). International lighting vocabulary. 3rd ed. Bureau Central de la Commission Internationale de l'Eclairage, Paris. [Pub. 17 (El.1)]
- CIE (1986). Colorimetry. 2nd ed. Commission Internationale de l'Éclairage. Publication CIE 152. Viena, Austria.
- De Leeuw, E., Dillman, D.A., Hox, J.J. (2008). Mixed mode surveys: When and why, International Handbook of Survey Methodology. Lawrence Erlbaum Associates and Asociación Europea de Metodología, Nueva York, USA, pp. 299-316. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/46701044_Mixed_mode_surveys_When_and_why [Consultado 14-05-2022].
- Díaz de Rada, V. (2012). "Ventajas e inconvenientes de la encuesta por Internet". *Papers: revista de sociología* 97: 193-223. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v97n1.71>

- Faustman C. y Cassens R.G. (1990). "The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review". *Journal of Muscle Foods* 1, 217-243.
- Font-i-Furnols, M. y Guerrero, L. (2014). "Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview". *Meat Science*, 98(3), pp. 361- 371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- Guía para entender la comunicación del color (2002). X-Rite Inc, (Michigan).
- Hood, D.E y Riordan, E.B. (1973). "Discolouration in pre-packaged beef: Measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination International". *Journal of Food Science & Technology*, 8 (3), pp. 333-343. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1973.tb01721.x
- Kaiser, H.F. (1974) "An index of factor simplicity". *Psychometrika*, 39 (1) 31-36. Disponible en: https://jaltcue.org/files/articles/Kaiser1974_an_index_of_factorial_simplicity.pdf [Consultado 27-08-2022].
- Kassambara, A., Kosinski, M. y Biecek, P. (2021). Survminer: Drawing Survival Curves using 'ggplot2'. R package version 0.4.9. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=survminer> [Consultado 15-05-2022].
- Konica Minolta (2003). Comunicación precisa del color. Control del color: de percepción a instrumentación. Disponible en: <https://docplayer.es/13341151-Comunicacion-precisa-del-color-control-del-color-de-percepcion-a-instrumentacion.html> [Consultado 23-05-2022].
- Kuhn, M., & Quinlan, R. (2020). Cubist: Rule- And Instance-Based Regression Modeling. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=Cubist> [Consultado 14-03-2022].
- Liu, Q., Lanari, M.C., Schaefer, D.M. (1995). "A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality". *Journal of Animal Science* 73: 3131-3140.
- Mancini, R.A y Hunt, M.C. (2005). "Current research in meat color" *Meat Science*, 71 (1), pp. 100-121. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003
- Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (2022). Información del sector vacuno de carne. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/vacuno-de-carne/informacion-del-sector/#:~:text=El%20sector%20de%20vacuno%20de,en%202021%20%2D%20segund,a%20estimaci%C3%B3n> [Consultado 27-05-2022].

- Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (2022). Porcino. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/porcino/> [Consultado 22-05-2022].
- Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (2022). Ordenadores y hogares españoles. Disponible en: <https://www.ontsi.es/es/publicaciones/ordenadores-y-hogares-espanoles-2022> [Consultado 29-06-2022].
- Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (2022). Uso de tecnología en los hogares españoles. Disponible en: <https://www.ontsi.es/es/publicaciones/uso-tecnologia-hogares-espanoles-2022> [Consultado 29-06-2022].
- Purslow, P.P, Warner, R.D, Clarke, F.M y Hughes, J.M. (2020). “Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review)” *Meat Sci*, 159, Article 107941. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.107941
- R Core Team, (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://cran.microsoft.com/snapshot/2014-09-08/web/packages/dplR/vignettes/xdate-dplR.pdf> [Consultado 15-05-2021].
- Rebasa, P. (2005). “Conceptos básicos del análisis de supervivencia”. *Cirugía Española*, 78 (4), pp.222-230. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563319301731> [Consultado 27-07-2022].
- Renerre, M. y Mazuel J.P (1985). “Relationships between instrumental and sensory measurement methods of meat color” *Sciences des Aliments*, 5 (4), pp. 541-557. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR8602721> [Consultado 27-07-2022].
- Ripoll, G., Panea B., y Alberti, P (2012). “Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab”. *Información técnica económica agraria*, vol. 108 n.º 2, 222-232. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10532/1920> [Consultado 29-07-2022].
- Ripoll, G., Alcalde, M., Argüello, A., Córdoba, M. and Panea, B., 2018. “Consumer visual appraisal and shelf life of leg chops from suckling kids raised with natural milk or milk replacer”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), pp.2651-2657. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8758>

- Ripoll, G., Latorre, M.A., Panea, B (2022). "Does dry-cured ham color perception depend on consumer involvement and familiarity?". *Food Research International*, enviado.
- Rulequest (2022). Disponible en: www.rulequest.com/cubist-info.html [Consultado 20-06-2022].
- Salueña, B.H., Gamasa, C.S, Rubial, J.M.D, Odriozola, C.A. (2019). "CIELAB color paths during meat shelf life". *Meat Sci*, 157, pp. 1078-1089. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.107889
- Sen, A.R., Muthukumar, M., Naveena, B.M., Ramanna, D.B.V. (2012). "Effects on colour characteristics of buffalo meat during blooming, retail display and using vitamin C during refrigerated storage". *Journal of Food Science and Technology*, 51 (11), pp. 3515-3519. DOI: 10.1007/s13197-012-0882-x
- Sobol, Z., Jakubowski, T. y Nawara, P. (2020). "Application of the CIE L*a*b* Method for the Evaluation of the Color of Fried Products from Potato Tubers Exposed to C Band Ultraviolet Light". *Sustainability* (Switzerland), 12(8). DOI: 10.3390/SU12083487.
- Šuput, D.Z, Lazić, L.V , Lević, B.L, Pezo, L.L, Tomović, M.V, Hromiš, M.N. (2013). "Effect of specific packaging conditions on myoglobin and meat color" *Food Feed Res*, 40, pp. 1-10. Disponible en: http://foodandfeed.fins.uns.ac.rs/index.php?mact=Magazines,cntnt01,details,0&cntnt01hierarchyid=26&cntnt01sortby=magazine_id&cntnt01sortorder=asc&cntnt01summarytemplate=current&cntnt01detailtemplate=detaljno&cntnt01cd_origpage=180&cntnt01magazineid=120&cntnt01returnid=188 [Consultado 18-04-2022].
- Van den Oord, A.H.A., Wesdorp, J.J. (1971). "Colour rating and pigment composition of beef: Relation between colour measurement by reflectance spectrophotometry, subjective colour evaluation, and the relative concentration of oxymyoglobin and ferric myoglobin in chilled retail - packed beef". *International Journal of Food Science & Technology*, 6 (1), pp. 15-20. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1971.tb01588.x
- Verbeke, W y Vackier, I. (2004)."Profile and effects of consumer involvement in fresh meat" *Meat Science*, 67 (1), pp. 159-168. DOI: 10.1016/j.meatsci.2003.09.017
- Watts, B.M., Kendrick, J., Zisper M.W., Hutchins B.K. y Saleh B. (1966). "Enzymatic reduction pathways in meat". *Journal of Food Science* 31, 855-861. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1966.tb03261.x>