

Caracterización de los parámetros productivos, calidad de la canal y la carne de terneros frisonos

Rubén Domínguez-Valencia^{1,*}, Laura Purriños¹, Roberto Bermúdez¹, Francisco Bello², Luis García² y Francisco Estévez³

¹ Centro Tecnológico de la Carne, Avenida Galicia 4, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrao das Viñas, 32900 Ourense.

² Asociación Agraria de Galicia – ASAGA, Praza Carlos Casares Mouriño, 7 – Entrep. 15707 Santiago de Compostela, A Coruña.

³ Gudiagro S.L., Mesón de Erosa, A Gudiña, 32540 Ourense.

Resumen

La creciente demanda mundial de carne de vacuno está propiciando que se exploren diversas estrategias para poder aumentar la producción de carne. El presente estudio se centró en caracterizar los parámetros productivos y de crecimiento, las características de la canal y la composición química y características fisicoquímicas de la carne de terneros frisonos criados en intensivo y sacrificados a una edad temprana. Los resultados mostraron que los terneros, sacrificados a 258 días (8,6 meses) tuvieron un peso vivo de 317 kg, con ganancias diarias de 1,16 kg/día y un índice de conversión de 4,09. Las canales resultantes pesaron 161 kg, con un rendimiento del 50,7 %, una conformación "O" y un grado de engrasamiento "2". Por otro lado, la carne resultante fue muy magra (grasa 1,21 g/100 g), con un contenido proteico elevado (22,22 g/100 g). El pH de la carne mostró que el manejo durante el cebo y el sacrificio fue el correcto, no presentando defectos en ninguno de los casos. El color de la carne, con una tonalidad rosa intensa, y la textura, con valores de una carne "muy tierna" mostraron que estamos ante una carne atractiva para el consumidor. Finalmente, tanto el perfil de ácidos grasos como el contenido en colesterol estuvo en consonancia con los valores observados normalmente en vacuno. Como conclusión general, se puede afirmar que el sistema de cebo de terneros frisonos propuesto proporciona unos parámetros productivos aceptables, obteniendo una carne de excelente calidad.

Palabras clave: Terneros frisonos, ácidos grasos, índices productivos, composición química, parámetros fisicoquímicos, contenido en colesterol.

Characterization of the productive parameters, carcass and meat quality of Friesian calves

Abstract

The growing global demand for beef is leading to the exploration of various strategies to increase meat production. The present study focused on characterizing the productive and growth parameters, car-

* Autor para correspondencia: rubendominguez@ceteca.net

Cita del artículo: Domínguez-Valencia R., Purriños P., Bermúdez R., Bello F., Luis García L., Estévez F. (2025). Caracterización de los parámetros productivos, calidad de la canal y la carne de terneros frisonos. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(3): 258-275. <https://doi.org/10.12706/itea.2025.008>



cass characteristics, chemical composition, and physicochemical characteristics of the meat of Friesian calves raised intensively and slaughtered at a young age. The results showed that the calves, slaughtered at 258 days (8.6 months) had a live weight of 317 kg, with daily gains of 1.16 kg/day and a feed conversion rate of 4.09. The carcasses weighed 161 kg, with a carcass yield of 50.7 %, an "O" conformation, and a degree of fattening "2". On the other hand, the meat was very lean (fat 1.21 g/100 g), with a high protein content (22.22 g/100 g). The pH of the meat showed that both the handling during fattening and slaughter were correct, with no defects in any of the cases. The colour of the meat, with an intense pink hue, and the texture, with values of a "very tender" meat, showed that this is an attractive meat for the consumer. Finally, both the fatty acid profile and the cholesterol content were in line with the values normally observed in beef. As a general conclusion, it can be stated that the proposed Friesian calf fattening system provides acceptable productive parameters, obtaining meat of excellent quality.

Keywords: Friesian calves, fatty acids, productive indices, chemical composition, physico-chemical parameters, cholesterol content.

Introducción

La demanda mundial de carne vacuna está aumentando, tanto de animales vivos como de carne. Se espera que las exportaciones de carne de la Unión Europea (UE) mejoren hasta el 2031, con un incremento del 0,6 % anual. A pesar de que la demanda aumenta, se prevé una caída del 8 % de la producción bruta de carne de vacuno de la UE entre 2021 y 2031, y su consumo podría bajar en Europa de 10,6 kg a 9,7 kg per cápita (Comisión Europea, 2021).

En la UE, la carne de vacuno se produce en dos tipos de explotaciones: i) explotaciones ganaderas especializadas con vacas nodrizas o bovinos jóvenes; y ii) granjas lecheras donde la producción de carne es un subproducto de la producción de leche, representando estas últimas dos tercios de la cabaña bovina (Domaradzki et al., 2017).

Las zonas montañosas del norte de España se dedican tradicionalmente a la producción de carne de vacuno utilizando principalmente razas autóctonas, incluidos animales cruzados para engorde intensivo, sacrificados entre los 8 y 9 meses de edad (Vieira et al., 2005). La producción de carne de vacuno en Galicia se compone principalmente de razas autócto-

nas (Rubia Gallega, Cachena, Vianesa, Caldelá, Limiá, Frieiresa, etc.) y de cruces industriales con estas y otras razas con la raza Frisona (Domaradzki et al., 2017). Sin embargo, la calidad de la canal y la carne se ve influenciada por factores como raza, sexo, edad, peso vivo, o alimentación entre otros (Gündüz y Çayıroğlu, 2024), por lo que determinar un sistema de producción rentable, sostenible y replicable es vital para asegurar la viabilidad de las explotaciones.

Es bien sabido que las edades y los pesos óptimos para el sacrificio varían ampliamente entre los tipos de razas de vacuno dependiendo de la rapidez con la que maduran, lo que se caracteriza por la acumulación de grasa durante el período de finalización. Así, las diferentes razas requieren diferentes sistemas de producción y esta combinación da como resultado productos diferenciados (Albertí et al., 2008).

En muchos países donde el ganado se cría principalmente para obtener leche se inseminan una parte de las vacas en los rebaños lecheros con semen de toros de aptitud cárnica. Los terneros mestizos de varios días de edad se venden a ganaderos para su engorde (Nogalski et al., 2022). Sin embargo, en el caso de los animales que no proceden

de cruces, y que no son usados para cría son vendidos a los productores de carne de vacuno (Nogalski et al., 2023) normalmente a precios reducidos.

Las crecientes demandas de los consumidores están creando interés en los terneros frisonos porque originan canales con menos grasa externa que los de muchas razas de carne tradicionales (Moon et al., 2015). Por tanto, el hecho de poder producir carne de calidad a partir de terneros frisonos ofrece una oportunidad para el sector de la producción de carne. Sin embargo, la raza Frisona se caracteriza por tener animales de maduración tardía cuya calidad de la canal mejora junto con un aumento en el peso vivo, por lo que se recomiendan engordes prolongados sin que esto produzca una deposición excesiva de grasa subcutánea (Nogalski et al., 2023). Esto choca frontalmente con los altos precios de los piensos y la alimentación usada en la cría de los terneros, ya que un cebo prolongado en intensivo (estabulados) no sería rentable. Así, la intensidad de la alimentación es un factor clave que afecta al rendimiento de los animales y a la calidad de la canal y la carne, siempre sin perder de vista el factor rentabilidad, ya que una intensidad de alimentación demasiado alta genera costos excesivos (Nogalski et al., 2018). De hecho, en el presente estudio, la alimentación supuso el costo más importante en el cebo de los terneros frisonos (53,4 %), seguido de la compra inicial de los animales (20,3 %), la mano de obra y la maquinaria (13,5 %), la compra de la cama (8,1 %) y finalmente los medicamentos y tratamientos veterinarios (4,7 %).

