

# Incorporación de orujo de uva al concentrado de corderos de cebo, efecto sobre las emisiones de metano. Estudio preliminar

Carmen Barraso<sup>1,\*</sup>, Alfredo García<sup>1</sup>, M. Montaña López-Parra<sup>2</sup> y Pedro L. Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), 06187, Badajoz, España.

<sup>2</sup> Departamento de Calidad de Carne, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), 06187, Badajoz, España.

<sup>3</sup> Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Av. de las Ciencias s/n, 10003, Cáceres, España.

## Resumen

El metano es uno de los principales gases de efecto invernadero asociado a la ganadería, en concreto a los rumiantes. El objetivo de este estudio es determinar si la incorporación del subproducto orujo de uva tinta (variedad 'Tempranillo') en la dieta de corderos de cebo, reduce las emisiones de metano, y si esta modificación repercute en los parámetros productivos y calidad del producto final. Para ello, se emplearon 12 corderos merinos, separados en dos lotes; Control (concentrado de cebo convencional) y Experimental (sustitución 5 % de cebada del concentrado por 5 % orujo de uva tinta). Se determinó diariamente la concentración de metano mediante detector láser metano portátil. Se llevó a cabo un control del consumo y peso de los animales, analizando finalmente el color, pH, humedad, oxidación lipídica, grasa intramuscular y perfil ácidos grasos del *longissimus dorsi*. Los resultados de este estudio preliminar mostraron una reducción de la concentración media de metano durante la eructación (27,77 ppm.m vs. 52,30 ppm.m) en el lote experimental, una menor frecuencia de eructación en este lote frente al control, y además, también se pudo observar una reducción de la concentración máxima de metano emitida durante la respiración y eructación (54,15 ppm.m vs. 101 ppm.m). Por su parte, los índices productivos, al igual que los parámetros de calidad de carne no se vieron alterados por la modificación en la dieta. Por tanto, la incorporación de orujo de uva tinta al 5 % en el concentrado de cebo de corderos podría tener un efecto positivo sobre el impacto medioambiental, sin otras repercusiones negativas, sin embargo, es necesario ampliar el periodo de estudio, así como el número de animales para llegar a unas conclusiones más robustas.

**Palabras clave:** Subproducto, nutrición, gases de efecto invernadero, economía verde y circular, rumiantes, calidad de carne.

---

\* Autor para correspondencia: carmen.barraso@juntaex.es

Cita del artículo: Barraso C., García A., López-Parra M.M., Rodríguez P.L. (en prensa). Incorporación de orujo de uva al concentrado de corderos de cebo, efecto sobre las emisiones de metano. Estudio preliminar. ITEA-Información Técnica Económica Agraria. Vol. xx: 1-17. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.011>



Copyright: © 2024 de los autores. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0)

## Effect of grape pomace on methane emissions in fattening lambs. Preliminary study

### Abstract

Methane is an important greenhouse gas associated with livestock, especially ruminants. The aim of this study was to evaluate whether the addition of red grape pomace by-product ('Tempranillo' variety) to the diet of fattening lambs reduces methane emissions and to verify whether this dietary modification influences the production and quality parameters of the final product. Twelve Merino lambs divided in two batches were used: control (conventional feed concentrate) and experimental (substitution of 5 % barley concentrate by 5 % red grape pomace). Daily methane concentrations were determined using a portable laser methane detector. On the other hand, the consumption and weight of the animals were monitored. Finally, the colour, pH, moisture, lipid oxidation, intramuscular fat, and fatty acid profile of the *longissimus dorsi* were analyzed. The results showed a decrease in the mean methane concentration during eructation (27.77 ppm.m vs. 52.30 ppm.m) in the experimental batch, a lower frequency of eructation in this batch compared to the control, and a reduction in the maximum methane emitted during respiration and eructation (54.15 ppm.m vs. 101 ppm.m) could also be observed. The production parameters, as well as the meat quality parameters were not altered by the diet modification, therefore, the incorporation of 5 % red grape pomace in the concentrate for fattening lambs has a positive effect on the environmental impact, with no other negative repercussions. However, it is necessary to extend the study period as well as the number of animals to obtain more consistent conclusions.

**Keywords:** By-product, nutrition, greenhouse gases, circular economy, ruminants, meat quality.

### Introducción

Uno de los principales retos a los que se enfrenta el sector agroganadero, además de producir alimentos seguros y de alta calidad, es conseguir una producción más eficiente y respetuosa con el medio ambiente, lo cual, se traduce en una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y una mayor eficiencia de la conversión alimentaria.

Los rumiantes, debido a las características que presenta su sistema digestivo, generan metano ( $\text{CH}_4$ ) como producto de la fermentación ruminal. Este GEI, además de la repercusiones medioambientales que ocasiona, también supone una pérdida entre un 10-12 % de la energía bruta aportada por la dieta (Moumen *et al.*, 2016). Por tanto, reducir las emisiones de  $\text{CH}_4$  ruminal es uno de los objetivos futuros del sector.

Entre las numerosas estrategias planteadas para conseguir reducir la huella medioambiental del ganado rumiante, ha despertado gran interés el uso de subproductos agroin-

dustriales como parte de la dieta, ya que, además de reducir los costes de alimentación, estos subproductos presentan compuestos orgánicos como los taninos, capaces de mejorar la calidad de los productos finales, reducir la metanogénesis y mejorar los índices productivos. Entre los diferentes subproductos generados por la agroindustria, el orujo de uva (compuesto por pulpa, hollejo y granilla en proporciones variables), presenta un alto contenido en compuesto polifenólicos que lo hacen susceptible de ser utilizado en la dieta de rumiantes para reducir las emisiones de  $\text{CH}_4$  ruminal.

Se han desarrollado varios métodos para cuantificar las emisiones de  $\text{CH}_4$  de los rumiantes, como la cámara de respiración de circuito abierto, técnica de trazador con hexafluoruro de azufre, GreenFeed, método Sniffer, etc., (Tedeschi *et al.*, 2022) todos ellos, presentan una serie de ventajas e inconvenientes en cuanto a mano de obra, repetitividad, costes, rendimientos y cambios en el comportamiento animal. Otra técnica que

viene desarrollándose hace años es el uso del detector láser metano (LMD) portátil (Chagunda et al., 2009). Este equipo, permite conocer la emisión de  $\text{CH}_4$  a tiempo real en animales sin alterar su comportamiento. El LMD se ha aplicado en estudios sobre eficiencia alimentaria, genética y nutrición (Kobayashi et al., 2021), principalmente en ganado vacuno lechero, pero también se ha aplicado esta técnica en pequeños rumiantes (Ricci et al., 2014; Kobayashi et al., 2021).

El objetivo que plantea este estudio es determinar si la reformulación de concentrado de cebo de corderos con orujo de uva tinta, repercute sobre la actividad metanogénica ruminal, así como, evaluar los posibles efectos sobre los índices productivos y la calidad del producto final.

## Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Finca la Orden, CICYTEX (Badajoz, Extremadura). Todos los procedimientos llevados a cabo en este ensayo fueron aprobados por el comité ético de la Universidad de Extremadura, siendo considerado como práctica zootécnica habitual. Para ello, se emplearon 12 corderos machos de raza Merina nacidos en la misma semana y destetados a los 45 días de vida, desparasitados, vacunados de enterotoxemia y adaptados a comer concentrado y fibra larga. El ensayo se llevó a cabo al final del periodo de cebo por dos razones principales, la disponibilidad limitada de animales y el periodo de adaptación. Los corderos, con un peso vivo medio de 25 kg y 75 días de vida, fueron distribuidos aleatoriamente en dos lotes: lote control (LC; n = 6) y lote experimental (LO; n = 6), ubicándose en corrales individuales y consecutivos para cada uno de los lotes. El periodo de adaptación se desarrolló a lo largo de 12 días, de tal modo que: los tres

primeros días se consideraron como periodo adaptativo a las instalaciones; los cinco días consecutivos, se incorporó el concentrado de estudio de manera paulatina a razón de 300 g/animal-día; finalmente, se determinaron cuatro días de consumo completo de concentrado de estudio. Una vez transcurridos estos 12 días de adaptación, se iniciaron las mediciones de  $\text{CH}_4$ , durante un periodo total de 5 días consecutivos.

## Concentrados: composición y análisis químico

Durante el tiempo de estudio, los corderos estuvieron bajo un régimen de alimentación *ad libitum*, como es la práctica habitual de manejo en cebadero, además disponían de paja y agua potable. Los animales pertenecientes a LC recibieron un concentrado de cebo convencional, mientras que LO recibió un concentrado similar, en el que se sustituyó un 5 % de cebada por orujo desecado de uva tinta, variedad 'Tempranillo'.

Tanto la variedad de orujo, como el porcentaje de incorporación al concentrado, se determinó en base a resultados previos llevados a cabo por nuestro equipo (Barraso et al., 2021a y 2021b).

El subproducto fue aportado por una bodega local. Una vez recibido, fue desecado en una estufa de ventilación forzada (Indelab-DIL FI720) a 65 °C, para su conservación y posterior utilización.

Ambos concentrados fueron analizados en función del Reglamento Europeo (Reglamento (CE) n° 152/2009), cuyos resultados se expresan en la Tabla 1. Por otro lado, la concentración de taninos condensados del subproducto fue aportada por el laboratorio de la bodega que suministró la materia prima, sin embargo, no se analizó su contenido en el concentrado de estudio.

Tabla 1. Ingredientes y valor nutricional de los concentrados del estudio.  
 Table 1. Ingredients and nutritional value of the study concentrates.

	Concentrados del estudio		
	Control	Experimental	Orujo
<b>Ingredientes</b>			
Cebada 2c	35	30	
Maíz Nacional	22,77	22,77	
Harina Soja 47 %	11,3	11,3	
Trigo Blando	10	10	
Salvado de Trigo	10	10	
DDGS Maíz+	7	7	
Orujo de Uva Tinta	0	5	
Jabón de Calcio	1,56	1,56	
Sal Terrestre	0,5	0,5	
LignoBond® <sup>(1)</sup>	0,5	0,5	
Karimix Ovino® <sup>(2)</sup>	0,4	0,4	
Cloruro amónico	0,2	0,2	
<b>Valor nutricional</b>			
Cenizas (%)	4,67	5,04	9,71
Materia seca (%)	88,15	88,89	47,54
Proteína bruta (%)	15	15	11,81
Grasa bruta (%)	4,18	4,14	10,42
Fibra bruta (%)	4,37	5,45	25,84
Fibra neutro detergente (%)	15,57	16,23	53,73
Fibra ácido detergente (%)	5,43	5,7	48,05
Taninos condensados (mg catequina/g orujo)			104,53

DDGS: granos secos de destilería solubles. <sup>(1)</sup>Según marca registrada y comercializada por Borregaard, Sarpsborg, Noruega. Aglutinante, 100 % lignosulfonatos. <sup>(2)</sup>Según marca registrada y comercializada por Laboratorios KARIZOO, Barcelona, España. Corrector vitamínico-mineral (por kg de concentrado): Vitamina A, 10.000 U.I; Vitamina D3, 3000 U.I; Vitamina E, 20 mg; Cobalto, 0,3 mg; Hierro, 20 mg; Molibdeno, 2 mg; Zinc, 80 mg; Manganeso, 40 mg; Selenio, 0,45 mg; Yodo, 0,5 mg.

### Índices productivos

En cuanto a los índices productivos, se tuvieron en cuenta solamente durante la semana de estudio por dos razones principales: en primer lugar, los animales se encontraban en la última fase de cebo, de tal modo, una vez finalizado el ensayo fueron destinados a sacrificio. Por otro lado, en las semanas previas, los animales estuvieron en fase de adaptación al pienso experimental, sin consumirlo en su totalidad. Como índices productivos se determinaron; ganancia media diaria (GMD) e índice de conversión (IC), para ello, se llevó a cabo un control diario de la cantidad de concentrado ofertado y rehusado, pesados ambos con un dinamómetro digital UCM50. Estas determinaciones nos permitieron calcular la ingesta voluntaria del concentrado (IVC). Los corderos fueron pesados semanalmente mediante una báscula ganadera digital con 100 g de precisión (Digi-Star).

### Medición de CH<sub>4</sub> con LMD: método y preparación de datos

La medición de CH<sub>4</sub> se llevó a cabo con un LMD portátil (LaserMethane mini SA3C32A, Tokyo Gas Engineering Co. Ltd., Tokio, Japón). Este equipo mide la concentración de CH<sub>4</sub> (ppm.m) presente en el aire, entre el objetivo de medición y el detector. Su función se basa en la espectroscopia de absorción infrarroja, a través de un láser semiconductor con un puntero indicador que permite enfocar el equipo hacia el punto o espacio concreto donde queremos medir. La longitud de onda de la fuente se fija en la línea de absorción del CH<sub>4</sub> (1,6537 μm), lo cual, proporciona una gran precisión y evita interferencias con otros gases.

Las mediciones CH<sub>4</sub> se realizaron diariamente (1 medición/animal-día), transcurridas dos horas desde la oferta de la ración (10:00 h), durante un periodo total de 5 días. La distancia de medición entre el LMD y la zona nasal del animal fue de 1 m y el tiempo de medición

3 min (durante este tiempo los animales fueron inmovilizados por un operario). El LMD registra puntos de concentración a intervalos de 0,5 s, obteniendo un total de 360 medidas por animal y día. Todos los datos se almacenaron en un dispositivo Android conectado al LMD mediante Bluetooth.

Teniendo en cuenta que los rumiantes liberan CH<sub>4</sub> por dos vías principales: 1) Exhalado a través de los pulmones y 2) Emitido directamente desde el rumen a través de la eructación (Murray et al, 1976), ambos eventos son detectados por el LMD y representados con diferentes alturas en los picos de la gráfica como puede observarse en el Figura 1. El perfil de emisión de CH<sub>4</sub> representa pequeños aumentos de concentración de CH<sub>4</sub>, “minipicos” (representados en el Figura 1 como puntos sólidos) debidos a la exhalación o eructación. Antes y después de un “minipico”, los “minivalles” (puntos blancos) representan pequeñas disminuciones de la concentración de CH<sub>4</sub> debidas a la difusión.

