



# OVIHUEC.DAT

Caracterización de la gestión forestal e impulso socioeconómico en zonas de montaña mediante un rebaño comunal en un entorno digital

4.1.5

## Análisis de la carne de ovino de Vilamòs

Convocatoria de ayudas de la Fundación Biodiversidad, en régimen de concurrencia competitiva, para apoyo a proyectos transformadores para la promoción de la bioeconomía ligada al ámbito forestal y la contribución a la transición ecológica (regulada por la Orden TED/1014/2021, de 20 de septiembre, y por la Orden TED/408/2023, de 24 de abril, que modifica la anterior) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia - Financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU para el ejercicio del 2023



## Información del documento

Número de informe	4.1.5
Nombre del informe	Análisis de la carne de ovino de Vilamòs
Descripción del informe	Informe de capacitación de que tener en cuenta en un análisis de carne.
Objetivo	Objetivo 4 - Producto
Actividad	A4.1 Evaluación del potencial mercado para la venta del producto final del rebaño y estudios de calidad de productos de origen cárneo.
Entidad coordinadora de la actividad	CREDA
Entidades participantes de la actividad	IRTA, Fundación CTIC, Consell Generau d'Aran, ayuntamiento de Vilamòs
Palabras clave	Análisis sensorial, propiedades tecnológicas
Autores	Núria Panella-Riera
Colaboradores	
Aprobado por	Antoni Dalmau Bueno

### Advertencia:

Este documento es propiedad de los miembros que conforman el proyecto OVIHUEC.DAT. No está permitida su copia o distribución en ningún caso sin el consentimiento previo de los propietarios de este, quienes tienen los derechos de autor del presente escrito.

Parte de la convocatoria de la Fundación Biodiversidad y financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU. Sin embargo, las opiniones y visiones expresadas son de los autores del documento y no representan necesariamente las de los entes convocantes y financieros. Por lo tanto, ni la Unión Europea ni la entidad convocante pueden ser responsabilizadas por estas.



## Índice

1. Introducción .....	3
2. Material y métodos .....	3
2.2. Caracterización de la carne fresca .....	3
2.3. Maduración de las piernas de cordero .....	7
3. Resultados y discusión .....	11
3.2. Caracterización de la carne fresca .....	11
3.3. Caracterización de la carne madurada .....	14
4. Conclusiones .....	21
5. Consideraciones a tener en cuenta en un análisis de carne en sistemas productivos de montaña.....	22



## 1. Introducción

Este proyecto, OVIHUEC.DAT, que tiene como objetivo base la creación del rebaño en Vilamòs, población del Val d'Aran, enmarca varios ámbitos de trabajo, entre los cuales se encuentra la evaluación de la calidad de productos de origen cárnico.

Para la subactividad 4.1.5 del proyecto OVIHUEC.DAT, donde se realizó un estudio sobre la caracterización de la carne de rebaños de paso, se preveían ciertas limitaciones.

Por lo tanto, el objetivo de esta subactividad es identificar estrategias para comercializar la carne fresca de cordero de pasto considerando la comercialización de carne fresca, planteando estrategias para mejorar su terneza mediante protocolos de maduración.

## 2. Material y métodos

### 2.2. Caracterización de la carne fresca

Para el desarrollo de esta actividad se utilizaron animales de dos razas distintas (Ripollesa y Aranesa), de los cuales se sacrificaron cinco machos de cada una. Debido a la estacionalidad propia de la producción de estos animales y a las particularidades de cada raza, el ensayo se llevó a cabo en dos lotes independientes, empleándose una raza específica en cada uno de ellos. Se intentó respetar los tiempos *postmortem* para cada fase del estudio en cada lote. La Tabla 1 muestra el cronograma correspondiente a cada uno.

*Tabla 1 Cronograma específico de cada lote de estudio.*

	Lote 1	Lote 2
Raza	Ripollesa	Aranesa
Fecha sacrificio	2 abril 2025 (d0)	25 junio 2025 (d0)
Fecha despiece y envasado al vacío	4 abril 2025 (d2)	27 junio 2025 (d2)
Transporte refrigerado	8 abril 2025 (d6)	30 junio 2025 (d6)
Recepción al IRTA	9 abril 2025 (d7)	2 julio 2025 (d7)
Muestreo de la carne fresca e inicio pruebas de estabilidad (48h) y maduración (20-22d)	10 abril 2025 (d8)	3 julio 2025 (d8)
Final estabilidad color	12 abril 2025 (d10)	5 julio 2025 (d10)
Final prueba de maduración	30 abril 2025 (d20)	25 julio 2025 (d22)

Tras el sacrificio de los animales, estos fueron trasladados a la carnicería Pascalet, donde se realizó el despiece de las canales. Posteriormente, toda la carne se envasó al vacío para su transporte refrigerado hasta las instalaciones del IRTA.

Se utilizaron los lomos para la evaluación de las características de la carne fresca y las piernas para la aplicación de protocolos de maduración. El resto de la canal se destinó a la elaboración de productos cárnicos.

#### Parámetros de calidad tecnológica

Se registraron datos como la edad, el peso de la canal, el pH muscular, la capacidad de retención de agua, y se realizó también un seguimiento de la estabilidad del color.

Para la caracterización de la carne se emplearon los lomos derecho e izquierdo, debidamente identificados. En ellos se determinaron los siguientes parámetros:

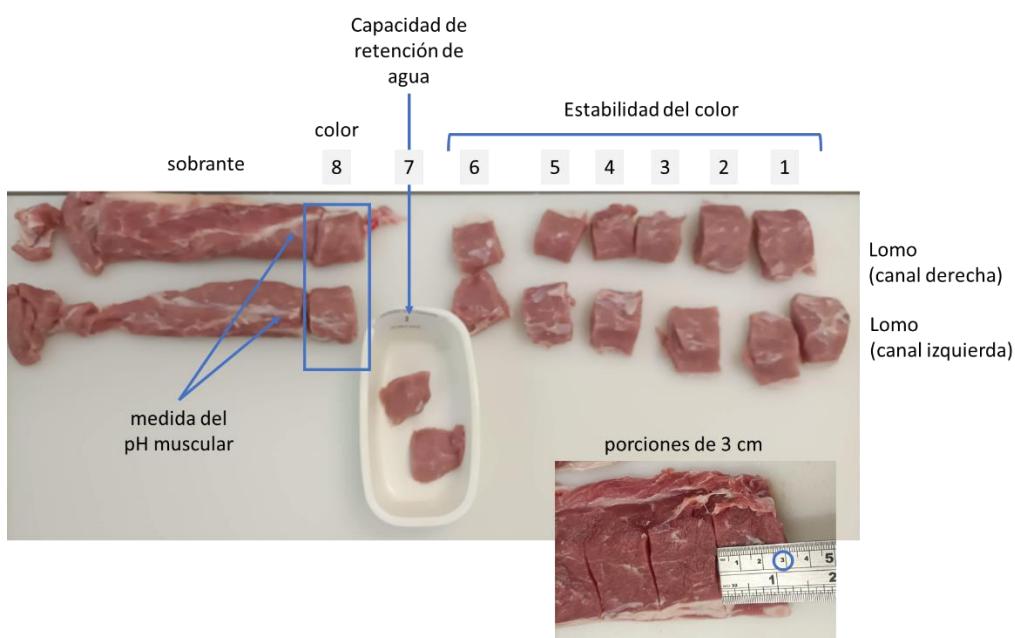
- pH muscular
- Capacidad de retención de agua
- Estabilidad del color