Por todo ello, el presente estudio se centró en caracterizar tanto los parámetros productivos y de crecimiento, como las características de la canal y la calidad de la carne de terneros frisonos criados en intensivo y sacrificados a una edad temprana.

Material y métodos

Aminales, manejo y alimentación

El estudio se realizó en una única explotación (A Gudiña, Ourense), permaneciendo los animales estabulados. Se monitorizaron a lo largo de todo el período de cría, incluyendo la etapa de destete y la de cebo, un total de 871 terneros (machos) de raza Frisona. Los animales se introdujeron en la etapa de destete con un peso aproximado de 50 kg, y se mantuvieron inicialmente en dicha etapa en torno a 2 meses. Durante la etapa de destete, se le administraron dos tomas de lactoreemplazante a los terneros, una por la mañana y otra por la tarde. Además, se les proporcionó paja y pienso *ad libitum*. El momento del destete se calculó en función del consumo de pienso. A partir de los 25 días se monitorizó el consumo de pienso diario de cada ternero, y a los que consumieron 1,5 kg de pienso/día se les retiró una de las dos tomas de lactoreemplazante. La segunda toma se retiró de forma gradual si los animales consumieron al menos 2,5 kg de pienso/día. Una vez finalizada esta etapa, se pasaron a cebo, donde permanecieron hasta el sacrificio. En este caso también se le proporcionó paja y pienso *ad libitum*. La composición química e ingredientes usados en las formulaciones de los piensos empleados en cada etapa se muestran en la Tabla 1. Los animales estudiados fueron sacrificados entre los meses de enero de 2023 y junio de 2024, ambos incluidos, y durante este período se monitorizaron los parámetros productivos de 50 animales/mes.

Para la determinación de los parámetros productivos, se pesaron los animales a la entrada de la explotación, al pasar a la etapa de cebo y el día previo al sacrificio. También se registraron los días de permanencia en cada etapa, así como los consumos de leche y pienso. Con todos estos datos se calcularon las ganancias medias diarias y el índice de conversión tanto de cada etapa por individual (destete y cebo) como de todo el proceso de cebo (total).

Tabla 1. Composición de los piensos comerciales empleados en el cebo de terneros frisones.
 Table 1. Composition of commercial feed used to fatten Friesian calves.

Composición química	Destete	Cebo
Humedad (%)	11,6	12,4
Almidón (%)	41,6	45,2
Proteína bruta (%)	15,4	13
Materia grasa bruta (%)	4,3	5,5
Celulosa bruta (%)	3,9	6,8
Cenizas brutas (%)	5,9	5
Calcio (%)	0,87	0,6
Fósforo (%)	0,56	0,4
Sodio (%)	0,4	0,3
Vitaminas y oligoelementos		
Vitamina A (UI/kg)	7500	5650
Vitamina D3 (UI/kg)	2000	1500
Vitamina E (mg/kg)	25	19
Cobre (mg/kg)	2	2
Selenio (mg/kg)	0,1	0,08
Manganeso (g/kg)	0,02	0,02
Zinc (mg/kg)	40	30
Cobalto (mg/kg)	0,3	0,5
Yodo (mg/kg)	0,5	0,4
Sepiolita (g/kg)	0,6	0,5
Ácidos grasos (g/100 g ácidos grasos)		
C14:0	0,18	0,33
C16:0	14,93	22,99
C16:1n-7	0,20	0,16
C18:0	2,85	3,23
C18:1n-9	25,01	33,59
C18:1n-7	0,97	0,94
C18:2n-6	50,83	35,88
C18:3n-3	3,19	1,60
C20:0	0,38	0,40
C20:1n-9	0,37	0,25
SFA	19,19	27,51
MUFA	26,67	34,98
PUFA	54,15	37,50

Ingredientes: Pienso destete: Maíz, trigo, salvado de trigo, harina de extracción de soja tostada (molida), lías y solubles de grano (maíz), cebada, carbonato de calcio, aceite de soja, suero de leche en polvo, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, fosfato bicálcico, sales de ácidos grasos (palma), dulcoaroma; Pienso cebo: Maíz, lías y solubles de grano de maíz, paja de cereal tratada con sosa y melaza, harina de extracción de semilla de girasol, trigo, melaza de remolacha, carbonato de calcio, aceite vegetal de palma, harina de extracción de soja tostada (molida), cloruro de sodio, óxido de magnesio.

Sacrificio, clasificación de la canal y toma de muestras

Una vez que los animales cumplieron el período de cebo, fueron transportados al matadero el día antes del sacrificio, minimizando el estrés animal. Los animales fueron aturdidos, sacrificados y faenados en un matadero acreditado de acuerdo con la normativa vigente de la UE (Reglamento (CE) n° 1099/2009) relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza. Las canales se enfriaron durante 24 h en una cámara convencional a 2 °C (humedad relativa: 98 %). Tras este período se realizó el pesaje de la canal (peso canal fría) y se procedió, por parte del matadero, a la evaluación de la conformación de la canal acorde a la clasificación SEUROP y el grado de engrasamiento mediante una escala numérica de 5 niveles (1-no graso; 5-muy graso) (Real Decreto 815/2018).

De todos los animales estudiados, se tomaron un total de 124 muestras para el estudio de la calidad de la carne. Estas fueron seleccionadas de modo aleatorio entre los animales sacrificados en los meses de junio de 2023 (n = 30), septiembre de 2023 (n = 32), abril de 2024 (n = 30) y junio de 2024 (n = 32).

De la media canal izquierda de los animales seleccionados se extrajo el chuletero entre la quinta y la décima costilla, y se envasó a vacío. Estos fueron transportados a la planta piloto del Centro Tecnológico da Carne en condiciones de refrigeración, donde permanecieron durante 7 días en cámara a 2 °C (maduración envasados al vacío). Una vez transcurrido este tiempo, se procedió a la extracción del músculo *longissimus thoracis et lumborum*, y se cortaron 5 filetes, uno de 2,5 cm de grosor y otros cuatro de aproximadamente 1,5 cm.

Estudio de calidad de la carne

Sobre los filetes de 1,5 cm se midieron inicialmente el color y el pH. Posteriormente, se

pizaron y homogeneizaron para realizar las determinaciones de la composición química, perfil de ácidos grasos y contenido de colesterol. Para la determinación de las pérdidas de aguas por cocción y la textura se empleó el filete de 2,5 cm.

El pH de las muestras se midió utilizando un pHmetro digital portátil (Hanna Instruments, Eibar, España) equipado con una sonda de penetración. Para medir el color de la carne en el espacio CIELab se usó un espectrofotómetro portátil (Konica Minolta CM-600d, Osaka, Japan), después de dejar atemperar y oxigenar las muestras durante 1 h. Se realizaron tres mediciones para cada muestra en áreas homogéneas y representativas, libres de grasa intermuscular. Los resultados de color se expresaron como luminosidad (L*), índice de rojo (a*) e índice de amarillo (b*).

La determinación de la humedad (ISO 1442:1997), la proteína (ISO 937:1978) y las cenizas (ISO 936:1998) se realizaron acorde a los procedimientos normalizados ISO, mientras que para la determinación de la grasa intramuscular se empleó el procedimiento oficial descrito por la AOCS (AOCS, 2005).