Sólo los datos de los “minipicos” se seleccionan para el cálculo de las variables. Esta selección se realizó mediante la programación de una MacroExcel siguiendo el procedimiento descrito por Sorg et al. (2018).

Para definir el umbral entre respiración y eructación, se aplicó el método boxplot, calculando para cada perfil el primer cuartil (Q1) y tercer cuartil (Q3) de todos los valores de CH<sub>4</sub>. Con este método, puede clasificarse un valor como “atípico” si supera el umbral T, definido este umbral por la siguiente ecuación:

$$T = Q3 + (1,5 \times IQR) \quad [1]$$

siendo IQR la diferencia entre Q3-Q1 (Meinert y Norman, 1998).

La presencia de dos o más valores “atípicos” consecutivos, se consideraron como eventos de eructación. Los eventos de eructación registrados por el LMD fueron a su vez constatados por las observaciones realizadas durante la medición.

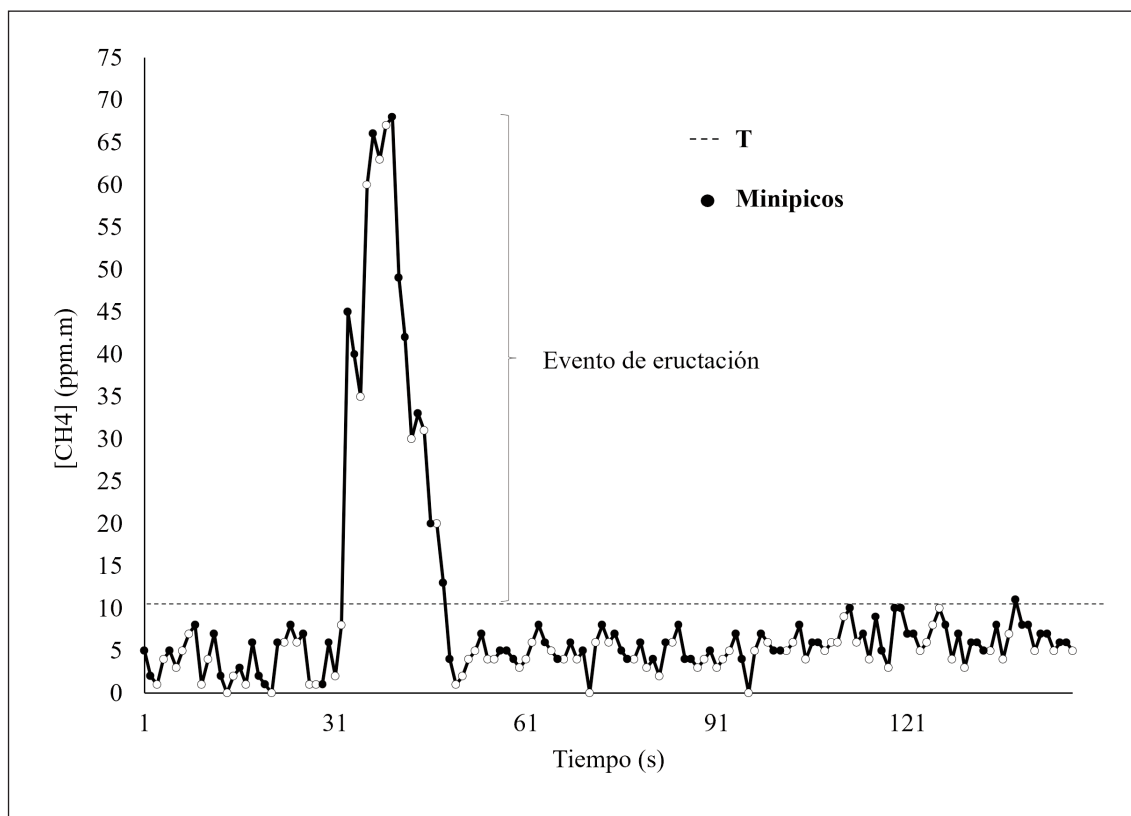


Figura 1. Perfil de la concentración de  $\text{CH}_4$  en el aliento de un cordero de cebo medido con el detector láser de metano. El umbral (T) separa los valores de eructación y respiración y se calcula como  $T = Q3 + (1,5 \times (Q3 - Q1))$ , siendo Q1 y Q3 el primer y tercer cuartil de la distribución de todos los valores de  $\text{CH}_4$  en un perfil.

Figure 1. Profile of the  $\text{CH}_4$  concentration in the breath of a fattening lamb measured with the laser methane detector. The threshold (T) separates belching and breathing values and is calculated as  $T = Q3 + (1,5 \times (Q3 - Q1))$ , where Q1 and Q3 are the first and third quartiles of the distribution of all  $\text{CH}_4$  values in a profile.

Las variables estimadas a partir de la base de datos obtenidos fueron las siguientes:

- $\text{CH}_4\text{e+r}$ : concentración media (ppm.m) de  $\text{CH}_4$  durante la respiración y eructación.
- $\text{CH}_4\text{max}$ : concentración máxima (ppm.m) de  $\text{CH}_4$  durante la respiración y eructación.
- $\text{CH}_4\text{r}$ : concentración media (ppm.m) de  $\text{CH}_4$  durante la respiración.

–  $\text{CH}_4\text{rmax}$ : concentración máxima (ppm.m) de  $\text{CH}_4$  durante la respiración.

–  $\text{CH}_4\text{e}$ : concentración media (ppm.m) de  $\text{CH}_4$  durante la eructación.

–  $\text{CH}_4\text{emax}$ : concentración máxima (ppm.m) de  $\text{CH}_4$  durante la eructación.

– N° e: número de eventos de eructación registrados y observados por animal/día.

### **Análisis de carne**

Los corderos fueron sacrificados con un peso medio de 28 kg. Trascorridas 24 h del sacrificio, se tomaron muestras del músculo *longissimus dorsi*, donde se llevaron a cabo las diferentes determinaciones analíticas.

#### *pH y color instrumental*

El pH se midió con un pH-metro digital (modelo HI98163, Hanna instruments, Rhode Island, USA) equipado con un electrodo de penetración. El color se determinó mediante un colorímetro MINOLTA CR-400 (Minolta Camera, Osaka, Japón) con el iluminante D65 un observador estándar de 0 ° y un puerto/área de visión de 2,5 cm. Los parámetros obtenidos en el espacio CIE Lab fueron la luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ).

#### *Oxidación lipídica*

Se evaluó mediante las sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBA-RS). Los valores se calcularon a partir de la curva estándar (1,1,1,3-tetraetoxipropano, TEP) y se expresaron como mg de malondialdehído por kg de muestra ( $\text{mg MDA kg}^{-1}$ ).

#### *Humedad*

El contenido en humedad se determinó según el método de la AOAC (AOAC, 2023). Los resultados se expresaron en g/100 g de la muestra como valores medios.

