

# Efecto del manejo alimenticio en cabritos lactantes de raza Payoya sobre las concentraciones del retinol en la grasa y calidad de la carne

Mercedes Roncero-Díaz<sup>1,\*</sup>, Begoña Panea<sup>2,3</sup>, María de Guía Córdoba<sup>4</sup>, Anastasio Argüello<sup>5</sup> y María J. Alcalde<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km. 1, 41013 Sevilla, España.

<sup>2</sup> Área de Ciencia Animal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España.

<sup>3</sup> Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, España.

<sup>4</sup> Departamento de Producción Animal y Ciencias de la Alimentación. Universidad de Extremadura. Avda. Adolfo Suarez, s/n. 06007 Badajoz. España.

<sup>5</sup> Departamento de Patología Animal, Producción Animal, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Campus de Arucas – Facultad de Veterinaria. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria 35416 Arucas – Las Palmas (Canarias), España.

## Resumen

El objetivo del este trabajo fue comprobar la influencia del sistema de cría de los cabritos (diferentes sistemas de alimentación de las madres y lactoreemplazante) sobre la calidad de carne y en la correlación entre el contenido de retinol de la grasa y estos parámetros de calidad de carne. Se utilizaron 55 cabritos machos de raza Payoya divididos en cuatro grupos, uno alimentado con lactoreemplazante (LA) y tres de lactancia natural con madres con diferente manejo de alimentación: pastoreo de montaña (PM), pastoreo en pradera cultivada (PC) y estabuladas con ración mixta total (RMT). Los cabritos se sacrificaron al alcanzar los 8 kg de peso vivo, alrededor del mes de vida. Se midieron la concentración de retinol en la grasa intermuscular, el pH, composición proximal (CP), color y textura (TPA) en el *longissimus thoracis y lumborum*. Los cabritos PC proporcionaron una carne con menor pH, mayor luminosidad ( $L^*$ ), menor índice de rojo ( $a^*$ ) y mayor índice de amarillo ( $b^*$ ) y tono ( $h^\circ$ ) que el resto. Los animales PC y RMT alcanzaron en menor tiempo el peso de sacrificio y su carne se diferenció de la de los cabritos PM y LA por el contenido de retinol, composición proximal y textura. Se comprobó que no es el tipo de lactancia (natural o lactoreemplazante) lo que determina las diferencias entre grupos sino el manejo de la alimentación de las cabras.

**Palabras clave:** pH, color, composición proximal, textura, dieta.

---

\* Autor para correspondencia: mroncerodiaz@gmail.com

Cita del artículo: Roncero-Díaz M., Panea B., Córdoba M.G., Argüello A., Alcalde M.J. (en prensa). Efecto del manejo alimenticio en cabritos lactantes de raza Payoya sobre las concentraciones del retinol en la grasa y calidad de la carne. ITEA-Información Técnica Económica Agraria. Vol. xx: 1-23. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.019>



## Effect of feeding management in suckling goat kids of Payoya breed on retinol concentrations in fat and meat quality

### Abstract

The objective of this study was to verify the influence of the rearing system of the kid goats (different feeding systems of the mothers and milk replacer) on the quality of meat and the correlation between the retinol content of the fat and these quality parameters of meat. Fifty-five Payoya breed male kids were used, divided into four groups: one group fed milk replacer (LA) and three groups fed natural lactation with different feeding managements of the goats: mountain grazing (PM), cultivated pasture grazing (PC) and stabled goats with total mixed ration (RMT). The kids were slaughtered when they reached 8 kg of live weight, around one month old. Retinol concentration in intermuscular fat, pH, proximal composition (CP), color and texture (TPA) were measured in *longissimus thoracis* and *lumborum*. The PC kids provided meat with a lower pH, higher luminosity ( $L^*$ ), lower red index ( $a^*$ ) and higher yellow index ( $b^*$ ) and hue ( $h^\circ$ ) than the rest. PC and RMT animals reached slaughter weight earlier and their meat differed from that of PM and LA kids due to retinol content, proximal composition and texture. It was found that it is not the type of lactation (natural or milk replacer) that determines the differences between groups but rather the feeding management of the goats.

**Keywords:** pH, color, proximal composition, texture, diet.

### Introducción

Según los datos de FAOSTAT (2022), España tiene una de las mayores poblaciones caprinas de la Unión Europea; posee el 20 % de las cabras lecheras y produce el 17 % del total de la carne caprina (10.420 t). Los animales destinados a la producción cárnica se clasifican en tres tipos en función del peso de sus canales (Alcalde et al., 2010): el cabrito lechal, el chivo y el caprino mayor. El cabrito lechal es un animal alimentado exclusivamente con leche y sacrificado al mes o mes y medio de vida, con un peso vivo que puede oscilar entre 7-11 kg y una canal de 5,1 kg de peso medio, siendo el tipo comercial más frecuente, ya que supone más de 2/3 de los sacrificios, y es, por tanto, el más consumido (Alcalde et al., 2010; Ripoll et al., 2020b).

Marichal et al. (2003) indicaron que la carne de cabrito alimentados exclusivamente con leche es muy apreciada por los consumidores de los países mediterráneos, entre los que se encuentra España, debido a su origen natural, su flavor y sabor (Ripoll et al., 2011). Además, es considerada como una carne blanca

saludable por su bajo contenido en grasas (Panea et al., 2012a) y su alto contenido en ácidos grasos ramificados (Ripoll et al., 2012). Por tanto, no sufre las connotaciones negativas de la carne roja (Vinnari y Tapio, 2009; González et al., 2020). En la bibliografía, se han encontrado estudios (Ran-Ressler et al., 2008; Gómez-Cortés y de la Fuente, 2020) que indican efectos beneficiosos del consumo de los ácidos grasos ramificados para la salud humana: desarrollo fetal y de los recién nacidos, sobre el aparato digestivo de los adultos y por su acción como anticancerosos, antidiabéticos o antilipemiantes.