De cada lomo se obtuvieron ocho cortes de 3 cm de grosor, siguiendo la distribución indicada en la Figura 1. Las seis primeras porciones se destinaron al análisis de la estabilidad del color, la porción número 7 se utilizó para la determinación de la capacidad de retención de agua y la porción número 8 para la medición instrumental del color tras 30 minutos de oxigenación. En el corte sobrante se realizó la medición del pH muscular.

a) Presentación del lomo derecho e izquierdo de una misma canal.



b) Distribución de las distintas porciones de los lomos, con indicación del análisis asignado a cada una para determinar la calidad de la carne



c) Detalle de cuatro de los cinco lomos utilizados en el lote 1, donde se muestra la presentación de la porción destinada a la medición del color instrumental tras 30 minutos de oxigenación.

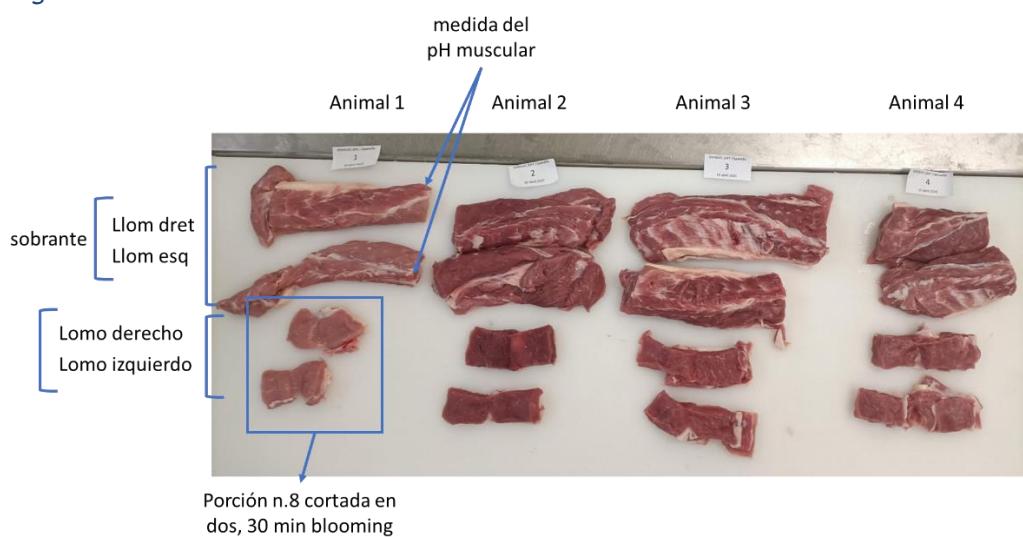


Figura 1 Detalle fotográfico de las distintas etapas del muestreo de los lomos frescos.

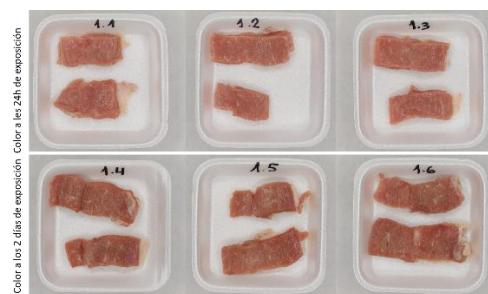
Para evaluar la estabilidad del color, las porciones se envasaron en bandejas con film transparente y se expusieron a 4 °C durante 2 días. Se realizó un control a las 24 horas de exposición (con ciclos de luz de 12 h) y otro al completar los 2 días adicionales.

Las seis porciones correspondientes a cada animal se enumeraron con los subíndices XX.1, XX.2, XX.3, XX.4, XX.5 y XX.6. En cada bandeja se colocó una porción procedente del lomo derecho y otra del lomo izquierdo, ambas seccionadas por la mitad. La Figura 2 muestra el ejemplo correspondiente al animal 1 (rodajas de 3 cm, cortadas por la mitad).

Tras el periodo asignado, se retiró el film de la bandeja y se midió el pH y el color del músculo.

- Bandejas XX.1, XX.2 y XX.3: determinación del color tras 24 h de exposición.
- Bandejas XX.4, XX.5 y XX.6: determinación del color tras 2 días adicionales (3 días de exposición en total).

a)



b)



c)



*Figura 2.a) Bandejas preparadas a partir de las porciones de lomo de un mismo animal, sometidas al periodo de exposición, b) detalle de las bandejas expuestas con el sistema de iluminación, c) detalle de la medida de color y pH.*

### 2.3. Maduración de las piernas de cordero

Para el estudio de maduración se utilizaron piezas de pierna de cordero, sometidas a dos métodos distintos: maduración en seco convencional (*DRY ageing*) y maduración en seco empleando bolsas permeables al agua (maduración en seco en bolsa). Las piernas llegaron a las instalaciones del IRTA envasadas al vacío, tras 7 días *post mortem*. El día siguiente (d8), se destinaron las piernas procedentes de la media canal izquierda a los ensayos de maduración, mientras que las correspondientes a la media canal derecha se congelaron inmediatamente con el fin de disponer de una referencia para la evaluación de los parámetros de textura y perfil de ácidos grasos.

Para iniciar el proceso de maduración, se retiró el envase de las piezas, se secaron con papel adsorbente y se identificaron adecuadamente. Las piernas asignadas a la maduración en seco convencional se colgaron a la cámara de maduración (Figura 3a). En el caso de las piezas destinadas a la maduración en seco en bolsa, estas fueron deshuesadas y posteriormente envasadas en bolsas permeables (TUBEX Tublin 10) antes de su colocación en cámara (Figura 3b).

El proceso se llevó a cabo en la cámara de maduración del IRTA, manteniendo unas condiciones controladas de temperatura entre 0,5 y 1,0 °C y una humedad relativa del 58-60 % (Figura 3c). Las piezas sometidas a maduración permanecieron en estas condiciones hasta un máximo de 20-22 días, lo que corresponde a 26-28 días *post mortem* (Figura 3 d y e). No se realizó estudio de vida útil para ninguna de estas piezas, puesto que el objetivo principal del ensayo fue la valoración de los parámetros asociados a los diferentes métodos de maduración. La distribución del tipo de método de maduración asignado se detalla en la Tabla 2.