#### *Grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos*

El contenido total de grasa se identificó mediante el método de Folch et al. (1957) utilizando cloroformo/metanol (2:1 v/v). El resultado se expresó como g/100 g de muestra. Los metilésteres de ácidos grasos (FAMES) se analizaron utilizando un cromatógrafo de gases Agilent 6890 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EE.UU.), equipado con un

detector de ionización de llama (FID) y columna Capilar DB-23 (Agilent Technologies, 60 m  $\times$  0,25 mm ID, 0,25  $\mu\text{m}$  film), siguiendo la metodología de (Trejo et al., 2021). Los resultados se expresan como porcentaje del total de metilésteres de ácidos grasos.

### **Análisis estadístico**

Para evaluar el posible efecto de la incorporación de un 5 % de orujo de uva tinta en el concentrado de cebo, se aplicaron diferentes análisis estadísticos en función de la naturaleza de las variables. Las variables correspondientes a la concentración de  $\text{CH}_4$  fueron evaluadas mediante un análisis de varianza de medidas repetidas con factor intersujeto. La frecuencia de eructación se determinó mediante un análisis descriptivo de frecuencias, aplicando un análisis chi-cuadrado. En cuanto a las variables de índices productivos y calidad de la carne, se analizaron mediante un análisis de la varianza. Todos los datos se analizaron con el paquete estadístico SPSS versión 29.0 (IBM SPSS Statistics).

## **Resultados y discusión**

### **Metano**

Los datos obtenidos del control seriado de las emisiones de  $\text{CH}_4$  fueron segregados en función de su procedencia (respiración o eructación). Esta diferenciación también la han realizado otros autores como Ricci et al. (2014) y Reintke et al. (2020). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2. En cuanto a la concentración de  $\text{CH}_4$  en su conjunto (respiración + eructación), los datos muestran una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la concentración máxima de  $\text{CH}_4$  ( $\text{CH}_4\text{max}$ ) emitida, siendo un 46,39 % superior en el caso de LC, sin embargo, este efecto no se observa en la concentración media ( $\text{CH}_4\text{e+r}$ ).

Tabla 2. Media y concentración máxima de CH<sub>4</sub> (ppm.m) calculados a partir de los datos de salida del detector LMD (respiración, eructación y respiración + eructación).

Table 2. Mean and maximum CH<sub>4</sub> concentration (ppm.m) calculated from the LMD detector output data (respiration, eructation and respiration + eructation).

	LC	LO	EEM	<i>p</i>
	Media	Media		
Respiración+eructación				
CH <sub>4</sub> e+r	9,99	8,53	1,401	0,311
CH <sub>4</sub> max	101,00	54,15	14,592	0,018
Respiración				
CH <sub>4</sub> r	6,61	6,13	0,173	0,170
CH <sub>4</sub> rmax	14,83	13,13	1,410	0,047
Eructación				
CH <sub>4</sub> e	52,30	27,77	9,611	0,032
CH <sub>4</sub> e max	110,05	55,04	18,091	0,019

CH<sub>4</sub>e+r: concentración media de CH<sub>4</sub> durante la respiración y eructación; CH<sub>4</sub>max: concentración máxima de CH<sub>4</sub> durante la respiración y eructación; CH<sub>4</sub>r: concentración media de CH<sub>4</sub> durante la respiración; CH<sub>4</sub>rmax: concentración máxima de CH<sub>4</sub> durante la respiración; CH<sub>4</sub>e: concentración media de CH<sub>4</sub> durante la eructación; CH<sub>4</sub>e max: concentración máxima de CH<sub>4</sub> durante la eructación; LC: lote control; LO: lote experimental; EEM: error estándar de la media; *p*: p-valor.

Un efecto similar se observa en la respiración, donde la concentración máxima (CH<sub>4</sub>rmax) fue significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) en el caso de LO, mientras que la concentración media (CH<sub>4</sub>r) fue similar en ambos lotes. Por otro lado, la concentración media de CH<sub>4</sub> eructado (CH<sub>4</sub>e) mostró una marcada diferencia ( $p < 0,05$ ) entre ambos lotes, de nuevo, es el LO el que presenta una menor concentración (27,77 ppm.m) frente a LC (52,30 ppm.m). En cuanto a la concentración máxima de CH<sub>4</sub> (CH<sub>4</sub>e max), muestra un patrón similar al obtenido en los casos anteriormente descritos, siendo inferior ( $p < 0,05$ ) en LO que en LC.

Estos resultados evidenciarían una reducción en la producción de CH<sub>4</sub> ruminal asociado al concentrado reformulado con orujo de uva, siendo más notable en el proceso de eructación.

El orujo de uva es un subproducto rico en taninos, de manera que el efecto reductor de la actividad metanogénica observado podría deberse a la capacidad antimicrobiana que presentan estos compuestos, que actúan interviniendo en procesos vitales, tales como, la quelación de metales o la afectación de la integridad de la pared y membrana celular, inhibiendo el transporte de nutrientes y dificultando el crecimiento bacteriano, y por tanto, reduciendo la actividad metanogénica (Patra y Saxena, 2010).

Esta hipótesis ha sido avalada por numerosos ensayos tanto a nivel *in vitro* como *in vivo*. Estudios *in vitro* llevados a cabo por nuestro equipo (Barraso et al., 2021b), mostraron un efecto reductor de la producción de gas y CH<sub>4</sub> en mezclas de cebada con diferentes con-



centraciones de orujo de uva tinta. Del mismo modo, Gomaa et al. (2017) encontraron diferencias en la producción de  $\text{CH}_4$  al incorporar plantas taníferas en diferentes concentraciones, obteniendo los mejores resultados con las tasas más altas (30 % de la dieta ofertada). Hatew et al. (2016) también obtuvieron una reducción lineal entre la producción de  $\text{CH}_4$  y el nivel de taninos analizados. Referente a los estudios *in vivo*, Moate et al. (2014) demostraron un efecto reductor entre el 20-24 % de las emisiones de  $\text{CH}_4$  en vacuno al sustituir el 36 % del heno de alfalfa por subproductos de la uva. Por otro lado, en un meta análisis llevado a cabo por Orzuna-Orzuna et al. (2021) concluyó que los taninos reducen las emisiones entéricas de  $\text{CH}_4$  en el ganado vacuno, principalmente cuando se suministran como parte de la dieta. En nuestro caso, la concentración de taninos condensados presentes en el subproducto fue de 104,53 mg cat/g de orujo.

En cuanto al uso del LMD para realizar mediciones de  $\text{CH}_4$  a tiempo real en animales rumiantes, actualmente no existe un protocolo de medición estandarizado, y su principal aplicación ha sido en vacuno lechero, siendo escasos los trabajos publicados de su uso en ganado ovino. Con una metodología similar a la nuestra, Ricci et al. (2014) determinó la concentración de  $\text{CH}_4$  en ovejas con diferentes tratamientos nutricionales, indicando unos valores de concentración media y máxima de respiración acordes a los del presente estudio, mientras que los valores obtenidos para la eructación fueron superiores. También fueron superiores los descritos por Reintke et al. (2020) en ovejas adultas. Las diferencias encontradas con los datos publicados por estos autores, posiblemente se deban a la diferencia de edad de los animales, ya que al tratarse de ovinos adultos, presentan un mayor desarrollo fisiológico del rumen, lo cual conlleva a una mayor capacidad de ingestión y, por ende, mayor producción de gas y  $\text{CH}_4$  ruminal (Liu et al., 2017).