En las explotaciones lecheras españolas, incluida la raza Payoya, el 20 % de los ingresos finales por cabra se deben a la venta de los cabritos (Mena et al., 2009; Castel et al., 2012), y el 80 % de la carne pertenece a la categoría de cabrito lechal, siendo Andalucía la región española con mayor cantidad de cabritos lactantes sacrificados (32,34 %) (MAPA, 2021).

La Payoya, es una raza rústica, versátil que se adapta fácilmente al entorno en el que vive, incluidas las zonas de difícil acceso, aunque

en la mayoría de las fincas se utiliza un sistema de manejo semiextensivo basado en el pastoreo con suplementación de concentrados (Guerrero et al., 2007). Originalmente, la cabra Payoya tenía una doble aptitud (producción de leche y carne), pero en los últimos años ha sido seleccionada para la producción de leche debido a su alta producción y a la calidad de su queso. Normalmente, cuando la explotación se orienta a la producción lechera, los cabritos se alimentan con lactoreemplazantes formulados específicamente para los cabritos, lo que les permite tener un buen aumento de peso diario (Ripoll et al., 2009). Sin embargo, algunos productores son reacios a utilizar los lactoreemplazantes porque implica mayores costes de mano de obra (Delgado-Pertíñez et al., 2009). Otros autores (Bañón et al., 2006; Ripoll et al., 2015 y 2019a) describen que algunos ganaderos, especialmente aquellos que crían razas autóctonas, optan por la lactancia natural porque creen que mejora la calidad de la carne del cabrito. Por otra parte, se ha descrito que la calidad de la carne de los cabritos lactantes depende en parte de la composición de la leche de las madres y esta depende, a su vez, de los diferentes sistemas de producción de las cabras (dietas maternas) (Sanz-Sampelayo et al., 2003; Delgado-Pertíñez et al., 2013).

Varios autores (Argüello et al., 2005; Ripoll et al., 2009, 2014, 2018, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a y 2020b; Panea et al., 2015) han constatado, en cabritos lechales de diferentes razas españolas, que la calidad de la carne varía en función del tipo de lactancia (natural o lactoreemplazante). Por un lado, Argüello et al. (2005) indicaron que la lactancia natural mejoraba la calidad de la carne del cabrito, especialmente en lo que concierne a la dureza. Ripoll et al. (2019a) concluyeron que el sistema de cría de los cabritos se encontraba fuertemente modulado por la raza y que la carne de los cabritos de lactancia artificial tiene un pH más alto, menor fuerza de

corte y un color más oscuro que la carne de los cabritos de lactancia natural. Ripoll et al. (2009) indicaron que la raza tenía mayor influencia en el color de la carne y de la grasa renal que el tipo de lactancia. Por otro lado, Ripoll et al. (2018) constataron que la carne de cabritos de lactancia artificial era más clara (mayor luminosidad, índice de amarillo, tono y menor índice de rojo) que la carne de lactancia natural y por tanto tuvo mayor valoración visual por los consumidores, aumentando la intención de compra de esta carne (Bernués et al., 2012). Sin embargo, en la mayoría de los trabajos no se estudia la influencia de la dieta materna en la composición de la leche de la cabra. Las cabras pueden alimentarse con piensos compuestos y algo de forraje o en pastoreo, con o sin suplementación de piensos. La cría en pastoreo se encuentra vinculada a actividades sostenibles (Morales-Jerrett et al., 2020), que mejoran la viabilidad y rentabilidad de las explotaciones y pueden suponer un valor añadido para los consumidores (Castel et al., 2011). No obstante, para acreditar este valor, deben encontrarse mecanismos que permitan certificar cómo se han criado los animales. Para asegurar la trazabilidad del sistema pueden utilizarse algunos compuestos como biomarcadores, destacando entre ellos las vitaminas liposolubles, entre las que se encuentra el retinol (Yang y Turne, 1993; Storøy et al., 2013; Álvarez et al., 2014; Blanco et al., 2019; Rufino-Moya et al., 2020). En trabajos anteriores de nuestro equipo (Roncero-Díaz et al., 2021 y 2022) demostramos la utilidad del retinol como biomarcador de trazabilidad del sistema de alimentación tanto de las cabras (trazabilidad entre el alimento y las madres), como de sus cabritos lechales (trazabilidad desde el alimento y diferentes parámetros de la grasa en los cabritos). Como se evidenció en estos trabajos anteriores, las concentraciones de retinol en los tejidos de los animales dependen del origen (natural o sintético) de la vitamina A aportada en las dietas, ya

que poseen diferente biodisponibilidad. Además, en el caso de la lactancia natural, estos compuestos se encuentran sometidos al metabolismo materno mientras que en la lactancia artificial la suplementación vitamínica es directa. En la bibliografía hemos encontrado trabajos en bovinos y ovinos (Arnett 2007; Arnett *et al.*, 2007 y 2009; Jin *et al.*, 2015) que estudian la influencia de la suplementación de la alimentación con vitamina A sobre el contenido de retinol en la grasa intramuscular de animales no lactantes. Sin embargo, hasta donde sabemos, no hay estudios similares en caprino. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar si el sistema de alimentación de las cabras de raza Payoya (cabras alimentadas en diferentes sistemas de manejo) afecta a la relación entre las concentraciones de retinol de la grasa intermuscular y la calidad de la carne de sus cabritos y comparar la carne de estos cabritos con la de cabritos procedentes de lactancia artificial.