Para determinar las pérdidas de agua por cocción, los filetes se cocinaron envasados al vacío, y colocando las muestras en un baño de agua con control automático de temperatura (JP Selecta, Precisdg, Barcelona, España) hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C, controlada por termopares tipo K (Comark, PK23M, UK), conectados a un registrador de datos (Comark Dilligence EVG, N3014, Reino Unido). Después de la cocción, las muestras se enfriaron en un baño de agua circulante a 18 °C durante un período de 30 min y se registró el porcentaje de pérdida de agua por cocción.

Para el análisis de textura se usaron las muestras cocinadas en la determinación de las pérdidas de agua por cocción. De cada muestra de filete, correspondiendo a un animal diferente,

se cortaron 3 trozos de $1 \times 1 \times 2,5$ cm (alto $\times$ ancho $\times$ largo). Las muestras se cortaron perpendicularmente a la dirección de la fibra muscular, usando la célula de corte Warner-Bratzler, a una velocidad de 3,33 m/s, registrando los parámetros con un texturómetro (TA-XT2, Stable MicroSystems, Godalming, UK). Se registró de cada trozo la fuerza de corte (N/cm^2).

Perfil de ácidos grasos y contenido de colesterol

El perfil de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía gaseosa. La grasa de cada muestra se extrajo con cloroformo-metanol (Domínguez et al., 2022). De la grasa extraída, 20 mg fueron transmetilados con una solución de metóxido sódico (0,5 M) (metilación básica) y otra de sulfúrico-metanol (10 %) (metilación ácida), y los ésteres metílicos de los ácidos grasos se extrajeron con hexano, siguiendo la metodología descrita por Domínguez et al. (2022). La separación, identificación y cuantificación de los diferentes ácidos grasos se realizó con un cromatógrafo de gases Agilent mod. 7890B (Agilent Technologies) equipado con un detector de ionización de llama (FID) y un automuestreador PAL RTC-120 (Pal System), usando una columna capilar DB-23 (60 m; 0,25 mm diámetro; 0,25 μm espesor del recubrimiento; Agilent Technologies). Todas las condiciones cromatográficas, incluyendo la rampa de temperaturas del horno fueron descritas por Domínguez et al. (2022). Se empleó helio como gas portador a 1,2 mL/min, mientras que la temperatura del detector se mantuvo a 280 °C. El tiempo total de análisis fue de 33 min. La adquisición de datos, el control del equipo y el análisis de datos se llevaron a cabo utilizando el software MassHunter GC/MS (Agilent Technologies). Los ésteres metílicos in-

dividuales se identificaron comparando sus tiempos de retención con los de los estándares. Los resultados se expresaron como g/100 g de ácidos grasos totales.

Finalmente, la determinación del contenido de colesterol se realizó mediante una saponificación en caliente y la cuantificación mediante cromatografía líquida siguiendo el procedimiento de López-Fernández et al. (2022). Para ello, 0,5 g de carne fueron saponificados durante 45 min a 85 °C usando una solución de KOH al 10 % en etanol-agua (55:45 v/v), desplazando el aire con nitrógeno para evitar procesos de oxidación. El colesterol se extrajo con hexano y se inyectó en el cromatógrafo. El equipo utilizado para la cuantificación del colesterol fue un HPLC modelo Alliance 2695 equipado con un detector de fotodiodos 996 (Waters, Milford, MA, USA). La separación del colesterol se realizó en una columna de sílica en fase normal (SunFire™ Prep Silica; 4,6 mm ID $\times$ 250 mm; 5 μm diámetro de partícula; Waters, Milford, MA, USA) en modo isocrático, empleando como fase móvil isopropanol-hexano (2:98 % v/v) a un flujo de 1 mL/min, y se empleó el software Empower 3™ (Waters, Milford, MA, USA) para el control del equipo, la adquisición de los datos y el tratamiento de los resultados. El colesterol fue detectado a 208 nm, y el tiempo total de análisis fue de 15 min. La identificación del colesterol se realizó por comparación del tiempo de retención con un estándar, y los resultados se expresaron como mg colesterol/100 g de carne.

Análisis estadístico

Los resultados fueron tratados empleando el software estadístico SPSS (V.19). Los resultados fueron expresados como medias y desviación estándar.

Resultados y discusión

Parámetros productivos y características de la canal

En la Tabla 2 se muestran los parámetros productivos y de crecimiento de los terneros frisones empleados en este estudio. Los animales entraron en la etapa de destete con un peso medio de 48,2 kg, y permanecieron en

esta etapa un total de 69,9 días. El consumo de leche fue de 16,7 L/día mientras que el de pienso de 1,71 kg/día. Las ganancias medias diarias fueron 0,84 kg/día. El índice de conversión medio para esta etapa fue de 2,07.

El peso de entrada en la etapa de cebo fue de 107 kg, y el tiempo de permanencia en esta etapa fue de 163 días (~5,5 meses). El consumo de pienso medio se situó en torno a los 6 kg/día

Tabla 2. Parámetros productivos y de crecimiento y características de la canal de terneros frisones.
Table 2. Productive and growth parameters and carcass characteristics of Friesian calves.

	Media	Desviación estándar
Número animales	871	–
Destete		
Días destete	69,9	13,9
Peso entrada destete (kg)	48,2	3,23
Consumo leche (L/día)	16,7	1,93
Consumo pienso destete (kg/día)	1,71	0,31
GMD-destete (kg/día)	0,84	0,19
IC (destete)	2,07	0,30
Cebo		
Días cebo	163	22,8
Peso entrada cebo (kg)	107	13,8
Consumo pienso cebo (kg/día)	6,04	1,58
GMD-cebo (kg/día)	1,31	0,24
IC (cebo)	4,59	0,69
Total		
Días sacrificio	258	23,1
Peso Vivo (kg)	317	41,2
GMD-total (kg/día)	1,16	0,19
IC (total)	4,09	0,49
Características de la canal		
Peso canal (kg)	161	20,6
Conformación	O (menos buena)	–
Grado de engrasamiento	2 (poco cubierto)	–
Rendimiento canal (%)	50,7	0,84

GMD: Ganancia media diaria; IC: índice de conversión.

y las ganancias medias diarias de la etapa de cebo en 1,31 kg/día, siendo el índice de conversión de esta etapa de 4,59.

A pesar de ser interesante observar los datos productivos y de crecimiento dividido por etapas, es mucho más importante tener la visión global de todo el proceso, incluyendo la etapa de destete y cebo conjuntamente. En este caso, los animales estuvieron un total de 258 días (8,6 meses) en la explotación, alcanzando un peso vivo antes del sacrificio de 317 kg. Las ganancias medias diarias se situaron en 1,16 kg/día, y el índice de conversión de todo el proceso de cría en 4,09.

Tras el sacrificio, las canales presentaron un peso medio de 161 kg, siendo su conformación "O" "menos buena" y el grado de engrasamiento "2" "poco cubierto". El rendimiento canal fue de 50,7 %.