En cuanto a la frecuencia de eructación, los datos obtenidos se recogen en el Figura 2. Podemos observar una marcada diferencia entre LC y LO ( $p < 0,001$ ), siendo mayor la frecuencia observada en el caso del LC. De tal modo que, del total de las observaciones realizadas a lo largo del periodo de estudio, el LC registró 3 eventos de eructación en el 20 % de los casos, siendo inexistente este comportamiento en LO. En el otro extremo (0 eventos de eructación), encontramos LO con una frecuencia del 50 % de total de las observaciones, frente a LC con 23 %. Estas diferencias, podrían explicarse por la formación de complejos tanino-carbohidratos y tanino-proteínas (LO), que disminuyen la disponibilidad de sustrato fermentable para los microorganismos ruminales, dando lugar a una menor producción de gas ruminal y, por ende, una menor frecuencia de eructación (Patra y Saxena, 2010).

Por otro lado, los microorganismos ruminales tienen la capacidad de adaptarse de manera progresiva a las modificaciones dietéticas, así como, a diferentes sustancias funcionales, lo cual, pone en duda la estrategia planteada en este estudio, ya que, a largo plazo podría verse mermada la actividad antimetanogénica asociada a los taninos. En lo que respecta a los resultados de nuestro ensayo, la concentración de  $\text{CH}_4$  se mantuvo constante ( $p > 0,05$ ) durante los 5 días de estudio para LO (Figura 3). Autores como Salami et al. (2018) encontraron un efecto prologado en el tiempo de la población metanógena en corderos de cebo alimentados con diferentes fuentes de taninos, lo que coincide con lo indicado por autores como Staerfl et al. (2012) en bovinos o Torres et al. (2023) en ovinos. Sin embargo, otros trabajos no encuentran un efecto de la incorporación de taninos sobre la producción de  $\text{CH}_4$  (Wischer et al., 2014), lo que demuestra la importancia del tipo de tanino y su concentración sobre el efecto mitigador.

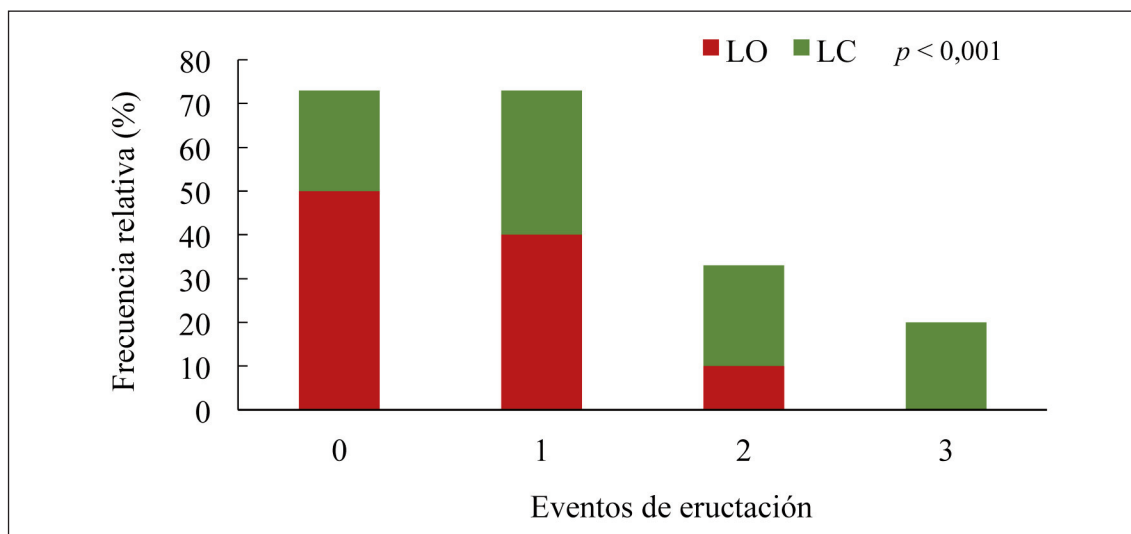
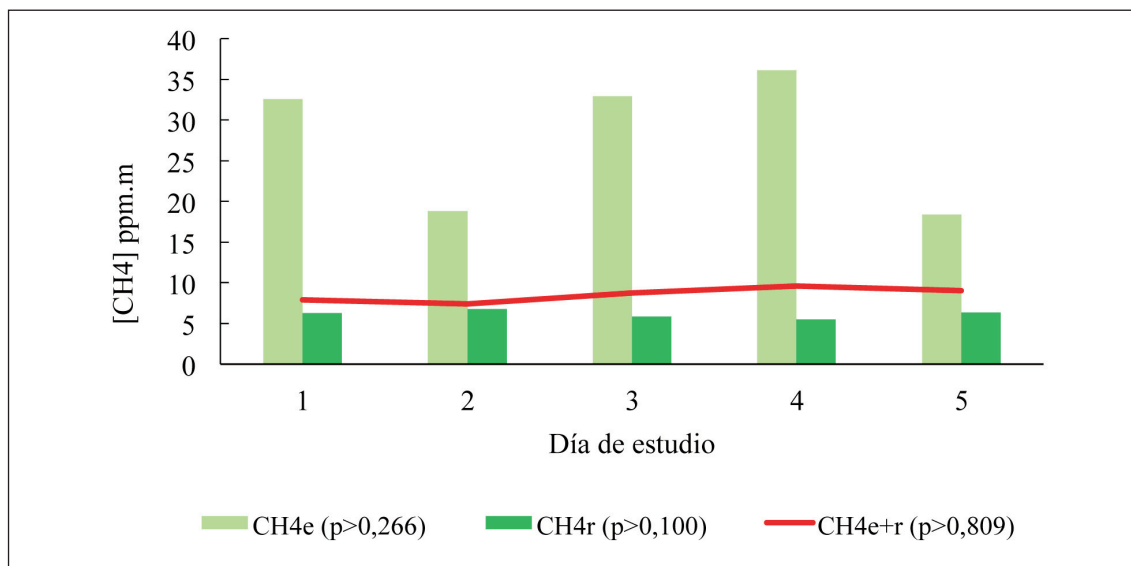


Figura 2. Frecuencia de eructación del lote control (LC) y lote experimental (LO) observados y registrados por el detector láser de metano.

Figure 2. Frequency of eructation of the control batch (LC) and experimental batch (LO) observed and detected by the laser methane detector.



CH<sub>4</sub>e: concentración media de CH<sub>4</sub> durante la eructación; CH<sub>4</sub>r: concentración media de CH<sub>4</sub> durante la respiración; CH<sub>4</sub>e+r: concentración media de CH<sub>4</sub> durante la respiración y eructación; p: p-valor.