## Material y métodos

### Área geográfica y animales

El estudio se realizó en primavera con los animales de tres explotaciones caprinas de la Sierra de Grazalema (Cádiz), sitas en los municipios Grazalema (36° 47' 56,43" N; 5° 19' 57,91" W y 36° 44' 45" N, 5° 24' 21" W) y El Bosque (36° 43' 47" N, 5° 30' 47" W). Las tres explotaciones pertenecen a la Asociación de Criadores de raza caprina Payoya (<https://www.payoya.com/>), con sistemas de manejo de los animales (cabras y cabritos) muy similares (Castel *et al.*, 2003).

El manejo de los animales se realizó de acuerdo con las directrices del DOUE (2010) (Directiva 2010/63/UE) referente a la protección de los animales utilizados con fines experimentales y científicos. Todos los cabritos eran machos de raza Payoya (MAPA, 2021) proce-

dentos de parto simple. Se alimentaron exclusivamente con leche (natural o lactoreemplazante), sin ningún complemento dietético y permaneciendo siempre estabulados. Todos los animales se criaron hasta alcanzar un peso vivo de 8 kg, que era el objetivo.

Se estudiaron cuatro grupos de animales en función de su sistema de cría: uno alimentado con lactoreemplazante y tres grupos de lactancia natural, que se mantuvieron separados de sus madres durante el día, mientras que por las noches mamaban de las cabras. El manejo de los grupos fue el siguiente:

- Lactancia artificial (LA). – Grupo formado por 16 cabritos criados en una explotación situada en el municipio de El Bosque, y que se alimentaron los dos primeros días de vida con calostro y, posteriormente, con 1,25 l/día de lactoreemplazante (CORDEVIT calostrado-50, Lemasa, España) suplementado con 80.000 UI/kg de vitamina A y 60 UI/kg de vitamina E, como es lo habitual en estas leches comerciales. En este grupo no se controló la alimentación de las madres porque no influyó en la alimentación de los cabritos. Se sacrificaron a los 47 días de vida.
- Pastoreo de montaña (PM). – Este grupo estaba compuesto por 12 cabritos, que fueron sacrificados con una edad media 37 días. Sus madres pastorearon en dehesa, en zonas de media montaña en el municipio de Grazalema, durante 8 h/día, mientras que el resto del tiempo permanecieron en el establo, donde complementaron su alimentación con 800 g de pienso comercial que contenía semillas de gramíneas, legumbres y oleaginosas (girasol).
- Pastoreo en Pradera cultivada (PC). – Grupo formado por 13 cabritos, que se sacrificaron con una edad media de 32 días. Sus madres pastorearon durante 8 h/día en una pradera cultivada de avena, en una zona de valle del municipio de El Bosque, en la

misma explotación que el grupo LA, mientras que el resto del tiempo permanecieron en el establo, donde complementaron su alimentación con 500 g de pienso compuesto 28,45 % pienso PM + semillas (35 % girasol + 28,3 % avena + 8,25 % guisante).

- Ración Mixta Total (RMT). – Este grupo estaba compuesto por 14 cabritos se criaron en el municipio de Grazalema, y fueron sacrificados con una media de 30 días de vida. Sus madres permanecieron todo el tiempo estabuladas y se alimentaron exclusivamente con pienso comercial (1,5 kg) compuesto por semillas (gramíneas + legumbres + girasol), salvado de trigo, pulpa de remolacha y cáscara de soja, y heno *ad libitum*.

Todos los piensos comerciales se complementaron con 10.000 UI/kg de vitamina A y 30 UI/kg de vitamina E.

Puede encontrarse información complementaria sobre estos piensos en Roncero-Díaz et al. (2021). En dos estudios anteriores (Roncero-Díaz et al., 2021 y 2022) se describen con más detalle el área de estudio y el manejo de los animales.

### **Muestreo y procedimientos analíticos**

Los cabritos fueron sacrificados en el matadero más próximo a las explotaciones. El sacrificio se realizó de acuerdo con el DOUE (2009) (Council Regulation (EC) N° 1099/2009) tras 12 h de ayuno, con libre acceso al agua y con aturdimiento eléctrico (1,00 A). Tras el desangrado, se pesaron las canales calientes, que incluían la cabeza y los riñones (Peso de la Canal Caliente, PCC) y posteriormente se colgaron del tendón de Aquiles en cámaras frigoríficas a 4 °C durante 24 h.

A las 24 h *postmortem*, en el matadero, de cada media canal se realizó el despiece normalizado descrito por Panea et al. (2012b). Se extrajeron los músculos *longissimus thoracis* (LT) et *lumborum* (LL) de las dos medias canales. Posteriormente, se procedió a dividir

estos músculos en porciones destinadas a cada una de las distintas determinaciones. El pH se midió en la parte craneal del músculo *longissimus thoracis* (LT) izquierdo, a nivel de la 5ª vértebra torácica (VT) con un pH-metro Crison con sonda de penetración (Crison Instruments S.A., Barcelona, España). La porción izquierda de lomo entre la 5ª y 13ª vértebras torácicas se envasó en bolsa de vacío, y se congeló a –20 °C hasta el momento de realizar la determinación de la composición proximal y la extracción de vitaminas de la grasa intermuscular.