*Tabla 2. La distribución del tipo de método de maduración asignado a cada animal.*

	Animal	Maduración en seco convencional	Maduración en seco con bolsa
Lote 1	1	x	
	2		x
	3	x	
	4		x
	5	x	
Lote 2	6	x	
	7		x
	8	x	
	9		x
	10	x	
		n= 6	n= 4

#### 4.1.5. ANÁLISIS DE LA CARNE DE OVINO DE VILAMÒS



a) Piernas sometidas a maduración en seco convencional al inicio del proceso



b) Piernas sometidas a maduración en seco con bolsa permeable al inicio del proceso



c) Pantalla de control de la cámara de maduración, mostrando las condiciones configuradas de temperatura y humedad



d) Pierna madurada en seco convencional al final del periodo de maduración



e) Pierna madurada en seco con bolsa al final del periodo de maduración



f) Dissección de una pierna madurada en seco, con identificación de los distintos músculos empleados para los análisis de la carne.



g) Medición del pH en los músculos disecados



Figura 3. Detalle fotográfico del proceso de maduración de las piernas de cordero.

Al finalizar el periodo de maduración, se realizó una valoración del olor de las piezas según la escala siguiente:

- 1: neutro, ausencia de olor.
- 2: cárnicoo, deseable, carne fresca de cordero, sangre.
- 3: ligero olor a carne madurada en seco (olor de carne madurada/curada).  
Estas notas aparecen por encima del olor típico de cordero.
- 4: olor intenso a carne madurada en seco (olor de carne madurada/curada).  
Estas notas predominan claramente por encima del olor de cordero.
- 5: ligero olor desagradable, pérdida de frescor, ligeramente picante. Estas notas aparecen por encima del olor de cordero y/o del olor de maduración.
- 6: olor desagradable intenso, sulfídrico, picante, penetrante. Estas notas predominan claramente por encima del olor de cordero y/o del olor de maduración.

Seguidamente se procedió a la disección de las piezas con el fin de obtener los distintos músculos de la pierna, que fueron destinados a los diferentes análisis previstos. Los músculos identificados fueron los siguientes (Figura 3f): AB (abductor), BF (biceps femoris), SM (semimembranosus) y GM (gluteus medius). Los tres primeros se emplearon en la determinación de la dureza instrumental, mientras que el músculo GM se destinó al análisis del perfil de ácidos grasos. Además, de todos ellos se determinó el pH muscular.

Se siguió el mismo procedimiento con las piernas congeladas el día 8. En la fecha asignada para la determinación de la dureza instrumental, las piezas se descongelaron durante 24 h en condiciones de refrigeración, tras lo cual se deshuesaron y seccionaron para obtener los mismos músculos mencionados anteriormente. A continuación, se realizaron las determinaciones de textura y el análisis del perfil de ácidos grasos siguiendo el mismo protocolo aplicado a las piezas maduradas.

Para la evaluación instrumental de la textura se aplicó el test de Warner-Bratzler. Las muestras se cocinaron en un horno a 200 °C hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C, medida con un termómetro de penetración digital. Una vez cocinadas, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se obtuvieron cilindros de cada músculo siguiendo la orientación de las fibras musculares. Las determinaciones se realizaron en un texturómetro INSTROM equipado con una celda de carga de 30 kg, utilizando la cuchilla tipo Warner-Bratzler.

El análisis de ácidos grasos se realizó siguiendo el método descrito por Folch, Lees y Stanley (1957) con ligeras modificaciones.

La extracción de los ácidos grasos se realizó utilizando una mezcla cloroformo-metanol como solvente de extracción. Posteriormente, los ácidos grasos fueron metilados para su análisis mediante la conversión a ésteres metílicos según el procedimiento ISO 5509-1978 (E), empleando NaOH/metanol y BF<sub>3</sub>. La identificación de los compuestos se llevó a cabo utilizando un patrón externo comercial (F.A.M.E. C4-C24 Mix, Supelco Analytical), mientras que la cuantificación se efectuó mediante Glyceryl Tritridecanoate (C13) como patrón interno. El análisis cromatográfico se realizó en un cromatógrafo de gases Agilent 8860 equipado con detector FID y una columna capilar Zebron ZB-FAME (fase cianopropil G48; 30 m × 0,25 mm × 0,20 µm). Se empleó hidrógeno como gas portador en flujo constante (1,7 mL/min). Las condiciones del inyector fueron 240 °C en modo *split*. El programa de temperatura del horno consistió en un mantenimiento inicial a 100 °C durante 2 minutos, seguido de rampas de 10 °C/min hasta 140 °C, 3 °C/min hasta 190 °C y 10 °C/min hasta 260 °C, manteniéndose esta última durante 5 minutos (tiempo total: 34,67 minutos). El detector FID operó a 260 °C. La presentación de los resultados se realizó en forma de porcentaje relativo de cada ácido graso respecto al total de identificación en cada muestra, a la vez que se presenta el porcentaje acumulado de cada grupo principal: ácidos grasos saturados (SAT), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA).

## 2.4. Análisis de datos

El tratamiento de los datos se realizó utilizando el programa Microsoft Excel. Dado el número limitado de muestras disponibles para cada raza y para cada lote experimental, el análisis estadístico se centró en la estadística descriptiva, incluyendo el cálculo de medias y desviaciones estándar. Es importante señalar que el manejo pre y *post mortem* de los animales y de las canales puede influir significativamente en los parámetros de calidad de la carne, lo que introduce variabilidad adicional en los resultados. Debido a la estructura del diseño experimental y al tamaño muestral reducido, no fue posible aplicar pruebas inferenciales que permitieran establecer diferencias estadísticas entre los grupos.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.2. Caracterización de la carne fresca

Los animales del lote 1, pertenecientes a la raza ovina Ripollesa, se sacrificaron con 103 días de edad, coincidiendo todos en la misma edad al momento del sacrificio. Presentaron un peso canal medio de  $9,2 \pm 1,84$  kg. En cambio, los animales del lote 2, pertenecientes a la raza Aranesa, se sacrificaron tarde, con una edad media de  $122,8 \pm 5,74$  días, y mostraron un peso canal notablemente superior, aproximadamente el triple del registrado en los animales del lote 1 (Tabla 3).

*Tabla 3. Edad y peso de canal de los animales de las razas Ripollesa y Aranesa utilizados en este estudio.*

	Ripollesa		Aranesa	
	media	D.E.	media	D.E.
Edad (días)	103,0	-	122,8	5,74
Peso canal (kg)	9,2	1,84	18,0	2,01

Los resultados obtenidos para los parámetros de calidad tecnológica muestran diferencias claras entre las dos razas evaluadas, aunque estas no hayan podido confirmarse estadísticamente debido al tamaño muestral limitado (Tabla 4). La carne de los animales de raza Ripollesa presentó un pH muscular ligeramente superior ( $5,81 \pm 0,05$ ) al observado en los animales de raza Aranesa ( $5,64 \pm 0,07$ ), situándose ambos dentro del rango esperado durante la evaluación *post mortem*. No obstante, es importante destacar que estas medidas de calidad de la carne fresca se realizaron a los 8 días *post mortem*, con las piezas envasadas al vacío y conservadas bajo refrigeración, condiciones que pueden influir tanto en la evolución del pH como en otros parámetros físico-químicos.