Figura 3. Evolución de las emisiones de CH<sub>4</sub> registrada por el lote experimental (LO) a lo largo del periodo de estudio (5 días).

Figure 3. Evolution of CH<sub>4</sub> emission during the study time (5 days) recorded by the experimental batch (LO).

### Índices productivos

La GMD junto con el IC, son los parámetros más utilizados para evaluar la respuesta productiva en cordero de cebo. Varios estudios han demostrado que la suplementación dietética con taninos mejora la eficiencia de utilización del alimento repercutiendo en los índices productivos, sin embargo, este efecto no se ve reflejado en nuestros resultados, al no encontrar diferencias entre LC y LO en cuanto a IC y GMD (Tabla 3), lo cual, podría deberse al escaso tiempo de suplementación.

En el caso de GMD, los valores obtenidos fueron inferiores a los publicados por el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (300 g/animal·día) propios de la raza Merina (MAPA, 2023), sin embargo, la GMD de los corderos pertenecientes a LO, coinciden con los publicados por Forero *et al.* (2017) y Agudo (2020), en corderos merinos de cebo. Respecto al IC, ambos lotes se encuentran en el rango promedio descrito para esta raza (Bello *et al.*, 2013; Agudo, 2020). Por lo tanto, el rendimiento productivo es completamente normal en ambos lotes de corderos.

Tabla 3. Índices productivos de corderos merinos en periodo de cebo.  
Table 3. Productive indexes of Merino lambs in fattening period.

	LC	LO	EEM	p
	Media	Media		
IVC	977	925	95,239	0,790
GMD	0,18	0,23	0,032	0,426
IC	3,26	3,20	0,537	0,938

IVC: ingestión voluntaria de concentrado (g/animal·día); GMD: ganancia media diaria (kg/animal·día); IC: índice de conversión; LC: lote control; LO: lote experimental; EEM: error estándar de la media; p: p-valor.

Por otro lado, se ha planteado la hipótesis que la presencia de taninos pueda afectar de manera negativa a la ingesta de alimento (IVC), debido a la naturaleza astringente que presentan estos compuestos (Tedeschi *et al.*, 2021). Los resultados obtenidos indican que existe una buena aceptación del concentrado experimental (Tabla 3), al no encontrar diferencias ( $p > 0,05$ ) en la IVC entre LO y LC, posiblemente debido a la baja concentración de taninos aportados en la dieta (104,53 mg cat/g de orujo), ya que estos efectos negativos se han descrito a dosis superiores (50 g/kg MS) (Naumann *et al.*, 2017). De manera similar a estos resultados, Méndez-Ortiz *et al.* (2018) no encontraron un efecto significativo sobre la in-

gesta de alimento en corderos suplementados con taninos. Aun así, los valores de consumo están dentro del rango publicado por Bello *et al.* (2013) y superiores a los publicados por Agudo (2020) en corderos Merino de cebo.

### Estudio de calidad del producto final

Los resultados relacionados con el estudio físico químico de la carne se indican en la Tabla 4.

Los valores de pH muscular no presentaron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos experimentales, oscilando entre 5,4 y 5,5. Otros autores encontraron valores próximos a éstos en la misma raza (Tejeda *et al.*, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2011). En todo ca-

Tabla 4. Parámetros de pH, color, humedad, grasa intramuscular y oxidación lipídica en *longissimus dorsi* de cordero Merino.

Table 4. Parameters of pH, color, moisture, intramuscular fat and lipid oxidation in *longissimus dorsi* of Merino lamb.

	LC	LO	EEM	<i>p</i>
	Media	Media		
pH	5,44	5,46	0,019	0,758
L*	33,30	32,25	0,641	0,437
a*	13,62	13,51	0,360	0,879
b*	2,48	2,32	0,173	0,671
Humedad	75,83	75,05	0,266	0,149
G.I.M	2,03	2,54	0,192	0,192
Ox. Lipídica	0,06	0,06	0,043	0,887

L\*: luminosidad; a\*: índice de rojo; b\*: índice de amarillo; G.I.M: grasa intramuscular expresada en %; Ox. Lipídica: oxidación lipídica expresada en mg MDA kg<sup>-1</sup>; LC: lote control; LO: lote experimental; EEM: error estándar de la media; *p*: p-valor.

so se trata de valores dentro del rango normal y siempre por debajo de 5,8 (considerados estos como no deseables). Los resultados de este experimento concuerdan con los indicados por otros autores, que tampoco encontraron efecto sobre el pH muscular al incluir diversas fuentes de polifenoles (Morán *et al.*, 2012) en dietas de cordero.

El color de la carne, descrito por las coordenadas L\* a\* b\* (luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo) presenta valores próximos a los indicados por Tejeda *et al.* (2008) y bastante más elevados a los indicados por Gutiérrez *et al.* (2011). No se muestra efecto significativo asociado al tipo de acabado (*p* > 0,05). Pese a que algunos autores han observado que la inclusión dietética de compuestos fenólicos produce carne con menores índices de luminosidad, al ser agentes quelantes del hierro que promueven una menor concentración de hemoglobina en sangre y probablemente una menor concentración de mioglobina antes del sacrificio (Samman *et al.*,

2001), los valores obtenidos no concuerdan con esta observación, pero sí con otros autores (Andrés *et al.*, 2013; Guerra-Rivas, 2015) quienes no encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de L\* en carne de cordero.

La suplementación con orujo no afectó el valor de a\*, lo que coincide con varios autores (Andrés *et al.*, 2013; Guerra-Rivas, 2015), quienes tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas de este índice en carne de corderos suplementados con diferentes fuentes naturales de polifenoles en comparación con un grupo control.

En cuanto a los resultados relacionados con la humedad y porcentaje de grasa intramuscular tampoco hay diferencias reseñables (*p* > 0,05) entre los dos lotes de corderos estudiados. Los valores de humedad son similares a los descritos por Tejeda *et al.* (2008) mientras que los del contenido en grasa intramuscular son algo más elevados, sin establecerse tam-

poco diferencias entre lotes pese a que el porcentaje en LO fueron algo más elevados (2,54 vs. 2,03).

Las concentraciones de TBARS no fueron significativamente diferentes entre los dos tratamientos, con valores de 0,06 mg de MDA kg<sup>-1</sup> muscular. La ausencia de diferencias significativas en este estudio podría deberse a las dosis empleadas o el momento del muestreo, ya que sería más indicado observar la evolución de este parámetro durante un periodo de conservación de la carne más prolongado, del mismo modo, también podría

deberse al corto periodo de suplementación. En este sentido Jerónimo *et al.* (2012) indicaron que la inclusión de diferentes fuentes de polifenoles en la dieta de los corderos, incluido el extracto de semilla de uva, redujo la oxidación de los lípidos de la carne durante el almacenamiento.

En la Tabla 5, se recogen los datos relativos a la composición de los ácidos grasos de la grasa intramuscular, expresada como porcentaje, determinándose como ácidos mayoritarios el oleico, palmítico y esteárico (C18:1, C16:0 y C18:0). Aunque en los corderos el perfil de

Tabla 5. Perfil de ácidos grasos del músculo *longissimus dorsi* de corderos merinos.  
Table 5. Fatty acid profile of the *longissimus dorsi* muscle of Merino lambs.