El *longissimus thoracis* derecho, se envasó al vacío y se guardó a 4 °C durante tres días. Pasado este tiempo, se abrió el envase, se eliminó la capa superficial (1 cm de espesor) con un cuchillo y se dejó expuesto al oxígeno (bloom) durante 1 h. Tras ello, se midió el color instrumental en el espacio CIELAB (CIE, 1986), utilizando un espectrofotómetro Minolta CM-700d (Konica Minolta Holdings, Inc, Osaka, Japón) con un diámetro de área medida de 8 mm, componente especular incluido y 0 % ultravioleta (UV), iluminante estándar D65, ángulo de observación de 10° y calibración de cero y blanco. Las medidas se realizaron por triplicado a temperatura ambiente (21-25 °C). Se registraron la luminosidad ( $L^*$ ), el índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ). El tono ( $h^\circ$ ) expresado en grados y la saturación ( $C^*$ ) se calcularon respectivamente como:  $h^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$  y  $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ . Tras la medida del color, el *longissimus thoracis* (LT) derecho se envasó al vacío y se congeló a –20 °C hasta la realización del análisis de perfil de textura (TPA) en la carne cruda.

### **Contenido en vitaminas y composición proximal de la carne**

La extracción de vitaminas liposolubles (carotenoides, retinol y  $\alpha$ -tocoferol) en la grasa intermuscular se realizó siguiendo la metodología publicada por Dunne et al. (2006)



que se explicó con detalle en trabajo anterior (Roncero-Díaz et al., 2022). La extracción se repitió dos veces y se secaron con una corriente de nitrógeno hasta obtención del residuo seco. Posteriormente, la muestra obtenida se preparó para su posterior análisis por HPLC. El análisis por HPLC se realizó en un Varian Pro STAR 240 según las condiciones cromatográficas especificadas en Roncero-Díaz et al. (2021 y 2022).

La determinación de la proteína cruda se realizó según la técnica de Kjeldahl (AOAC, 2000). El porcentaje de N calculado se multiplicó por un factor de conversión de 6,25. El nitrógeno no proteico (NNP) se determinó mediante el método Nessler, usando 4 g de muestra después de la precipitación de la proteína con ácido perclórico 0,6 M, y el nitrógeno aminoacídico (NA) se determinó mediante la precipitación de la proteína con ácido perclórico 0,6 M después de la precipitación de péptidos con ácido sulfosalicílico al 10 % (Benito et al., 2005).

El porcentaje de grasa intramuscular se cuantificó mediante el método de Bligh y Dyer (1959). Para ello, previamente se utilizó una picadora para moler la carne y se pesaron 15 g para extraer la grasa con una disolución de Cloroformo-Metanol 1:2. La cuantificación se llevó a cabo por diferencia de pesada tras evaporar el disolvente en un rotavapor.

#### **Análisis instrumental de la textura de la carne**

La muestra de carne se descongeló sumergiendo la bolsa en agua del grifo hasta que alcanzó una temperatura interna de entre 16 °C y 19 °C (aproximadamente, 4 h). El perfil de textura instrumental (TPA) se realizó por triplicado a temperatura ambiente usando un analizador TA.XTA2i (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido). Para ello, se prepararon trozos de carne cilíndricos de 1,5 cm de altura y 2 cm de diámetro. La prue-

ba se realizó con una sonda cilíndrica de aluminio de 6 cm de diámetro siendo el eje del cilindro paralelo a la dirección de las fibras. Se realizó una compresión hasta el 50 % de la altura de la porción original y tras transcurrir 5 s se completó la compresión. Posteriormente se obtuvieron las curvas fuerza-tiempo de deformación para una fuerza de 250 N aplicada a una velocidad de cruceta de 1 mm/s. El análisis de la curva permitió obtener los parámetros texturales. Se cuantificaron los siguientes parámetros: dureza (fuerza máxima del primer ciclo de compresión requerido para comprimir la muestra; N), adhesividad (área negativa debajo de la abscisa después de la primera compresión; N x s), elasticidad (capacidad de la muestra para recuperar su forma original después de eliminar la fuerza deformante; cm), cohesión (grado en que la muestra podría deformarse antes romperse; adimensional), gomosidad (calculada del producto de la Dureza x Cohesión; N), masticabilidad (trabajo necesario para masticar un alimento sólido antes de tragarlo y que se define como el producto de la Gomosidad x Elasticidad; J) y resiliencia (capacidad de un de un producto para recuperar su altura original; adimensional).

#### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se utilizó el software IBM SPSS Statistics 25.0 para Windows (marzo de 2017). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) covariando con el PCC y utilizando el sistema de alimentación (PM, PC, RMT y LA) como efecto fijo y se calcularon las medias y el error estándar para todas las variables estudiadas. Las diferencias significativas entre las medias se determinaron mediante una prueba post hoc de Tukey ( $p < 0,05$ ). Por último, se calculó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para definir la estructura subyacente entre las variables en el análisis; las puntuaciones factoriales se guardaron como variables, creando una nueva variable para cada factor en la solución final por el método de Regresión.

## Resultados y discusión

### Canal, medidas de pH y de color del músculo *longissimus thoracis*

En la Tabla 1 se muestran los valores del peso vivo al sacrificio (PVS), peso de la canal caliente (PCC), el pH y las variables de color en el espacio CIELAB medidas en el músculo *longissimus thoracis* en función del sistema de alimentación. El PVS no fue significativo entre los diferentes grupos, ya que fue el objetivo, sacrificarlos al alcanzar los 8 kg.