Existen pocos estudios realizados en frisonas sacrificadas a una edad tan temprana. De hecho, por norma general, el rango de sacrificio de estos animales oscila entre los 15 meses (Albertí et al., 2008) y los 24 meses (Dannenberger et al., 2006; Nogalski et al., 2023). A pesar de tener un peso inferior debido a que son animales de menor edad, las ganancias medias diarias de este estudio coinciden con las de Dannenberger et al. (2006) y Albertí et al. (2008), quienes observaron que frisonas sacrificadas entre los 15 y 19 meses y con un peso que rondaban los 600 kg tuvieron unas ganancias medias diarias de 1,18 y 1,15 kg/día, respectivamente. Obviamente, el peso canal (320-347 kg) y el rendimiento (54,7-55,7 %) también fueron superiores, al igual que el grado de engrasamiento ("3" cubierto). Sin embargo, la conformación de la canal fue igual a la de los animales de este trabajo ("O" menos buena). De modo similar, un estudio realizado con frisonas machos sacrificados a los 297 días (10 meses) mostró canales de 230 kg, con conformaciones "O" y grados de engrasamiento "2" (Mendizabal et

al., 2017), coincidiendo con los resultados obtenidos en el presente estudio. Por el contrario, y como era esperable, cruces de Frisona con Blanco Azul Belga sacrificados con pesos superiores a los 700 kg tuvieron ganancias diarias (1,2-1,3 kg/día), pesos canal (384-406 kg) y rendimientos (54,4-56,4 %) (Gündüz y Çayıroğlu, 2024) superiores a los obtenidos en este estudio. También frisonas criadas en intensivo y sacrificadas con 24 meses (720 días) y peso vivo de 673 kg resultaron en canales con 385 kg, rendimientos canal del 57,2 % y ganancias medias diarias de 1,59 kg/día (Nogalski et al., 2023), aunque cabe destacar que estas ganancias fueron solo monitorizadas los últimos 120 días de cebo. En este caso, la conformación de la canal también fue "O", mientras que el grado de engrasamiento se situó entre "2+" y "3-".

En frisonas sacrificadas a 18 meses (Pfuhl et al., 2007), el consumo de pienso durante el cebo (entre los 5 y los 18 meses) fue ligeramente superior (7,14 kg/día) al de los animales de este estudio (6,04 kg/día) debido a que fueron cebados durante 10 meses más, lo que aumentó el consumo de pienso. También el peso vivo (588 kg), el de canal (356 kg) y el rendimiento canal (53,9 %) fueron superiores. Sin embargo, las ganancias medias diarias (1,19 kg/día), la conformación de la canal (O-) y el grado de engrasamiento (entre "1+" y "2-") fueron similares o incluso inferiores a los de este trabajo. Esto pone de manifiesto que, aunque se aumente significativamente la edad y el peso de sacrificio, no siempre repercute en una mejora de la conformación de la canal o su grado de engrasamiento. Datos similares fueron encontrados por Rezagholivand et al. (2021), quien a pesar de que el período de cebo de frisonas (15 meses), el peso de sacrificio (546 kg) y el de canal (273 kg) fue superior al del presente estudio, el rendimiento canal (49,9 %) fue inferior (50,7 %).

En frisonas en los cuales se monitorizaron los índices productivos en el período com-

prendido entre 4-6 meses y el final de cebo (15,7 meses) se observó que el consumo de pienso fue de 5,71 kg/día entre los ~5 y los ~9 meses de edad, aumentando hasta los 8,06 kg/día hasta el sacrificio (Rutherford et al., 2020). Teniendo en cuenta que los animales de este estudio fueron sacrificados con menos de 9 meses, los consumos del período de cebo (6,04 kg/día) concuerdan con los descritos por Rutherford et al. (2020). Estos autores también obtuvieron canales con clasificación "O" y grado de engrasamiento entre "2+" y "3-", con pesos canal en torno a 300 kg y rendimientos del 51,2 % (Rutherford et al., 2020). Con terneros frisonos sacrificados a edades comprendidas entre los 20 y los 26 meses, los autores observaron que las ganancias medias diarias (1,11; 1,28 y 1,50 kg/día), el peso canal (320, 410 y 522 kg) y el rendimiento canal (54,8; 56,7 y 58,2 %) aumentaron progresivamente con la edad de sacrificio (Wang et al., 2019), lo que nos permite explicar las variaciones observadas entre diferentes estudios.

Con respecto al índice de conversión, el hecho de sacrificar los animales a una edad mucho mayor –18 meses (Pfuhl et al., 2007) o 15 meses (Rezagholivand et al., 2021)–, resultó en índices de conversión más elevados (6,74 y 6,89; respectivamente) en comparación con los del presente estudio (4,09). En animales sacrificados entre los 20 y los 26 meses este índice aumentó hasta 7,89-8,91 (Wang et al., 2019). Por lo tanto, como era esperable, los animales sacrificados a una edad más temprana tienen un mejor índice de conversión, lo que estaría positiva e íntimamente ligado a la rentabilidad de la explotación.

Es esperable que los terneros de razas de aptitud lechera presenten una tasa de crecimiento (ganancias medias diarias) y de pesos vivos inferiores a otras de aptitud cárnica o sus cruces, lo que explica que este tipo de razas, como es el caso de la Frisona, crezcan más lentamente y engorden más tarde (Albertí et al., 2008). Además, el ganado vacuno de ap-

titud cárnica se caracteriza por su capacidad de transformar los nutrientes principalmente en proteínas, mientras que las razas lecheras, que tienen un estado hormonal y metabólico diferente, tienden a depositar más grasa intraabdominal, lo que explica que los terneros de raza Frisona obtengan la conformación de la canal de "menos buena". De hecho, esta clasificación de conformación "O" y el grado de engrasamiento "poco cubierto" es esperable para terneros livianos de tipo lechero (Mendizabal et al., 2017), como los de este estudio.

Obviamente, otro factor determinante que afecta al crecimiento y a las características de los terneros es la dieta suministrada durante la etapa de cebo (Albertí et al., 2008), por lo que las diferencias entre los estudios podrían estar también íntimamente ligadas al alimento y al sistema productivo empleado en el engorde de los animales. Asimismo, la mayor parte de los estudios comienzan la monitorización de los animales a una edad más elevada (>5 meses), o solo durante la última etapa de cebo (últimos meses), mientras que en el presente estudio se monitorizan a los animales desde que tienen pocos días de vida hasta el sacrificio, lo que también es fuente de posibles discrepancias entre los estudios, ya que los índices dependen de la etapa que se esté estudiando.

Calidad de la carne

En la Tabla 3 se muestra la composición química y los principales parámetros fisicoquímicos de la carne de los terneros frisonos estudiados. Se puede observar que la humedad se sitúa en valores de 75,46 g/100 g; siendo el contenido en proteína 22,22 g/100 g; las cenizas 1,09 g/100 g y la grasa 1,21 g/100 g. Los datos obtenidos eran esperables, ya que los contenidos de humedad, proteínas, grasa intramuscular y cenizas en la ternera que se describen en otros trabajos oscilan entre 73,8 y 77,5 %; 20,7 y 23,6 %; 0,4 y 2,5 %; 1,1 y 1,4 %;

Tabla 3. Composición química y parámetros físico-químicos de la carne de terneros frisones.
Table 3. Chemical composition and physicochemical parameters of meat from Friesian calves.

	Media	Desviación estándar
pH	5,67	0,19
Composición química (g/100 g)		
Humedad	75,46	0,97
Grasa	1,21	0,91
Proteína	22,22	0,71
Cenizas	1,09	0,05
Parámetros de color		
L*	44,95	3,64
a*	12,08	2,53
b*	14,48	1,85
Pérdidas por cocción (%)	27,12	4,75
Textura (N/cm ²)	23,49	6,08

Textura medida como fuerza de corte (test Warner-Bratzler).

respectivamente (Domaradzki et al., 2017), por lo que la composición química del presente estudio está en consonancia con la descrita en la bibliografía. Los datos de este trabajo también concuerdan con los obtenidos en frisones sacrificados entre 130 y 210 kg (Vavrišínová et al., 2019).