	LC	LO	EEM	p
	Media	Media		
C12:0	0,15	0,23	0,021	0,066
C14:0	2,37	2,91	0,183	0,144
C16:0	24,83	24,34	0,311	0,472
C16:1	2,33	2,43	0,107	0,684
C17:0	0,95	1,17	0,047	0,009
C17:1	0,52	0,63	0,031	0,075
C18:0	15,88	15,31	0,544	0,621
C18:1	45,58	45,32	0,520	0,816
C18:2, cis,cis	6,77	6,93	0,269	0,791
C18:3	0,51	0,58	0,035	0,340
C20:0	0,02	0,05	0,015	0,352
C20:1	0,09	0,09	0,006	0,669
AGS	44,20	44,02	0,387	0,838
MUFA	48,52	48,47	0,588	0,962
PUFA	7,28	7,51	0,282	0,713

C12:0: ácido láurico; C14:0: ácido mirístico; C16:0: ácido palmítico; C16:1: ácido palmitoleico; C17:0: ácido margárico; C17:1: ácido margaroleico; C18:0: ácido esteárico; C18:1: ácido oleico; C18:2,cis,cis: linoleico; C18:3: ácido linolénico; C20:0: ácido aráquico; C20:1: ácido gadoleico; AGS: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; LC: lote control; LO: lote experimental; EEM: error estándar de la media; p: p-valor.

ácidos grasos puede modificarse en función del alimento consumido (Velasco *et al.*, 2001) en este estudio no se apreciaron diferencias entre los lotes experimentales ( $p > 0,05$ ), a diferencia de Guerra-Rivas, (2015) que detectaron una tendencia a un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados en la carne de los corderos que recibieron orujo de uva. La única diferencia encontrada es el mayor valor del ácido margárico (C17:0) ( $p < 0,01$ ) en LO. En todo caso, el resultado implicaría que el efecto sobre la producción de  $\text{CH}_4$  no parece alterar severamente el equilibrio de la microbiota ruminal, no habiendo repercusión sobre el perfil de ácidos grasos generado.

### Conclusiones

Teniendo en cuenta las limitaciones que presenta este estudio preliminar al tratarse de un número pequeño de animales y un corto periodo de suplementación, las conclusiones que se obtienen son: que la incorporación de orujo de uva en concentrado de cebo de corderos disminuye la concentración de  $\text{CH}_4$  máxima exhalada, así como, la emitida durante la eructación, sin alterar los índices productivos ni repercutir en la calidad del producto final. Por tanto, el uso de este subproducto como parte de la dieta de cebo de corderos podría ser una alternativa sostenible para reducir la huella de carbono en la producción de corderos. Sin embargo, sería necesario llevar a cabo investigaciones futuras con un mayor número de animales y durante el periodo de cebo completo, para determinar la efectividad del subproducto en todos sus niveles.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto COPLAGAN de I+D+i a desarrollado en el marco del programa operativo FEDER EXTREMADURA 2014-2020. Agradecemos al

personal de campo de CICYTEX y al personal del laboratorio de la UEX, por su inestimable colaboración en la realización de las tareas determinadas en este estudio.

### Referencias bibliográficas

- Agudo F. (2020). El cebo de corderos sin paja como alternativa al cebo tradicional: estudio técnico y económico. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba, España.
- Andrés S., Tejido M.L., Bodas R., Morán L., Prieto N., Blanco C., Giráldez F.J. (2013). Quercetin dietary supplementation of fattening lambs at 0.2% rate reduces discolouration and microbial growth in meat during refrigerated storage. *Meat Science* 93: 207-212. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.023>
- AOAC (2003). Official Methods of Analysis of the Association of Official's Analytical Chemists, 17th. Ed. AOAC International.
- Barraso C., López-Parra M.M., Rodríguez P.L. (2021a). Efecto de la variedad de orujo de uva sobre la producción de gas y metano in vitro. *Archivos de Zootecnia* 70: 34-40. <https://doi.org/10.21071/az.v70i269.5416>
- Barraso C., López-Parra M.M., Rodríguez P.L. (2021b). Effect of Grape pomace incorporation on fermentative characteristics of a concentrate. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 10: 69-79. <https://doi.org/10.15640/jaes.v10n1a9>
- Bello J.M., Arroyo G., Lavín P., Mantecón Á.R. (2013). Variaciones en la respuesta productiva de corderos en cebo en condiciones prácticas de explotación: Efecto del peso vivo, sexo, genotipo y época. XXXVIII congreso nacional y XIV internacional de la Sociedad Española De Ovinotecnia y Caprinotecnia, 18-20 de septiembre, Málaga, España, pp. 635-641.
- Chagunda M.G.G., Ross D., Roberts D.J. (2009). On the use of a laser methane detector in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture* 68: 157-160. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.05.008>

- Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biochemistry* 226: 497-509.
- Forero F.J., Venegas M., Alcalde M.J., Daza A. (2017). Peso al nacimiento y al destete y crecimiento de corderos Merinos y cruzados con Merino Precoz y Ile de France. Análisis de algunos factores de variación. *Archivos de Zootecnia* 66: 89-9. <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2130>
- Gomaa R.M.M., González-Ronquillo M., Arredondo-Ramos J., Molina L.T., Castelán-Ortega O.A., (2017). Effect of tanniferous plants on *in vitro* digestion and methane production. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4: 371-380. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.1160>
- Guerra-Rivas C.M. (2015). Empleo de orujo de uva en la alimentación del ganado ovino. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid. <https://doi.org/10.35376/10324/15433>
- Gutiérrez J.I., Tejeda J.F., Carrapiso A.I., Petró M.J., Lara M.S., Andrés A.I. (2011). Shelf life of Merino lamb meat retail packaged under atmospheres of various compositions. *International Journal of Food Science and Technology* 46: 492-499. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02515.x>
- Hatew B., Stringano E., Mueller-Harvey I., Hendriks W.H., Carbonero C.H., Smith L.M.J., Pellikaan W.F. (2016). Impact of variation in structure of condensed tannins from sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vitro* ruminal methane production and fermentation characteristics. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100: 348-360. <https://doi.org/10.1111/jpn.12336>
- Jerónimo E., Alfaia C.M.M., Alves S.P., Dentinho M.T.P., Prates J.A.M., Vasta V., Santos-Silva J., Bessa R.J.B. (2012). Effect of dietary grape seed extract and *Cistus ladanifer* L. in combination with vegetable oil supplementation on lamb meat quality. *Meat Science* 92: 841-847. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.011>
- Kobayashi N., Hou F., Tsunekawa A., Yan T., Tegagne F., Tassew A., Mekuriaw Y., Mekuriaw S., Hunegnaw B., Mekonnen W., Ichinohe T. (2021). Laser methane detector-based quantification of methane emissions from indoor-fed Fogera dairy cows. *Animal Bioscience* 34: 1415-1424. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0739>
- Liu C., Meng Q., Chen Y., Xu M., Shen M., Gao R., Gan S. (2017). Role of age-related shifts in rumen bacteria and methanogens in methane production in cattle. *Frontiers in Microbiology* 8: 1563. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01563>
- MAPA (2023). Raza ovina MERINA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/ovino/merina/datos\\_productivos.aspx](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/ovino/merina/datos_productivos.aspx) (Consultado 11/10/2023).
- Meinert T.R., Norman H.D. (1998). Merit of outliers for milk yield as indicators of accuracy of genetic evaluations of sires. *Journal of Dairy Science* 81: 2951-2955. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75857-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75857-6)
- Méndez-Ortiz F.A., Sandoval-Castro C.A., Ventura-Cordero J., Sarmiento-Franco L.A., Torres-Acosta J.F.J. (2018). Condensed tannin intake and sheep performance: A meta-analysis on voluntary intake and live weight change. *Animal Feed Science and Technology* 245: 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.09.001>
- Moate P.J., Williams S.R.O., Torok V.A., Hannah M.C., Ribaux B.E., Tavendale M.H., Eckard R.J., Jacobs J.L., Auldist M.J., Wales W.J. (2014). Grape marc reduces methane emissions when fed to dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97: 5073-5087. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7588>
- Morán L., Rodríguez-Calleja J.M., Bodas R., Prieto N., Giraldez F.J., Andrés S. (2012). Carnosic acid dietary supplementation at 0.12% rates slows down meat discoloration in *gluteus medius* of fattening lambs. *Meat Science* 90: 789-795. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.016>
- Moumen A., Azizi G., Chekroun K.B., Baghour M. (2016). The effects of livestock methane emission on the global warming. A review. *International Journal of Global Warming* 9: 229-253. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2016.074956>
- Murray R.M., Bryant A.M., Leng R.A. (1976). Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. *British Journal of Nutrition* 36: 1-14. <https://doi.org/10.1079/BJN19760053>