Los cabritos LA alcanzaron más tarde el peso de sacrificio que los cabritos de lactancia natural, es decir, presentaron menores tasas de crecimiento (Tabla 1), lo que podría deberse a una menor ingesta o a la composición del alimento (Sanz-Sampelayo, 1993), es decir,

que el lactoreemplazante tuviera menor contenido proteico y energético que la leche de cabra. A este respecto, Bidot Fernández (2017) indicó que el contenido de proteínas en la leche de cabra varía entre 2,9 y 4,6 % y el contenido de grasa entre 3 y 6,63 y por tanto, superior en la leche de cabra respecto a la cantidad de estos nutrientes en el lactoreemplazante, descrita en un anterior trabajo (Roncero-Díaz et al., 2022). En animales prerumiantes, el PVS se alcanzará antes o después dependiendo de la naturaleza del alimento, luego, la alimentación de las cabras determina el contenido graso de la leche que toman los cabritos (Sanz-Sampelayo et al., 2003; Delgado-Pertíñez et al., 2013). Las cabras de pradera cultivada (PC) y las estabuladas (RMT), tenían dietas ricas en grasa y mayor contenido de ácido linoleico y ácido li-

Tabla 1. Medias y error estándar de la edad de sacrificio, el peso de la canal caliente, el pH y las variables de color medidas en el músculo *longissimus thoracis* en función del sistema de alimentación.

Table 1. Means and standard error of age at slaughter, warm carcass weight, pH and colour variables measured in *longissimus thoracis* muscle as a function of feeding system.

	Lactancia Natural			Lactancia Artificial (LA)	p-valor
	PM	PC	RMT		
ES	36,75 <sup>b</sup> ± 0,27	31,92 <sup>c</sup> ± 0,69	30,07 <sup>d</sup> ± 0,44	47,44 <sup>a</sup> ± 0,27	<0,001
PVS	8,53 ± 0,28	8,01 ± 0,22	7,77 ± 0,31	8,38 ± 0,25	0,187
PCC	4,97 <sup>a</sup> ± 0,18	4,30 <sup>b</sup> ± 0,15	5,26 <sup>a</sup> ± 0,16	4,95 <sup>a</sup> ± 0,16	0,002
pH <sub>24h</sub>	5,77 <sup>a</sup> ± 0,02	5,55 <sup>b</sup> ± 0,01	5,67 <sup>a</sup> ± 0,04	5,80 <sup>a</sup> ± 0,04	<0,001
L*	48,04 <sup>bc</sup> ± 0,94	54,29 <sup>a</sup> ± 0,91	45,68 <sup>c</sup> ± 0,77	51,36 <sup>ab</sup> ± 1,00	<0,001
a*	2,78 <sup>a</sup> ± 0,59	1,06 <sup>b</sup> ± 0,28	2,99 <sup>a</sup> ± 0,39	2,24 <sup>ab</sup> ± 0,36	0,009
b*	10,80 <sup>ab</sup> ± 0,44	12,14 <sup>a</sup> ± 0,56	10,00 <sup>b</sup> ± 0,55	11,39 <sup>ab</sup> ± 0,41	0,026
h°	76,40 <sup>b</sup> ± 2,74	85,19 <sup>a</sup> ± 1,36	73,93 <sup>b</sup> ± 1,53	79,40 <sup>ab</sup> ± 1,72	0,026
C*	11,29 ± 0,52	12,23 ± 0,56	10,48 ± 0,61	11,68 ± 0,44	0,143

Edad de sacrificio (días) (ES); peso vivo al sacrificio (PVS); peso de la canal caliente (PCC); luminosidad (L\*); índice de rojo (a\*), índice de amarillo (b\*); tono (h°); croma o saturación (C\*). Madres con pastoreo de montaña (PM); Madres con pastoreo en pradera cultivada (PC); Madres estabuladas con una Ración Mixta Total (RMT). <sup>a, b, c</sup> superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas entre los sistemas de cría.

nolénico (Roncero-Díaz et al., 2022) lo que da lugar a leche con mayor contenido graso, que provoca un aumento de la deposición de grasa (Sanz-Sampelayo et al., 2006) en la carne de sus cabritos y explica que alcancen el peso de sacrificio en menor tiempo. Los cabritos cuyas madres se alimentaron con dieta a base de pasto de montaña (PM), con menor cantidad de grasa bruta (3,72%) en su pienso que el grupo RMT (4,14%), alcanzaron el peso de sacrificio en un tiempo intermedio entre los cabritos PC-RMT y los cabritos LA (Roncero-Díaz et al., 2022). Estos resultados estarían de acuerdo con los obtenidos por Argüello et al. (2004), que también observaron un mayor crecimiento en los animales de lactancia natural que en los de lactoreemplazante y que destacaron la influencia de otros factores, como la mayor digestibilidad en la leche de cabra frente al sustituto lácteo (Sanz-Sampelayo et al., 1990) y la presencia en la leche materna del factor de crecimiento que no se encuentra en los lactoreemplazantes (Baumrucker y Blum, 1993).