En cuanto a la luminosidad ( $L^*$ ), la carne Ripollesa mostró valores más altos ( $43,07 \pm 4,01$ ), lo que indica un color más claro en comparación con la carne Aranesa ( $38,81 \pm 1,41$ ), caracterizada por tonalidades más oscuras y uniformes. Respecto a la capacidad de retención de agua (CRA), los animales de raza Aranesa presentaron valores superiores ( $16,83 \pm 0,90\%$ ) en relación con los de raza Ripollesa ( $12,95 \pm 1,73\%$ ), lo que sugiere una menor pérdida de exudado y un comportamiento tecnológico potencialmente más favorable en esta raza.

*Tabla 4. Caracterización tecnológica de la carne de animales de las razas Rиполеса y Aranesa utilizados en este estudio.*

	Ripollesa		Aranesa	
	media	D.E.	media	D.E.
pH muscular	5,81	0,05	5,64	0,07
L*	43,1	4,01	38,8	1,41
Capacidad de retención de agua (%)	12,9	1,73	16,8	0,90

En ambas razas se observó un deterioro del color durante la exposición (Tabla 5, Figura 4), caracterizado por un oscurecimiento progresivo (disminución de la luminosidad, L\*) y una pérdida de rojez (reducción del índice a\*). Estos cambios estuvieron acompañados por un incremento del ángulo Hue\*, indicando un desplazamiento del tono hacia matices más amarillentos o marrones.

La raza Aranesa presentó ya en el día 2 una carne más oscura que la Ripollesa (L\* 38,8 vs. 43,1) y, además, mostró variaciones más marcadas entre los días 2 y 4. Esto queda reflejado en los valores de Delta E ( $\Delta E$ ) durante este intervalo: mientras que la carne de la raza Ripollesa alcanzó un índice de 2,8 –umbral a partir del cual el cambio empieza a ser perceptible para el ojo humano–, la Aranesa registró un  $\Delta E$  de 5,5, considerado una diferencia clara y fácilmente apreciable en la mayoría de los casos.

Asimismo, las desviaciones estándar fueron menores en la raza Aranesa que en la Ripollesa, lo que sugiere un comportamiento más homogéneo en cada punto de estudio. En conjunto, los resultados indican que la estabilidad del color fue inferior en la raza Aranesa, mostrando una pérdida de rojez y de saturación más rápida a lo largo de los cuatro días de exposición intermitente a la luz.

*Tabla 5. Evolución del color en porciones de lomo envasadas con film permeable al oxígeno sometidas a 4 días de ciclos de luz de 12 h.*

		Ripollesa		Aranesa	
		d2	d4	d2	d4
L* D65	media	43,1	40,8	38,8	37,6
	D.E.	4,01	4,48	1,41	1,28
a* D65	media	10,5	9,0	12,3	7,7
	D.E.	2,10	1,76	1,33	0,80
b* D65	media	16,5	15,6	16,5	13,9
	D.E.	1,01	0,97	0,79	0,58
Croma* D65	media	19,6	18,1	20,6	15,9
	D.E.	1,88	1,33	1,39	0,72
Hue* D65	media	57,9	60,1	53,4	61,1
	D.E.	4,07	4,86	1,95	2,43

#### 4.1.5. ANÁLISIS DE LA CARNE DE OVINO DE VILAMÒS

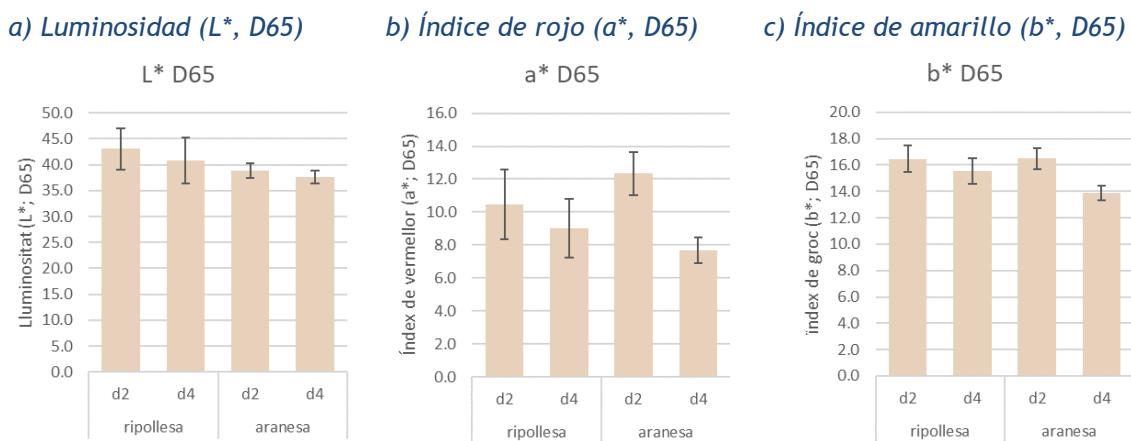


Figura 4. Evolución del color en porciones de lomo envasadas con film permeable al oxígeno sometidas a 2 y 4 días de ciclos de luz de 12 h.