- Naumann H.D., Tedeschi L.O., Zeller W.E., Huntley N.F. (2017). The role of condensed tannins in ruminant animal production: Advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 46: 929-949. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200009>
- Orzuna-Orzuna J.F., Dorantes-Iturbide G., Lara-Bueno A., Mendoza-Martínez G.D., Miranda-Romero L.A., Hernández-García P.A. (2021). Effects of dietary tannins' supplementation on growth performance, rumen fermentation, and enteric methane emissions in beef cattle. A meta-analysis. *Sustainability* 13: 7410. <https://doi.org/10.3390/su13137410>
- Patra A.K., Saxena J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry* 71: 1198-1222. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.05.010>
- Reglamento (CE) n° 152/2009 de la Comisión, de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos (Texto pertinente a efectos del EEE). *Diario Oficial de la Unión Europea* n° 54, de 26 de febrero de 2009, pp. 1-130.
- Reintke J., Brügemann K., Yin T., Engel P., Wagner H., Wehrend A., König S. (2020). Assessment of methane emission traits in ewes using a laser methane detector: Genetic parameters and impact on lamb weaning performance. *Archives Animal Breeding* 63(1): 113-123. <https://doi.org/10.5194/aab-63-113-2020>
- Ricci P., Chagunda M.G.G., Rooke J., Houdijk J.G.M., Duthie C.A., Hyslop J., Roehe R., Waterhouse A. (2014). Evaluation of the laser methane detector to estimate methane emissions from ewes and steers. *Journal of Animal Science* 92: 5239-5250. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7676>
- Salami S.A., Valenti B., Bella M., O'Grady M.N., Luciano G., Kerry J.P., Jones E., Priol A., Newbold C.J. (2018). Characterisation of the ruminal fermentation and microbiome in lambs supplemented with hydrolysable and condensed tannins. *FEMS Microbiology Ecology* 94: fiy061. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy061>
- Samman S., Sandström B., Toft M.B., Bukhave K., Jensen M., Sørensen S.S., Hansen M. (2001). Green tea or rosemary extract added to foods reduces nonheme-iron absorption. *American Journal of Clinical Nutrition* 73: 607-612. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.3.607>
- Sorg D., Difford G.F., Mühlbach S., Kuhla B., Swalve H.H., Lassen J., Strabel T., Pszczola M. (2018). Comparison of a laser methane detector with the GreenFeed and two breath analysers for on-farm measurements of methane emissions from dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture* 153: 285-294. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.024>
- Staerfl S.M., Zeitz J.O., Kreuzer M., Soliva C.R. (2012). Methane conversion rate of bulls fattened on grass or maize silage as compared with the IPCC default values, and the long-term methane mitigation efficiency of adding acacia tannin, garlic, maca and lupine. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 148: 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.11.003>
- Tedeschi L.O., Muir J.P., Naumann H.D., Norris A.B., Ramírez-Restrepo C.A., Mertens-Talcott S.U. (2021). Nutritional aspects of ecologically relevant phytochemicals in ruminant production. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 628445. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.628445>
- Tedeschi L.O., Abdalla A.L., Álvarez C., Anuga S.W., Arango J., Beauchemin K.A., Becquet P., Berndt A., Burns R., De Camillis C., Chará J., Echazarreta J.M., Hassouna M., Kenny D., Mathot M., Mauricio R.M., McClelland S.C., Niu M., Onyango A.A., Pajuli R., Pereira L.G.R., Del Prado A., Tieri M.P., Uwizeye A., Kebreab E. (2022). Quantification of methane emitted by ruminants: a review of methods. *Journal of Animal Science* 100: 1-22. <https://doi.org/10.1093/jas/skac197>
- Tejeda J.F., Peña R.E., Andrés A.I. (2008). Effect of live weight and sex on physico-chemical and sensorial characteristics of Merino lamb meat. *Meat Science* 80: 1061-1067. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.026>
- Torres R.N.S., Coelho L.M., Ghedini C.P., Neto O.R.M., Chardulo L.A.L., Torrecilhas J.A., Valença R.L., Baldassini W.A., Almeida M.T.C.



- (2023). Potential of nutritional strategies to reduce enteric methane emission in feedlot sheep: A meta-analysis and multivariate analysis. *Small Ruminant Research* 220: 106919. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.106919>.
- Trejo A., Martín M.J., Gómez-Quintana A., Cava R., García-Parra J.J., Ramírez M.R. (2021). Effect of high-pressure treatment and storage temperature on top-quality (Montanera) Iberian dry-cured pork sausages (chorizo). *Journal of Food Science* 86: 1963-1978. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15698>
- Velasco S., Cañeque V., Pérez C., Lauzurica S., Díaz M.T., Huidobro F., Manzanares C., González J. (2001). Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. *Meat Science* 59: 325-333. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00135-8)
- Wischer G., Greiling A.M., Boguhn J., Steingass H., Schollenberger M., Hartung K., Rodehutschord M. (2014). Effects of long-term supplementation of chestnut and valonea extracts on methane release, digestibility and nitrogen excretion in sheep. *Animal* 8(6): 938-948. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000639>
- (Aceptado para publicación el 7 de agosto de 2024)