#### *Peso de la canal caliente (PCC)*

Los valores de PCC (Tabla 1) oscilaron entre 4,30 kg y 5,26 kg, coincidiendo con los descritos por otros autores en canales de animales de razas españolas (Bañón et al., 2006; Ripoll et al., 2011, 2019a, 2019b, 2019c y 2020b; Sañudo et al., 2012). Se observaron diferencias significativas en este parámetro, siendo los cabritos del grupo PC los que presentaron valores de PCC significativamente más bajos ( $p = 0,002$ ), razón por la cual se covariaron el resto de las variables por el PCC, para evitar que el peso influyese en el resto de los parámetros objeto de este estudio. Según Sanz-Sampelayo (1993) la composición tisular de la canal de los cabritos depende de la alimentación que haya recibido el animal, siendo esta influencia mayor cuanto menor es la edad al sacrificio. En la alimentación exclusivamente láctea, el estado de engrasamiento

de las canales depende de la ingesta de leche y de la concentración de grasa y proteína de la leche. A su vez, la concentración de proteína es el factor que determina la ingesta (bajas cantidades de proteína, menor consumo de leche) y la tasa de crecimiento. Como hemos indicado anteriormente, las madres de los cabritos PC y RMT tenían dietas ricas en grasa y proteína que permitieron mayores tasas de crecimiento en sus cabritos. Pero, muy probablemente, el mayor contenido en ácido linoleico y ácido linolénico de la dieta de las cabras PC (Roncero-Díaz et al., 2022) no solo provocara un aumento de la deposición de grasa (Sanz-Sampelayo et al., 2006) sino también una diferente conformación de la canal de sus cabritos. En cabritos tan jóvenes, el estado de engrasamiento de la canal se puede comprobar por medio del tamaño del depósito perirrenal, la cantidad de grasa intramuscular (depositada dentro de los paquetes musculares) y la cantidad de grasa subcutánea (la depositada debajo del músculo cutáneo) separada por disección (grasa total o de cobertura) (Sanz-Sampelayo, 1993). En este sentido, los cabritos PC tuvieron más cantidad de grasa renal (Roncero-Díaz et al., 2022), intermuscular e intramuscular y algo de más grasa dorsal (entre la 12-13 vértebra torácica), que se relaciona con la grasa subcutánea total separada por disección, por lo que esta distribución de la grasa total pudiera intervenir en un menor PCC. Además, Baumrucker y Blum (1993) indicaron que el factor de crecimiento similar a la insulina que se encuentra en las leches naturales es absorbido por los cabritos y puede aparecer en la sangre de los animales en función de la dieta y producir un aumento del tamaño del aparato digestivo. Aunque es necesario estudiar más sobre la influencia de la dieta en los factores de crecimiento y/u hormonas que contiene la leche, podríamos hipotetizar que el efecto de estos compuestos con acción hormonal podría influir en la distinta distribución de la grasa, favoreciendo los depósitos viscerales y



la grasa total de cobertura. Así pues, la eliminación de esta grasa junto con la piel, unida a la eliminación de vísceras más engrasadas y un aparato digestivo más grande, en animales con tan bajo PVS podrían explicar que el PCC de los cabritos PC fuera menor que en el resto de los grupos.

Por otro lado, se obtuvieron rendimientos en matadero del 53,7 % para los cabritos PC, 58,3 % para los PM y 59,1 % para los LA; valores más altos que los obtenidos por Álvarez Núñez (1994) en cabritos de raza Florida Sevillana. A su vez, los cabritos RMT, con el menor PVS ( $7,77 \pm 0,31$  kg), tuvieron el mayor PCC ( $5,26 \pm 0,16$  kg) obteniéndose un 67,7 % del rendimiento de la canal, valor superior a los rangos normales que oscilan entre 46-57 % (Devendra y Owen, 1983; Colomer-Rocher et al., 1989; Garriz et al., 1994). Es decir, en la lactancia natural se observó un marcado efecto de la alimentación materna sobre el rendimiento a la canal de los cabritos.

#### Medidas de pH

El pH (Tabla 1) del músculo *longissimus thoracis* (LT) a las 24 h *postmortem* presentó menores valores en los animales del grupo PC que en el resto de los grupos ( $p < 0,001$ ). En general, los rangos de pH son similares e incluso algo más bajos a los obtenidos por otros autores (Marichal et al., 2003; Bañón et al., 2006; Santos et al., 2007; Peña et al., 2009; Teixeira et al., 2011; Sañudo et al., 2012; Ripoll et al., 2019b y 2019c). Entre el grupo LA y los grupos PM y RMT no se encontraron diferencias significativas, lo que estaría en desacuerdo con el trabajo realizado por Ripoll et al. (2019b) con cabritos de distintas razas españolas y edades similares a nuestros animales, donde se encontraron diferencias significativas para el pH según el tipo de lactancia (natural o lactoreemplazante). Por otro lado, Ripoll et al. (2020b), en una revisión sobre la calidad instrumental de la carne de cabrito lechal, indicaron que independientemente

del tipo de lactancia (natural o lactoreemplazante), solo el 3,7 % de los lotes de los cabritos lechales presentaban un valor de pH de 5,5 o menor (similar al obtenidos por los cabritos PC), mientras que el 65 % de los animales presentaron valores iguales o superiores a 5,7; en consonancia con los obtenidos en nuestro trabajo para los grupos PM, RMT y LA. Los valores de pH de la carne de cabrito lechal pueden aumentar debido a una glucólisis *postmortem* muy lenta por enfriamiento rápido de las canales (Pophiwa et al., 2020), o por el estrés producido durante el manejo antes del sacrificio (Ripoll et al., 2011), que puede disminuir el glucógeno muscular (Casey y Webb, 2010).