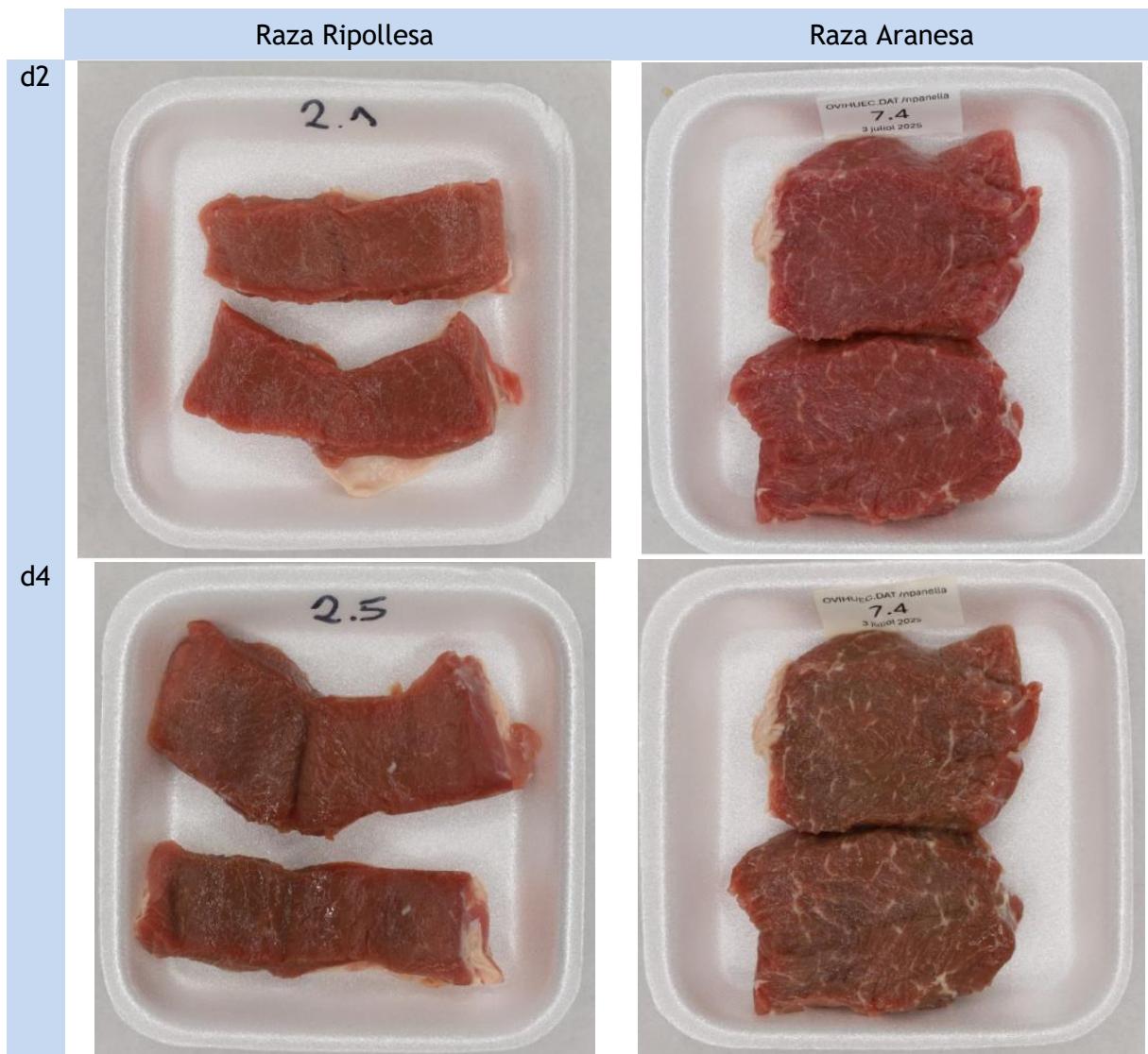


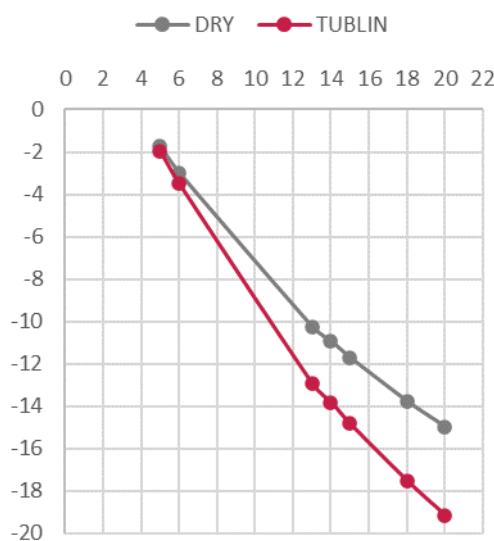
Figura 5. Detalle fotográfico de la evolución del color en porciones de lomo envasadas con film permeable al oxígeno sometidas a 2 y 4 días de ciclos de luz de 12 h.

### 3.3. Caracterización de la carne madurada

Se aplicaron protocolos de maduración en seco considerando dos métodos distintos, la maduración en seco convencional (DRY) y la maduración en seco con bolsa permeable al agua (TUBLIN).

Las pérdidas de peso durante la maduración determinan la eficiencia energética y económica del proceso. Las propias características de cada método confieren valores de pérdidas de peso normalmente superiores en el método de maduración con bolsa comparado con la maduración en seco convencional. En este trabajo se confirma esta hipótesis en ambas razas (Figura 6).

a) Ripollesa



b) Aranesa

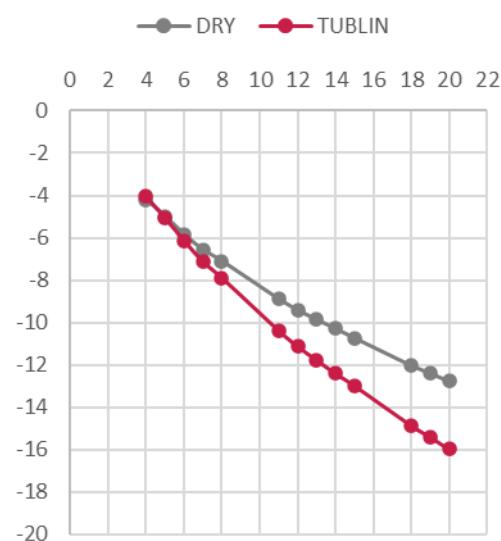
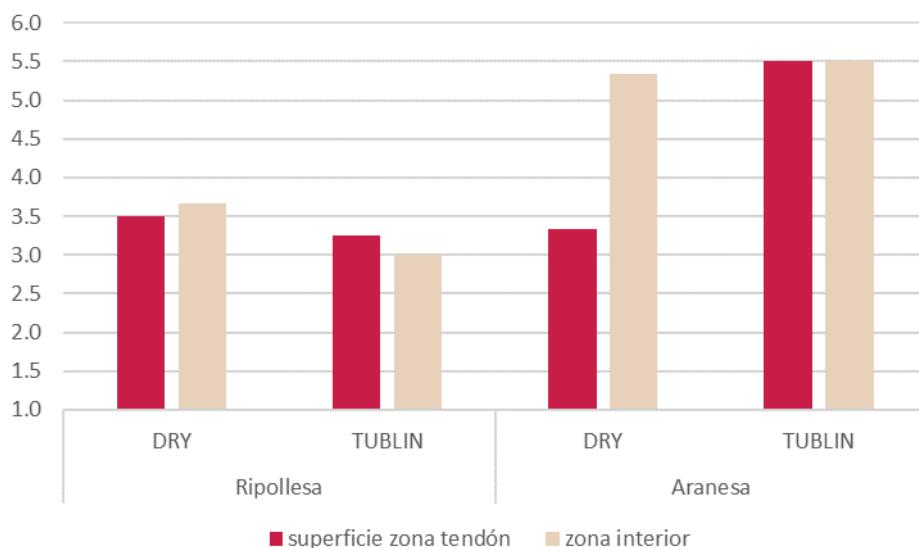


Figura 6. Pérdida de peso de las piernas maduradas según la raza empleada y el método de maduración. DRY: maduración en seco convencional; TUBLIN: maduración en seco con bolsa permeable al agua.

Al finalizar el periodo de maduración se valoró sensorialmente cada pieza, caracterizando el olor de las piezas maduradas (Figura 7). Se distinguió distinto olor según la zona anatómica (zona próxima al tendón de Aquiles y la zona interior).