En terneros frisones sacrificados a 10 meses de edad, los autores describieron contenidos de grasa intramuscular de 1,2 g/100 g (Mendizabal et al., 2017), y en cruces de Frisona con Blanco Azul Belga sacrificados a los 24 meses varió entre 1,22 y 1,35 g/100 g (Gündüz y Çayiroğlu, 2024), lo que coincide con los valores de este estudio (1,21 g/100 g). Por el contrario, en animales sacrificados a una edad mucho más avanzada se observó que el porcentaje de grasa intramuscular aumentó hasta situarse en valores comprendidos entre el 4,87 % (sacrificados a 20 meses) y el 9,24 % (sacrificados a 26 meses) (Wang et al., 2019). La relación existente entre grasa y proteína es

inversamente proporcional, por lo que estos animales con mayor proporción grasa, mostraron un contenido menor de proteína (~19 %) (Wang et al., 2019) que en los del presente trabajo (22 %). Por lo tanto, en este estudio estamos ante una carne magra, que proporciona un aporte elevado de proteínas, lo que la posiciona como nutricionalmente buena.

El depósito graso intramuscular es de desarrollo más tardío que el subcutáneo (Mendizabal et al., 2017), por lo que posiblemente, el hecho de sacrificar los animales del presente estudio a una edad tan temprana (8,6 meses) determine que la deposición de grasa en el músculo estaría aun en sus estadios iniciales. Otra posible explicación está relacionada con que la raza Frisona es de aptitud lechera, lo que resulta en que la infiltración de grasa en el músculo es inferior. De hecho, en estudios previos, se observó que los toros de raza Frisona no metabolizan eficientemente los nutrientes para la acumulación de proteínas, lo

que resulta en que desvían esa energía ingerida hacia depósitos internos de grasa (Pfuhl et al., 2007). Así, se sabe que los frisones tienen un poder de infiltración de grasa que no suelen superar el 5 %, mucho menor que otras razas, como puede ser la Wagyu (38 % de infiltración) y la Hanwoo (20 % de infiltración) (Nogalski et al., 2023). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el contenido de grasa intramuscular va afectar positivamente a otros atributos sensoriales de la carne, como son la jugosidad, el flavor o la ternera (Nogalski et al., 2022).

Por ello, además de la composición química, otras características no nutricionales que van a ser determinantes en la calidad de la carne son las características fisicoquímicas, incluido el pH, el color, las pérdidas de agua por cocción, o la textura, medida como la fuerza de corte Warner-Bratzler (Domaradzki et al., 2017; Gündüz y Çayiroğlu, 2024).

El pH de la carne de 5,67 confirmó que los animales no sufrieron estrés previo al sacrificio, y asegura que este factor no va a influir en la calidad de la carne. Otros estudios en animales sacrificados y alimentados de modo diferente han mostrado valores de 5,76 (Dannenberger et al., 2006); 5,4-5,7 (Yu et al., 2017); ~5,66 (Wang et al., 2019); 5,69 (Shabtay et al., 2021); ~5,55 (Nogalski et al., 2022); ~5,66 (Nogalski et al., 2023) o ~5,6 (Gündüz y Çayiroğlu, 2024), lo que está en consonancia con lo observado en el presente estudio. Existe cierta controversia sobre los factores que influyen en el pH, ya que algunos estudios indican variaciones entre animales sacrificados a diferentes edades o sistemas de producción, mientras que otros afirman que el pH es un factor que se ve poco influenciado por los sistemas de cría, la alimentación, o el sexo (Domaradzki et al., 2017), lo que explicaría las pocas variaciones entre estudios. Además, este rango de pH indica una glucólisis *post mortem* adecuada y, por tanto, un manejo correcto de los terneros durante el

cebo y antes del sacrificio (Domaradzki et al., 2017). De hecho, los valores de pH para carne de vacuno sin defectos se sitúan precisamente entre 5,5 y 6, considerándose como carnes PSE (pálidas, blandas y exudativas) las que tienen un valor inferior a 5,4, y las DFD (oscuras, firmes y secas) las que tienen un pH superior a 6.

El pH, además de ser un indicador de la calidad de la carne, también influye de modo directo en su color (Yu et al., 2017), ya que existe una correlación directa y negativa entre la coloración roja de la carne y el pH (Gagaoua et al., 2018). El color de la carne fresca es quizás el atributo que mayor influencia tiene sobre los consumidores y que va a determinar su intención de compra. El color de la superficie del músculo está definido por la estructura de la carne y por la concentración y el estado redox de sus pigmentos (principalmente mioglobina), que depende de numerosos factores *ante mortem* (raza, sexo, dieta, sistema de cría y edad) y *post mortem* (aturdimiento, sangrado, gestión de la cadena de frío y envasado) (Domaradzki et al., 2017). En este trabajo, los valores de luminosidad (L^*) fueron de 44,95; el índice de rojo (a^*) de 12,08 y el de amarillo (b^*) de 14,48. Con respecto al color, otros estudios en carne de frisón sacrificados a una edad mayor (Shabtay et al., 2021; Nogalski et al., 2022 y 2023; Gündüz y Çayiroğlu, 2024) describieron valores de L^* (32-38) y b^* (3-14) menores, mientras que los de a^* fueron superiores (15-18) a los valores del presente estudio. Estas diferencias se explican ya que es bien sabido que se produce un aumento de los pigmentos musculares totales con la edad, especialmente hasta los 24 meses (Domaradzki et al., 2017), lo que explica la mayor luminosidad y menor intensidad del índice de rojo de la carne de los terneros de este estudio con respecto al descrito en estudios con animales sacrificados a mayor edad.

Numerosos estudios indicaron que el aumento de la edad de sacrificio de los animales de granja oscurece la carne. Se propuso que el

valor L^* más bajo en la carne de vacuno probablemente se deba a un mayor contenido de mioglobina, ya que la concentración de mioglobina aumenta con la edad. Además, el cambio del tipo de fibra glicolítica al tipo oxidativo resulta en una mayor concentración de mioglobina muscular a medida que avanza la madurez, y explica que la carne sea más oscura y con valores de a^* y b^* mayores en los animales más viejos (Gagaoua et al., 2018).

De cualquier modo, es importante resaltar que la carne de vacuno que presenta mayor aceptabilidad por los consumidores es de color rojo cereza brillante, con valores de a^* iguales o superiores a 14,5; L^* superiores a 31,4 y b^* superiores a 6,3 (Holman y Hopkins, 2021). Los valores obtenidos en este estudio coinciden con los descritos como de mayor aceptabilidad, a excepción del índice de rojo que se situó en valores ligeramente inferiores. Por tanto, se puede concluir que el color de la carne de terneros frisonos del presente trabajo es el deseable y se aproxima a los valores apreciados por el consumidor.