#### Medidas de color

Se encontraron diferencias entre grupos para todas las variables de color (Tabla 1), excepto para  $C^*$ . De los tres grupos de lactancia natural, el grupo PC presentó los valores más altos de  $L^*$  y de tono ( $h^\circ$ ) y los valores más bajos de  $a^*$ , en rango con los valores obtenidos en pechuga de pollo (Ripoll et al., 2013), aunque sin diferencias con LA. El grupo LA presentó valores intermedios para todas las variables, y solo encontramos diferencias significativas entre LA y los grupos de lactancia natural para  $L^*$ , observándose que la carne de LA presenta valores más altos que RMT, pero sin diferencias con los grupos PM y PC.

No existe consenso en la bibliografía acerca del efecto del sistema de alimentación sobre el color de la carne de cabritos lactantes. Así por ejemplo, Ripoll et al. (2019b) encontraron que los cabritos lechales de raza Payoya criados con lactoreemplazante tenían una carne más luminosa (mayor  $L^*$ ) y más amarilla (mayor  $b^*$ ) que los cabritos de lactancia natural, lo que estaría de acuerdo con los resultados mostrados por Caputi-Jambrenghi et al. (2010), quienes encontraron que los antioxidantes naturales presentes en el pasto se podían transferir a la leche de cabra y de

allí a los tejidos del cabrito, disminuyendo los valores de luminosidad ( $L^*$ ) de la carne los cabritos. Sin embargo, Yalcintan et al. (2018) indicaron que la carne de cabritos alimentados con leche natural tenía mayor luminosidad que la de los cabritos de lactancia artificial. Otros autores (Bañón et al., 2006; Zurita-Herrera et al., 2013; Moreno-Indias et al., 2012; de Palo et al., 2015) no encontraron diferencias significativas entre sistemas de alimentación para la luminosidad y el índice de amarillo ( $L^*$  y  $b^*$ ). En nuestros resultados, encontramos diferencias entre tipos de lactancia (natural o lactoreemplazante) para la  $L^*$ , pero solamente con el grupo RMT.

Según Sañudo et al. (2012), la carne de los cabritos de lactancia natural era menos roja (menor  $a^*$ ) que la carne de los cabritos de lactancia artificial debido al escaso contenido en hierro de la leche de cabra en comparación con el hierro de la leche de vaca (lactoreemplazante). Sin embargo, en nuestro trabajo no hemos detectado diferencias en función del sistema de lactancia, sino que las diferencias se encuentran entre PC y RMT ( $p = 0,009$ ). Los menores valores de  $a^*$  de la carne de los cabritos PC podrían deberse a la intervención de varios factores: la menor cantidad de pigmentos hemínicos (Santos et al., 2007), el menor PCC (Juárez et al., 2009), el menor pH (Argüello et al., 2005), la mayor cantidad de grasa intramuscular (Osorio et al., 2008; De Palo et al., 2015; Yalcintan et al., 2018) o un menor aporte de hierro en la leche de sus madres (Sañudo et al., 2012) que, a su vez, depende del contenido de este mineral en los alimentos (pastos/pienso) y de la calidad del suelo donde crecen las plantas (Owen Bartlett, 1971).

En cuanto al tono, la mayoría de los autores (Argüello et al., 2005; Bañón et al., 2006; Sañudo et al., 2012; de Palo et al., 2015) indican que la carne de cabritos de lactancia artificial presenta valores más altos para el tono ( $h^\circ$ ) que la de los de lactancia natural, pero Yal-

cintan et al. (2018) encontraron justamente lo contrario. En nuestro trabajo, no existen diferencias en el tono entre lactancia artificial y natural, aunque sí entre los grupos PC y RMT ( $p = 0,026$ ).

Esta discrepancia de resultados entre trabajos puede deberse a que en los distintos trabajos se utilizan distintas razas, distintas dietas y distintos pesos de sacrificio.

### **Contenido en retinol en la grasa y composición proximal del músculo longissimus thoracis**

Se encontraron diferencias entre grupos para el contenido de retinol en la grasa intermuscular y todas las variables de la composición proximal estudiadas ( $p < 0,001$ ) en el músculo *longissimus thoracis* en función del sistema de alimentación de los cabritos (Tabla 2). Nuestros resultados estarían en desacuerdo con los resultados de otros autores (Argüello et al., 2005; Zurita-Herrera et al., 2013; Ripoll et al., 2019b), quienes, con cabritos de diferentes razas españolas (incluyendo la Payoya), con pesos vivos de sacrificio de entre 6 y 10 kg y con diferente manejo de las madres (estabuladas con alimentación mixta, manejo extensivo, intensivo con crianza natural e intensivo con crianza artificial y sin control de la alimentación de la cabra, respectivamente), no observaron efecto según el tipo de lactancia (natural o lactoreemplazante) en los valores de composición proximal de la carne de cabritos.

En el presente trabajo, las concentraciones de retinol son similares dos a dos, siendo los valores en los cabritos PM y LA similares entre sí y significativamente ( $p < 0,001$ ) más altos que los de los cabritos PC y RMT. Estos resultados discrepan en parte de los resultados de Osorio et al. (2008), quienes indicaron que los corderos alimentados con lactoreemplazante tenían concentraciones de retinol más altas que los alimentados con leche natural. No

Tabla 2. Medias y error estándar para las variables de composición proximal del músculo longissimus thoracis de cabritos lactantes de diferentes sistemas de alimentación.

Table 2. Means and standard error for proximal composition variables of longissimus thoracis muscle of suckling kids from different feeding systems.