*Figura 7. Caracterización del olor de las piernas maduradas. DRY: maduración en seco convencional; TUBLIN: maduración en seco con bolsa permeable al agua.*

La valoración sensorial del olor en las piernas de cordero maduradas durante 20 días mostró diferencias claras en función de la raza y del método de maduración. En la raza Ripollesa, tanto el método DRY como el TUBLIN generaron perfiles aromáticos característicos de la maduración (valores entre 3 y 4), sin indicios de olores defectuosos. El método DRY presentó intensidades aromáticas ligeramente superiores en términos numéricos, especialmente en la zona interior, mientras que el método TUBLIN dio lugar a un olor más suave. En contraste, la raza Aranesa mostró una respuesta muy distinta: aunque la superficie de las muestras maduradas mediante el método DRY se mantuvo en niveles sensorialmente aceptables, la zona interior alcanzó valores superiores a 5, lo que indica la aparición de notas desagradables, como pérdida de frescor y tonos picantes o sulfídricos. Este efecto fue aún más pronunciado en el método TUBLIN, que registró puntuaciones cercanas a 5,5 tanto en la superficie como en el interior, evidenciando un olor claramente defectuoso.

En conjunto, los resultados sugieren una interacción significativa entre la raza y el método de maduración, de manera que la raza Ripollesa tolera adecuadamente ambos métodos, mientras que la Aranesa muestra una mayor susceptibilidad al desarrollo de olores indeseables, especialmente bajo el método TUBLIN.

La valoración sensorial se completó con el análisis instrumental de la dureza aplicando el test de Warner Bratzler. La Figura 8 muestra el efecto del método de maduración (vacío 8d, DRY 28d y TUBLIN 28d) sobre los parámetros de textura en tres músculos: Abductor (AB), BF-Bíceps femoris (BF) y Semimembranosus (SM) de las razas Ripollesa y Aranesa. El método vacío se

utilizó como referencia, ya que se prolongó únicamente durante 8 días, coincidiendo con el tiempo necesario para el despiece y el transporte hasta las instalaciones del IRTA. En cambio, los métodos *DRY* y *TUBLIN* se extendieron hasta los 26-28 días *post mortem*.

En general, los resultados indican valores numéricamente más elevados de dureza instrumental en la raza Ripollesa que en la raza Aranesa, manteniendo ambas razas un comportamiento similar al comparar los músculos evaluados. Se observó, además, un efecto claro del tiempo de maduración sobre la textura: los valores de fuerza máxima (Figura 3a) fueron ligeramente superiores en la conservación al vacío durante 8 días y disminuyeron tras los 28 días de maduración en *DRY* y *TUBLIN*, indicando una tenderización moderada del tejido. El parámetro área (Figura 3b), relacionado con la energía necesaria para la deglución, mostró el mismo patrón: la referencia (vacío 8 d) presentó los valores más altos, mientras que la carne madurada en seco (*DRY* y *TUBLIN*) registró valores menores, coherentes con una reducción de la resistencia estructural durante la maduración prolongada. Por su parte, el parámetro pendiente (Figura 3c) presentó diferencias más discretas entre tratamientos, aunque la referencia al vacío tendió a presentar valores ligeramente superiores, lo que sugiere una rigidez inicial algo mayor en la carne conservada únicamente 8 días.

En resumen, los tratamientos *DRY* y *TUBLIN* generaron perfiles mecánicos compatibles con una mayor terneza respecto a la referencia envasada al vacío durante 8 días, con una respuesta poco afectada por el músculo evaluado, y con diferencias un poco más relevantes entre razas.

Para finalizar, se caracterizó el perfil lipídico de la carne fresca y madurada. De nuevo, se recuerda que el método wet se utilizó como referencia, ya que se prolongó únicamente durante 8 días, coincidiendo con el tiempo necesario para el despiece y el transporte hasta las instalaciones del IRTA. En cambio, los métodos *DRY* y *TUBLIN* se extendieron hasta los 26-28 días *post mortem*. También es importante resaltar que, dado el diseño experimental aplicado, el análisis estadístico es exclusivamente descriptivo, presentándose medias y desviaciones estándar.

#### Caracterización de la carne conservada 8 días en refrigeración y envasada al vacío:

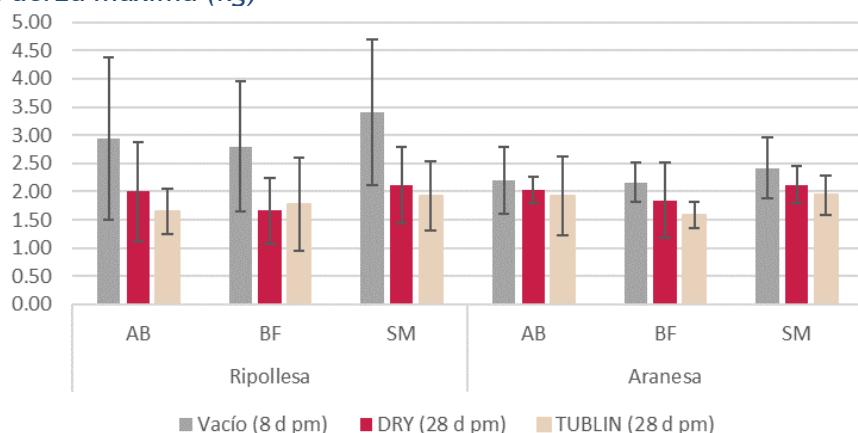
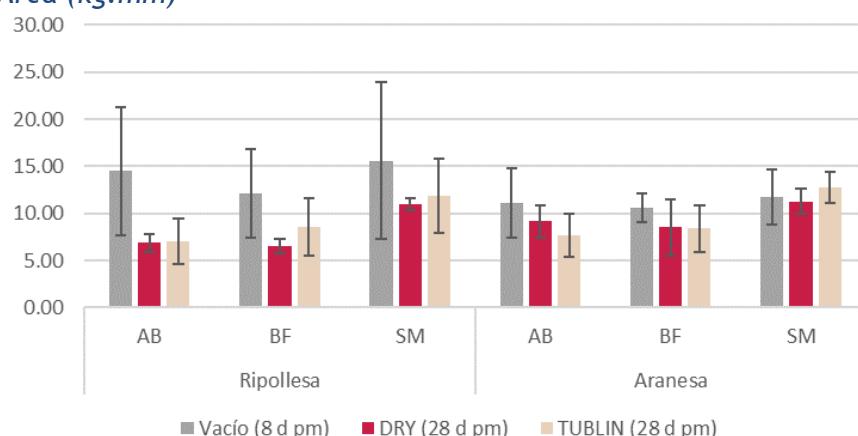
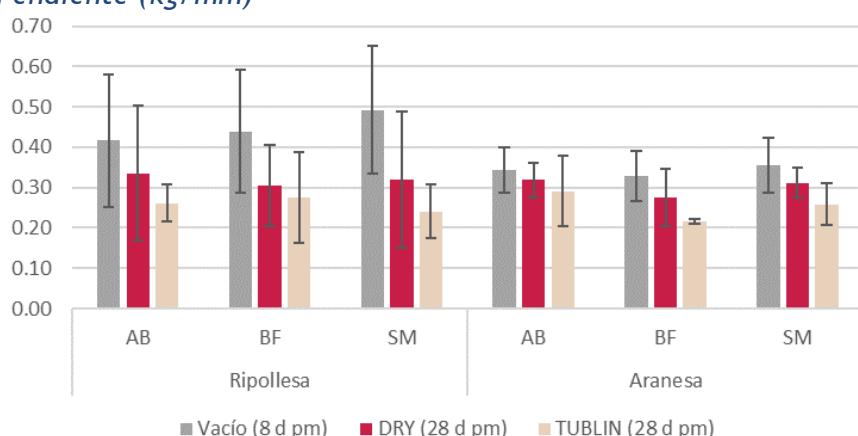
La raza Aranesa presenta un perfil ligeramente más monoinsaturado y menos poliinsaturado que Ripollesa ( $\Sigma MUFA$  42,52% vs 38,62%;  $\Sigma PUFA$  14,69% vs 16,81%), junto con una menor fracción saturada total ( $\Sigma SFA$  42,7% vs 44,56%). A nivel individual, Aranesa muestra proporciones más elevadas de C16:0, C16:1,