Por otro lado, el sistema de manejo y cría de terneros puede influir no solo al color sino también a la textura. Entre todos los atributos de la textura de la carne, la terneza se ha considerado el principal factor que afecta la satisfacción del consumidor, y en especial en la carne de vacuno. La fuerza de corte de Warner-Bratzler se ha convertido en el método más utilizado para la evaluación objetiva de la terneza de la carne de ternera, produciendo la mejor correlación con la percepción de terneza en la boca del consumidor (Domaradzki et al., 2017). En este estudio, los valores medios de la fuerza de corte se situaron en 23,5 N/cm². Estos valores sitúan a las muestras como “muy tiernas”, según la clasificación que propone un estudio donde relaciona el valor de la fuerza de corte de Warner-Bratzler con la terneza de la carne (Belew et al., 2003). De hecho, todos los valores por debajo de 31,4 N/cm² serían carnes

“muy tiernas”, y entre 31,5 y 38,2 N/cm² “carnes tiernas”. Como hemos explicado antes, el contenido de grasa intramuscular también juega un papel importante en la textura y jugosidad de la carne, ya que a mayor contenido graso más tierna y jugosa es la carne. En nuestro caso, el hecho de ser una carne magra podría repercutir negativamente en la textura, pero como hemos comprobado, sucede todo lo contrario, resultando en una carne muy tierna. Al comparar con otros estudios, también observamos que los valores son inferiores (más tierna) que los descritos en frisonos sacrificados a edades más avanzadas, con valores de 52,3-61,5 N/cm² (Wang et al., 2019) en animales sacrificados entre los 20 y los 26 meses, 38,87-43,79 N/cm² en animales de 18 meses (Nogalski et al., 2022) o 31,97-33,94 N/cm² en animales de 24 meses (Nogalski et al., 2023). Una posible explicación a este hecho podría estar relacionada con que los animales usados en este estudio fueron sacrificados a una edad temprana, lo que influiría positivamente en la terneza de la carne. De hecho, la edad de sacrificio puede tener un impacto particularmente significativo en el caso de la carne de vacuno, con un marcado descenso en la terneza entre los 10 y 18 meses de edad, lo que puede estar asociado con cambios estructurales en el colágeno y un aumento en la proporción de enlaces cruzados termoestables, de modo que se solubiliza menos colágeno durante la cocción (Domaradzki et al., 2017).

Otro parámetro que está relacionado con la fuerza de corte son las pérdidas de agua por cocción. Las pérdidas por cocción se correlacionan negativamente con la jugosidad y la terneza evaluadas mediante paneles sensoriales o medición instrumental (Domaradzki et al., 2017). En este estudio, las pérdidas de agua por cocción se situaron en valores de 27,12 %, lo que coincide con los descritos en estudios previos, con valores de 28,7 % en animales sacrificados a 26 meses (Wang et al., 2019), y son superiores a los descritos en frisonos sacrifica-

dos a 12 meses (22,12 %; Shabtay et al., 2021). Por el contrario, otros estudios previos mostraron que en animales con mayor edad presentaron valores de pérdidas por cocción mayores (30,54-42,1 %), lo que podría estar relacionado con la menor terneza de esta carne (Nogalski et al., 2022 y 2023). Existe cierta controversia sobre la relación edad/pérdidas por cocción, aunque Florek et al. (2015) ha observado que las pérdidas por cocción aumentan a medida que aumenta la edad de los animales, lo que podría explicar porque la carne del presente estudio, con animales jóvenes, presentó valores tan bajos.

Perfil de ácidos grasos y contenido de colesterol

En la Tabla 4 se muestra el perfil de ácidos grasos y el contenido de colesterol de la carne de los terneros frisonos estudiados. El principal ácido graso fue el ácido oleico (C18:1n-9; 28,88 %), seguido del ácido palmítico (C16:0; 24,15 %), el ácido esteárico (C18:0; 18,46 %) y ácido alfa-linolénico (C18:2n-6; 10,40 %). La suma de estos representa más del 80 % del total de ácidos grasos. Si observamos los sumatorios de los ácidos grasos, podemos ver que los ácidos grasos saturados son mayoritarios, con valores medios del 46,30 %, seguidos de los ácidos grasos monoinsaturados (37,12 %) y finalmente los ácidos grasos poliinsaturados (16,58 %). Sin duda, los elevados contenidos de palmítico y esteárico, y en menor medida el de mirístico (C14:0; 2,07 %) y heptadecanoico (C17:0; 0,94 %) determinan este hecho, mientras que los valores de ácidos grasos monoinsaturados estarían ligados al alto contenido de ácido oleico, y también a los importantes valores de palmitoleico (C16:1n-7; 2,10 %), trans-vacénico (11t-C18:1; 3,11 %) y cis-vacénico (C18: 1n-7; 1,64 %). Del mismo modo, el contenido de ácidos grasos poliinsaturados está ligado al de ácido alfa-linoleico, aunque también se observan valores notables de ácido araquidónico (C20:4n-6; 3,25 %).

Este perfil coincide con estudios previos, donde en la mayoría de los casos, los ácidos grasos saturados son predominantes en la grasa intramuscular de vacuno (oscilando entre el 33,99 % y el 52,40 %), mientras que los ácidos grasos monoinsaturados constituyen entre el 29,38 % y el 51,0 % y rara vez presentan niveles más altos que las proporciones de saturados. Los ácidos grasos poliinsaturados tienen las proporciones más bajas y muestran la mayor variación (5,35-30,80 %) (Domaradzki et al., 2017). El perfil de ácidos grasos descrito en este estudio es similar al descrito en frisonos (Dannenberger et al., 2006; Shabtay et al., 2021) aunque con diferencias debidas principalmente a la dieta recibida en cada estudio.

Es importante destacar que la carne de vacuno puede ser una fuente importante de ácidos grasos biológicamente activos que tienen una variedad de beneficios nutricionales en la dieta, como los isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA; principalmente 9c,11t-C18:2), el ácido trans-vacénico, o los omega 3 de cadena larga (DPA, C22:5n-3) (Domaradzki et al., 2017). La ingesta de trans-vacénico se relaciona con mejoras en la salud. Estudios recientes vinculan su ingesta con una mejor función de las células inmunitarias y la actividad antitumoral. En este estudio, a pesar de ser animales jóvenes, el contenido trans-vacénico asciende al 3,11 %. Además de lo ya mencionado, este ácido graso, que se forma en el rumen como resultado de una biohidrogenación parcial, es precursor de otro grupo importante de ácidos grasos conocido como ácido linoleico conjugado o "CLA". Se trata de un grupo de isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico, derivados del metabolismo del trans-vacénico. Este grupo está formado por múltiples combinaciones diferentes, pero en general el isómero predominante es el 9c,11t-C18:2. El CLA ha demostrado propiedades inmunomoduladoras, que influyen en la respuesta inmune del cuerpo contra las células cancerosas. Su in-

Tabla 4. Perfil de ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos) y contenido de colesterol (mg/100 g de carne) de la carne de terneros frisonos.

Table 4. Fatty acid profile (g/100 g of total fatty acids) and cholesterol content (mg/100 g meat) of meat from Friesian calves.

	Media	Desviación estándar
C14:0	2,07	0,57
C14:1n-5	0,28	0,12
C15:0	0,34	0,07
C16:0	24,15	2,14
C16:1n-7	2,10	0,48
C17:0	0,94	0,24
C18:0	18,46	3,31
9t-C18:1	0,57	0,19
11t-C18:1	3,11	1,14
C18:1n-9	28,88	3,94
C18:1n-7	1,64	0,44
C18:2n-6	10,40	4,11
C18:3n-3	0,49	0,22
9c,11t-C18:2 (CLA)	0,35	0,17
C20:0	0,13	0,02
C20:1n-9	0,13	0,03
C20:2n-6	0,25	0,12
C20:3n-6	0,72	0,34
C20:4n-6	3,25	1,68
C22:5n-3 (DPA)	0,69	0,32
SFA	46,30	4,74
MUFA	37,12	3,56
PUFA	16,58	6,32
n-3	1,52	0,71
n-6	15,07	5,83
n-6/n-3	10,66	2,86
Colesterol (mg/100 g)	57,60	13,2

SFA: sumatorio de ácidos grasos saturados; MUFA: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados.

gesta también se asocia con un menor riesgo de diabetes y enfermedades cardiovasculares. En las muestras de carne de terneros frisones de este estudio el contenido del isómero principal CLA es bajo (0,35 %) pero eso no quiere decir que tenga poca importancia. Por tanto, las complejidades de la relación entre el trans-vacénico y el CLA a nivel molecular subrayan el potencial de estos compuestos como agentes bioactivos con implicaciones para la prevención de determinadas enfermedades.