C18:1 cis-9 y C18:1 trans-9, mientras que Rипollesa presenta valores superiores de ácido esteárico (C18:0), linoleico (C18:2), araquidónico (C20:4) y ligeramente más EPA y DHA.

En términos funcionales, este patrón sugiere que, con una conservación de 8 días al vacío, la grasa de Aranesa sería potencialmente más estable frente a la oxidación (mayor proporción de MUFA y menor de PUFA), mientras que la de Rипollesa mostraría algo más de susceptibilidad oxidativa debido a su contenido superior de PUFA. No obstante, la mayor presencia de ácido araquidónico (C20:4 cis 5,8,11,14) y de ácidos grasos n-3 de cadena larga en Rипollesa podría tener implicaciones nutricionales y funcionales que conviene considerar conjuntamente con los resultados sensoriales e instrumentales.

Estas diferencias entre razas pueden estar moduladas por múltiples factores intrínsecos y extrínsecos al animal, como la propia raza, la edad al sacrificio y la dieta previa, que influyen sobre la actividad lipogénica, la desaturación endógena y el perfil final de ácidos grasos depositados en el tejido muscular. Sin embargo, dado que en este estudio estos factores no pudieron separarse completamente dentro del diseño experimental, el análisis estadístico es únicamente descriptivo y no permite atribuir de forma concluyente las variaciones observadas a un efecto exclusivo de la raza sobre el perfil lipídico.

**a) Fuerza máxima (kg)****b) Área (kg.mm)****c) Pendiente (kg/mm)**

**Figura 8. Efecto del método de maduración sobre la fuerza máxima, el área y el pendiente en tres músculos de cordero de raza Rиполеса y raza Aranesa. Músculos: AB-Abductor, BF-Biceps femoris, SM- Semimembranosus. Métodos de maduración: DRY: maduración en seco convencional; TUBLIN: maduración en seco con bolsa permeable al agua.**

#### Efecto del método de maduración sobre el perfil lipídico de la carne:

Comparando el efecto del método de maduración sobre el perfil lipídico, respecto a la referencia (vacío 8 días), la maduración prolongada en DRY y TUBLIN (26-28 días) desplaza el perfil hacia ácidos grasos **más poliinsaturados y menos monoinsaturados** en ambas razas (Tabla 6). El efecto es especialmente marcado en Rипollesa con TUBLIN, mientras que en Aranesa el aumento de poliinsaturados es consistente con DRY y TUBLIN y los ácidos grasos monoinsaturados disminuyen.

La fracción de ácidos grasos saturados permanece prácticamente **estable** en Rипollesa y varía **levemente** en Aranesa.

A nivel individual, la maduración prolongada **incrementa el linoleico (C18:2)** y el **araquidónico (C20:4)** y **reduce el oleico (C18:1 cis-9)**, mientras que el **palmítico (C16:0)** apenas cambia; los **n-3 (EPA, DHA)** muestran **aumentos modestos**, más visibles en TUBLIN.

Este desplazamiento hacia una mayor proporción de ácidos poliinsaturados sugiere una **mayor susceptibilidad a la oxidación** en los tratamientos prolongados, un aspecto a considerar junto con los resultados sensoriales e instrumentales.



*Tabla 6. Efecto del método de maduración sobre la composición de ácidos grasos en dos razas ovinas (Ripollesa y Aranesa), según el método y tiempo de maduración. DRY: maduración en seco convencional; TUBLIN: maduración en seco con bolsa permeable al agua. SAT: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.*

	RIPOLLESA						ARANESA					
	Vacío (8d pm)		DRY (28d pm)		TUBLIN (28d pm)		Vacío (8d pm)		DRY (28d pm)		TUBLIN (28d pm)	
	media	D.E.	media	D.E.	media	D.E.	media	D.E.	media	D.E.	media	D.E.
Ácido mirístico (C14:0)	3,6	0,94	3,7	1,55	3,3	1,29	3,4	0,53	2,6	0,21	2,5	0,59
Ácido palmítico (C16:0)	21,9	1,55	22,0	2,18	21,7	2,16	23,7	0,95	22,6	0,40	23,1	0,37
Ácido palmitoleico (C16:1)	1,6	0,34	1,7	0,21	1,2	0,42	1,9	0,18	1,7	0,32	1,5	0,03
Ácido margárico (C17:0)	1,6	1,33	1,8	1,38	0,9	0,15	0,9	0,11	0,7	0,01	0,8	0,04
Ácido esteárico (C18:0)	15,1	1,66	14,4	0,84	16,1	2,05	12,8	0,51	13,3	0,17	13,3	0,06
Ácido elaídico (C18:1 trans 9)	2,1	0,63	1,5	0,41	1,9	0,99	3,4	0,34	3,5	0,54	3,1	0,06
Ácido oleico (C18:1 cis 9)	33,5	3,51	35,5	0,94	28,1	4,55	35,7	1,21	32,6	2,81	32,5	0,60
Ácido linoleico (C18:2 cis9,12)	10,4	2,83	9,1	1,15	15,1	4,47	9,2	1,01	13,0	1,42	12,7	0,70
Ácido α-linolénico (C18:3 cis 9,12,15)	0,8	0,21	0,7	0,10	1,0	0,05	0,9	0,16	0,9	0,30	0,8	0,07
Ácido araquídico (C20:0)	0,8	0,11	0,7	0,26	0,7	0,07	0,8	0,25	0,5	0,08	0,6	0,24
Ácido heneicosanoico (C21:0)	0,5	0,11	0,5	0,21	0,6	0,03	0,3	0,05	0,4	0,12	0,5	0,08
Ácido araquidónico (C20:4 cis 5,8,11,14)	4,1	0,68	4,0	0,53	5,3	1,47	3,2	0,68	4,5	1,00	5,1	0,94
EPA (C20:5 cis 5,8,11,14,17)	0,5	0,20	0,4	0,08	0,7	0,04	0,4	0,16	0,7	0,49	0,6	0,17
DHA (C22:6 cis 4,7,10,13,16,19)	0,4	0,12	0,3	0,02	0,5	0,03	0,3	0,09	0,4	0,31	0,4	0,13
Σ SAT	44,56		44,18	1,73	44,34	1,91	42,7		40,65	0,27	41,35	1,24
Σ MUFA	38,62		40,56	1,62	32,19	4,21	42,52		39,02	3,39	38,13	0,59
Σ PUFA	16,81		15,25	1,00	23,48	6,12	14,69		20,33	3,66	20,52	1,83