Otros ácidos grasos relevantes para la salud humana son los ácidos grasos omega 3. Este grupo de ácidos grasos tiene reconocidos beneficios en la prevención de múltiples enfermedades y contribuye positivamente al metabolismo. De hecho, el ácido alfa-linolénico (C18:3n-3), junto con el ácido alfa-linoleico (C18:2n-6) son considerados ácidos grasos esenciales para el ser humano, ya que no pueden ser sintetizados en el organismo y deben ser aportados por la dieta, y los ácidos poliinsaturados de cadena larga se forman por procesos de elongación y desaturación de estos (Domaradzki et al., 2017). Dentro de los omega 3, y en muestras de terneros frisones, se identificaron principalmente el ácido alfa-linolénico (C18:3n-3) y el ácido docosapentaenoico (C22:5n-3; DPA). El contenido de DPA es relativamente alto (0,69 %), y es de gran importancia ya que es un ácido omega 3 de cadena larga, que tiene efectos bioactivos e interviene en múltiples procesos metabólicos. Los valores de ácido alfa-linolénico son bajos (0,49 %), aunque esto es de esperar en animales de cebo. Este ácido graso se encuentra en grandes cantidades en pastos y forrajes. En nuestro estudio, los animales fueron engordados con concentrados comerciales que, como se puede ver en la Tabla 1, tienen un alto contenido de linoleico (35,88 %) y un bajo contenido de linolénico (1,60 %). Esto explica el perfil de ácidos grasos obtenidos en las muestras de carne de este estudio. El hecho de que el pienso sea rico en ácido linoleico también favorece el metabo-

lismo de los ácidos grasos omega 6 en detrimento de los omega 3, y explica el ratio n-6/n-3 de 10,66. El valor que se toma como referencia para una dieta saludable es un ratio n-6/n-3 de 4 (Simopoulos, 2009), aunque hay que aclarar que este valor es difícil de encontrar en la carne. De hecho, los valores observados en frisonos alimentados con pienso oscilan entre 6,5 y 14,66 (Dannenberger et al., 2006; Shabtay et al., 2021), aunque otros estudios muestran valores inferiores, principalmente relacionado con el hecho de que los animales recibieron dietas ricas en ácidos omega 3 (Dannenberger et al., 2006; Nogalski et al., 2022). En resumen, y como era de esperar, el perfil de ácidos grasos de la carne presentó valores similares al perfil lipídico de la dieta suministrada a los animales. A la vista de los resultados obtenidos, se puede afirmar que el sistema de producción propuesto proporciona a la carne un perfil lipídico con múltiples ácidos grasos que tienen una importante actividad biológica.

Finalmente, el contenido de colesterol de la carne de los terneros fue de 57,6 mg de colesterol/100 g de carne. El contenido de colesterol es un parámetro que varía en función de múltiples factores, siendo la dieta un factor primordial. En este caso, la dieta de todos los animales fue la misma, por lo que afectó de forma similar a todo el grupo. Sin embargo, otros parámetros como el contenido de grasa de la carne también juegan un papel relevante en el contenido de colesterol. El colesterol es una molécula que está unida a las membranas celulares y es una parte importante de ellas. A medida que aumenta el contenido de grasa de la carne, el número de membranas celulares permanece inalterado, y lo que ocurre es que los glóbulos de grasa aumentan de tamaño. Por tanto, un aumento de la grasa implica una disminución del contenido de colesterol por el "efecto dilución" ya que, al aumentar la grasa, las membranas celulares, y por tanto el colesterol representan una cantidad proporcionalmente menor

dentro de la muestra total. En cualquier caso, los valores descritos en este estudio coinciden con los valores habituales que muestra la carne vacuna, situándose estos entre 47,6 y 58,5 mg/100 g (Domaradzki et al., 2017).

Conclusiones

El sistema de cebo de terneros frisonos propuesto, y su sacrificio a una edad de 8,6 meses proporciona unos parámetros productivos aceptables, al tiempo que aumenta la rentabilidad debido a los bajos índices de conversión. Tanto la conformación de la canal como el grado de engrasamiento es bajo, pero el esperado en una raza de aptitud láctea. El peso canal obtenido fue de 161 kg y el rendimiento canal de 50,7 %. La carne tiene una buena calidad fisicoquímica y nutricional. El hecho de sacrificar a los animales a una edad temprana hace que su carne se caracterice por ser muy magra, con el típico color rojo, muy tierna y con un perfil de ácidos grasos similar al descrito en la carne de vacuno. Por tanto, se puede concluir que estamos ante una carne de excelente calidad, lo que está en consonancia con la demanda actual de la sociedad de consumir alimentos nutritivos y de calidad. Finalmente, el engorde de ganado frisón en Galicia es una actividad rentable y una prometedora oportunidad para los emprendedores.

Declaración de contribución de Autoría

- Rubén Domínguez-Valencia: conceptualización, curación de datos, análisis formal, supervisión y redacción-borrador original.
- Laura Purriños: investigación, análisis formal, validación y redacción-revisión y edición.
- Roberto Bermúdez: análisis formal, investigación, validación y redacción-revisión y edición.

- Francisco Bello: conceptualización, administración del proyecto, supervisión y redacción-revisión y edición.
- Luis García: Análisis formal, investigación, validación y redacción-revisión y edición.
- Francisco Estévez: Conceptualización, curación de datos, investigación, supervisión, validación y redacción-revisión y edición.

Agradecimientos

Este estudio está enmarcado dentro del proyecto de investigación titulado “Ceba en Galicia: Optimización y protocolización de un sistema de engorde de ternero frisón rentable y replicable” (FEADER 2022/062B), concedido en la convocatoria de ayudas para la ejecución de proyectos de los grupos operativos de la Asociación Europea de Innovación del 2022, y financiado con fondos del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) de la Unión Europea, de la Consellería do Medio Rural de la Xunta de Galicia y del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Esta investigación fue apoyada por GAIN (Axencia Galega de Innovación) (referencia IN607A2023/01).

Referencias bibliográficas

- Albertí P., Panea B., Sañudo C., Olleta J.L., Ripoll G., Ertbjerg P., Christensen M., Gigli S., Failla S., Concetti S., Hocquette J.F., Jailler R., Rudel S., Renand G., Nute G.R., Richardson R.I., Williams J.L. (2008). Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science* 114: 19-30. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2007.04.010>.
- AOCS (2005) AOCS Official Procedure Am5-04. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. American Oil Chemists Society, Urbana, IL, USA.

- Belew J.B., Brooks J.C., McKenna D.R., Savell J.W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science* 64: 507-512. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00242-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00242-5).
- Comisión Europea (2021). EU agricultural outlook for markets, income and environment 2021-2031. Publications Office of the European Union, Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Luxembourg. <https://doi.org/10.2762/753688>.
- Dannenberger D., Nuernberg K., Nuernberg G., Ender K. (2006). Carcass- and meat quality of pasture vs concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. *Archives Animal Breeding* 49: 315-328. <https://doi.org/10.5194/AAB-49-315-2006>.
- Domaradzki P., Stanek P., Litwi czuk Z., Skalecki P., Florek M. (2017). Slaughter value and meat quality of suckler calves: A review. *Meat Science* 134: 135-149. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2017.07.026>.
- Domínguez R., Purriños L., Pateiro M., Campagnol P.C.B., Reyes J.F., Munekata P.E.S., Lorenzo, J.M. (2022). Fatty acids. En: *Methods to Assess the Quality of Meat Products 1ª Ed.* (Ed. Lorenzo J.M., Domínguez R., Pateiro M., Munekata P.E.S.), pp. 41-52. Springer Nature, Nueva York, EEUU.
- Florek M., Domaradzki P., Stanek P., Litwi Czuk Z., Skalecki P. (2015). Longissimus lumborum quality of Limousin suckler beef in relation to age and postmortem vacuum ageing. *Annals of Animal Science* 15: 785-798. <https://doi.org/10.1515/AOAS-2015-0019>.
- Gagaoua M., Picard B., Monteils V. (2018). Associations among animal, carcass, muscle characteristics, and fresh meat color traits in Charolais cattle. *Meat Science* 140: 145-156. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2018.03.004>.
- Gündüz T., Çayıroğlu H. (2024). Effects of maize silage withdrawal from finishing ration on weight gain, carcass yield and beef quality of Holstein Friesian × Belgian Blue crossbred bulls. *Czech Journal of Animal Science* 69: 219-229. <https://doi.org/10.17221/40/2024-CJAS>.
- Holman B.W.B., Hopkins D.L. (2021). The use of conventional laboratory-based methods to predict consumer acceptance of beef and sheep meat: A review. *Meat Science* 181: 108586. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108586>.
- ISO 1442 (1997). International standards meat and meat products – Determination of moisture content. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 936 (1998). International standards meat and meat products – Determination of ash content. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, Switzerland.
- ISO 937 (1978). International standards meat and meat products – Determination of nitrogen content. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- López-Fernández O., Domínguez R., Ruiz-Capillas C., Pateiro M., Sosa-Morales M.E., Munekata P.E.S., Sant Ana A.S., Lorenzo J.M., Herrero A.M. (2022). Cholesterol. En: *Methods to Assess the Quality of Meat Products 1ª Ed.* (Ed. Lorenzo J.M., Domínguez R., Pateiro M., Munekata P.E.S.), pp. 65-72. Springer Nature, Nueva York, EEUU.
- Mendizabal J.A., Alberti P., Martínez del Pino L., Urrutia O., Gómez, I., Arana A., Beriain M.J., Purroy A. (2017). Caracterización de canales de terneros Frisones y Pirenaicos mediante la técnica de análisis de imagen. *Book of Abstracts of the XVII Jornadas sobre Producción Animal*, 30 y 31 de mayo, Zaragoza, Spain, pp. 684-686.
- Moon S.S., Seong P.N., Jeong J.Y. (2015). Evaluation of Meat color and physiochemical characteristics in forequarter muscles of Holstein Steers. *Food Science of Animal Resources* 35: 646-652. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2015.35.5.646>.
- Nogalski Z., Pogorzelska-Przybyłek P., Sobczuk-Szul M., Purwin C., Modzelewska-Kapituła M. (2018). Effects of rearing system and feeding intensity on the fattening performance and slaughter value of young crossbred bulls. *Annals of Animal Science* 18: 835-847. <https://doi.org/10.2478/AOAS-2018-0022>.
- Nogalski Z., Pogorzelska-Przybyłek P., Sobczuk-Szul M., Modzelewska-Kapituła M. (2022). Effects of rearing system and fattening intensity on the chemical composition, physicochemical properties and sensory attributes of meat from

- young crossbred (Holstein-Friesian × Hereford) bulls. *Animals* 12: 933. <https://doi.org/10.3390/ANI12070933>.
- Nogalski Z., Modzelewska-Kapituła M., Tkacz K. (2023). Effects of silage type and feeding intensity on carcass traits and meat quality of finishing Holstein-Friesian bulls. *Animals* 13: 3065. <https://doi.org/10.3390/ANI13193065>.
- Pfuhl R., Bellmann O., Kühn C., Teuscher F., Ender K., Wegner J. (2007). Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition, and meat quality. *Archives Animal Breeding* 50: 59-70. <https://doi.org/10.5194/AAB-50-59-2007>.
- Real Decreto 815/2018, de 6 de julio, por el que se establecen disposiciones de aplicación relativas a la clasificación de las canales de vacuno y ovino y al registro y comunicación de los precios de mercado de determinadas categorías de canales y animales vivos. *Boletín Oficial del Estado*, num. 164, de 7 de julio de 2018, pp. 68273-68289.
- Reglamento (CE) n° 1099/2009 del Consejo, de 24 de septiembre de 2009, relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza. *Diario Oficial de la Unión Europea*, num. 303, de 18 de noviembre de 2009, pp. 1-30.
- Rezagholidvand A., Nikkhah A., Khabbazan M.H., Mokhtarzadeh S., Dehghan M., Mokhtabad Y., Sadighi F., Safari F., Rajaei A. (2021). Feedlot performance, carcass characteristics and economic profits in four Holstein-beef crosses compared with pure-bred Holstein cattle. *Livestock Science* 244: 104358. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2020.104358>.
- Rutherford N.H., Gordon A.W., Arnott G., Lively F.O. (2020). The effect of beef production system on the health, performance, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls. *Animals* 10: 1922. <https://doi.org/10.3390/ANI10101922>.
- Shabtay A., Shor-Shimoni E., Orlov A., Agmon R., Trofimiyuk O., Tal O., Cohen-Zinder M. (2021). The meat quality characteristics of Holstein calves: the story of Israeli 'Dairy Beef.' *Foods* 10: 2308. <https://doi.org/10.3390/FOODS10102308>.
- Simopoulos A.P. (2009). Evolutionary aspects of the dietary Omega-6:Omega-3 fatty acid ratio: Medical implications. *World Review of Nutrition and Dietetics* 100: 1-21. <https://doi.org/10.1159/000235706>.
- Vavrišínová K., Hozáková K., Bučko O., Haščík P., Juhás P., (2019). The effect of the slaughter weight on carcass composition, body measurements and veal quality of Holstein calves. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 67: 1235-1243. <https://doi.org/10.11118/actaun201967051235>.
- Vieira C., García M.D., Cerdeño A., Mantecón A.R. (2005). Effect of diet composition and slaughter weight on animal performance, carcass and meat quality, and fatty acid composition in veal calves. *Livestock Production Science* 93: 263-275. <https://doi.org/10.1016/J.LIVPRODSCI.2004.11.020>.
- Wang H., Li H., Wu F., Qiu X., Yu Z., Niu W., He Y., Su H., Cao B. (2019). Effects of dietary energy on growth performance, rumen fermentation and bacterial community, and meat quality of Holstein-Friesians bulls slaughtered at different ages. *Animals* 9: 1123. <https://doi.org/10.3390/ANI9121123>.
- Yu Q., Wu W., Tian X., Hou M., Dai R., Li X. (2017). Unraveling proteome changes of Holstein beef *M. semitendinosus* and its relationship to meat discoloration during post-mortem storage analyzed by label-free mass spectrometry. *Journal of Proteomics* 154: 85-93. <https://doi.org/10.1016/J.JPROT.2016.12.012>.

(Aceptado para publicación el 24 de julio de 2025)