#### 4. Conclusiones

El conjunto de resultados obtenidos permite caracterizar de manera global las diferencias productivas, tecnológicas y sensoriales entre las razas ovinas Ripollesa y Aranesa, así como el efecto de distintos métodos de conservación y maduración de la carne. En primer lugar, las condiciones de producción ponen de manifiesto que la **edad al sacrificio, la estacionalidad y las características propias de cada raza** determinan de forma directa el peso canal y la composición del tejido muscular.

En la **carne fresca**, ambas razas se situaron dentro de los rangos tecnológicos esperados, aunque se observaron diferencias claras: la carne Ripollesa presentó mayor luminosidad y un pH ligeramente superior, mientras que la Aranesa mostró una **mejor capacidad de retención de agua** y un comportamiento más homogéneo entre animales. No obstante, la **estabilidad del color** fue inferior en la Aranesa, con un deterioro perceptible más rápido durante la exposición, lo que constituye una limitación comercial relevante.

Los ensayos de **maduración en seco (DRY)** y **maduración en seco en bolsa permeable (TUBLIN)** confirmaron las diferencias entre razas y con el método aplicado. Mientras que la Ripollesa toleró adecuadamente ambos tratamientos, manteniendo perfiles aromáticos típicos de la maduración y sin generar olores defectuosos, la raza Aranesa mostró **susceptibilidad al desarrollo de aromas indeseables**, especialmente bajo el método TUBLIN. Este comportamiento condiciona la aplicabilidad de maduraciones prolongadas en animales de esta raza.

El análisis instrumental reveló una tendencia común: la maduración prolongada (26-28 días) produjo una **tenderización moderada** respecto al tratamiento de referencia (vacío 8 días), con reducciones claras en los valores de dureza y energía de corte, independientemente del músculo evaluado. Las diferencias entre razas se mantuvieron, pero sin alterar la tendencia general de ablandamiento asociada a los métodos de maduración (DRY y TUBLIN).

En cuanto al **perfil lipídico**, las dos razas mostraron composiciones diferenciadas, y la maduración prolongada indujo un desplazamiento hacia proporciones mayores de ácidos grasos poliinsaturados y menores de monoinsaturados. Este cambio, más marcado en Ripollesa, indica una **mayor susceptibilidad oxidativa** tras 26-28 días de maduración, lo que debe considerarse al diseñar estrategias de conservación y comercialización. Aun así, la presencia superior de ácidos grasos de interés nutricional (araquidónico, EPA, DHA) en la raza Ripollesa añade un valor potencial a su carne.

En conjunto, el estudio muestra que la calidad final de la carne ovina depende de una combinación de factores: **raza, edad, manejo previo, método de conservación, duración de la maduración y características intrínsecas del tejido.** La Ripollesa presenta un perfil más robusto frente a la maduración prolongada, tanto sensorial como tecnológicamente, mientras que la Aranesa ofrece mejores rendimientos en peso pero mayor sensibilidad a defectos aromáticos y menor estabilidad del color.

Finalmente, los resultados ponen de manifiesto la necesidad de **ajustar los protocolos de maduración a las características propias de cada raza**, así como de considerar la estacionalidad y el sistema de producción como elementos clave para la planificación comercial y la optimización de la calidad del producto final.

## 5. Consideraciones a tener en cuenta en un análisis de carne en sistemas productivos de montaña.

El planteamiento de este estudio ha permitido poner en evidencia aspectos clave que deben considerarse al diseñar y ejecutar análisis de calidad de la carne en animales producidos en zona de montaña como los Pirineos. Estos sistemas presentan particularidades productivas y logísticas que condicionan la obtención de muestras y la estabilidad de los parámetros evaluados.

En primer lugar, la disponibilidad estacional de los animales puede limitar la representatividad temporal del muestreo y obligar a planificar campañas de recogida en períodos muy concretos. A ello se suma la distancia entre las explotaciones y los centros de investigación, un factor especialmente relevante en territorios de orografía compleja. Esta separación geográfica, junto con la disponibilidad limitada de transporte refrigerado, puede dar lugar a variaciones indeseadas en el tiempo *post mortem* del momento del análisis, afectando a parámetros sensibles como el pH, el color, la capacidad de retención de agua o la evolución del aroma.

Estas dificultades logísticas subrayan la importancia de armonizar al máximo los tiempos de sacrificio, enfriamiento, transporte y análisis, con el fin de garantizar que los resultados obtenidos sean comparables y representativos del producto real. Cuando no es posible minimizar el tiempo *post mortem*, resulta imprescindible seleccionar métodos de análisis robustos, capaces de proporcionar información fiable incluso tras varios días de conservación.

En este contexto, adquiere especial relevancia no solo la coordinación operativa entre matadero y laboratorio, sino también la **capacitación del personal técnico** para realizar determinadas mediciones **directamente en el matadero**, siempre que exista disponibilidad de animales, de personal y de equipos especializados. Registrar

parámetros críticos –como el pH inicial, la temperatura muscular, el color temprano o el estado del rigor mortis– en el propio punto de sacrificio contribuye de manera decisiva a reducir la variabilidad inducida por el tiempo y las condiciones de transporte, mejorando así la precisión y la validez de los datos generados. Esta práctica constituye una herramienta metodológica esencial en estudios realizados en contextos geográficos donde la logística limita el acceso inmediato a las instalaciones analíticas.

En el presente estudio se han priorizado, precisamente, métodos analíticos, relevantes e indicativos, seleccionados por su capacidad de ofrecer resultados consistentes pese a las limitaciones mencionadas. Entre ellos destacan la medición del pH final, los parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E$ ), la capacidad de retención de agua, los análisis sensoriales estructurados y las pruebas instrumentales de textura. Asimismo, la caracterización del perfil lipídico aporta información clave sobre la estabilidad oxidativa y el valor nutricional, reforzando la necesidad de un abordaje multidimensional cuando se evalúa la calidad de la carne.

En conjunto, estos aspectos ponen de relieve que la evaluación de la calidad de la carne en sistemas extensivos o de montaña debe diseñarse teniendo en cuenta las **limitaciones logísticas, la sensibilidad temporal de los parámetros *post mortem* y la necesidad de aplicar técnicas analíticas robustas**, así como la conveniencia de **formar personal técnico para la toma de datos in situ**, con el objetivo de garantizar la fiabilidad, comparabilidad y correcta interpretación de los resultados.