	Lactancia Natural			p-valor
	PM	PC	RMT	
Retinol (µg/g de grasa intermuscular)	26,81 <sup>a</sup> ± 1,30	16,52 <sup>b</sup> ± 1,63	15,99 <sup>b</sup> ± 1,31	<0,001
Nitrógeno (%)	2,99 <sup>ab</sup> ± 0,19	3,36 <sup>a</sup> ± 0,08	3,42 <sup>a</sup> ± 0,14	<0,001
Proteína (%)	20,12 <sup>a</sup> ± 0,65	21,13 <sup>a</sup> ± 0,50	21,39 <sup>a</sup> ± 0,86	<0,001
Grasa intramuscular (%)	1,13 <sup>b</sup> ± 0,13	4,90 <sup>a</sup> ± 0,48	4,81 <sup>a</sup> ± 0,53	<0,001
Nitrógeno no proteico (mg/g carne fresca)	2,78 <sup>b</sup> ± 0,16	6,73 <sup>a</sup> ± 0,62	5,23 <sup>a</sup> ± 0,51	<0,001
Nitrógeno aminoacídico (mg/g carne fresca)	0,65 <sup>b</sup> ± 0,07	1,67 <sup>a</sup> ± 0,15	1,36 <sup>a</sup> ± 0,11	<0,001

Madres con pastoreo de montaña (PM); Madres con pastoreo en pradera cultivada (PC); Madres estabuladas con una Ración Mixta Total (RMT). <sup>a, b</sup> superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas entre los sistemas de alimentación.

hemos encontrado estudios similares en cabritos para una comparación. Por otro lado, las cantidades de grasa intramuscular (% G), de nitrógeno no proteico (NNP) y de nitrógeno aminoacídico (NA) también mostraron un contenido similar dos a dos, aunque, en este caso, los valores siguieron un patrón inverso, siendo significativamente mayores en la carne de los cabritos PC y RMT que en la carne de los cabritos PM y LA. Estas diferencias podrían deberse a una mayor calidad de las dietas recibidas por las cabras PC y RMT, ricas en grasa bruta y/o ácido linoleico y/o linoléico, lo que contribuiría a obtener una leche más energética, aumentando la deposición de grasa (Sanz-Sampelayo et al., 2006; Roncero-Díaz et al., 2022). Los valores del porcentaje de grasa en los cabritos PM y LA fueron similares a los indicados por otros autores en cabritos de raza Payoya (Vega et al., 2013), o en otras razas caprinas españolas (Ripoll et al., 2012 y 2019b) o extranjeras, como la raza Sarda (Vacca et al., 2014). Sin embargo, los valores en los cabritos PC y RMT son excepcionalmente altos (4,90 % y 4,81 %, respectivamente) y superiores a los descritos por Horcada et al. (2012) o por Guzmán et al. (2020) que no superan el 2 %. Estos últimos autores señalan que en cabritos ligeros, la grasa intramuscular ronda el 2 % porque los depósitos de grasa visceral tienden a aumentar antes que los depósitos de grasa intramuscular (Banskalieva et al., 2000). Según Prescott (1982) la grasa es el componente de la canal que muestra la mayor variabilidad, incluso con el mismo peso de la canal, y que depende del genotipo y la alimentación.

En cuanto al porcentaje de nitrógeno, los menores valores los presentaron los cabritos del grupo LA, diferenciándose significativamente ( $p < 0,001$ ) de los grupos PC y RMT, mientras que el grupo PM obtuvo valores intermedios. El porcentaje de proteína fue significativamente menor ( $p < 0,001$ ) en el grupo LA (16,89 %) que en los grupos de lactancia natural (PM, PC y RMT) corroborando los re-

sultados obtenidos por Ripoll et al. (2019b) para los cabritos lechales de raza Payoya. Nuestros valores son mayores que los obtenidos por Guzmán et al. (2020) para cabritos lechales de raza Payoya cuyas madres recibieron diferentes dietas (concentrados y forrajes). Muy probablemente, este menor porcentaje de proteína del grupo LA se deba a una menor cantidad de proteína del lactoreemplazante (Sanz-Sampelayo, 1993). Además, es posible que el origen de las proteínas del lactoreemplazante sea vegetal, que son más económicas pero se digieren de forma menos eficiente que la proteína láctea (Heras Sánchez, 2018). De ahí que estos cabritos también tuvieran menor tasa de crecimiento, como ya hemos comentado con anterioridad.

Como se observó en un trabajo anterior (Roncero-Díaz et al., 2022), el contenido de retinol de la grasa depende del porcentaje de grasa intramuscular, ya que existe un efecto de dilución de esta vitamina en la grasa (Arnett et al., 2007). Según Valvo et al. (2005), en pequeños rumiantes de tan corta edad y alimentados exclusivamente con leche, la biohidrogenación ruminal es limitada o inexistente, por lo que la composición proximal de la carne depende de la composición de la leche. Por tanto, no es el tipo de lactancia (natural o lactoreemplazante) lo que determina las diferencias en los valores de retinol o de composición proximal entre los grupos de cabritos, sino el manejo de la alimentación de las cabras, las diferencias en el tipo y composición de los pastos y/o concentrados y la suplementación de retinol de esos piensos.

### Textura de la carne

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,005$ ) en todas las variables del perfil de textura del músculo *longissimus thoracis* (Tabla 3). En líneas generales, se observaron de nuevo similitudes de los grupos dos a dos: la carne del grupo PM se parece mucho a la del grupo

Tabla 3. Medias y error estándar para las variables del perfil de textura del músculo *longissimus thoracis* de cabritos lactantes de diferentes sistemas de alimentación.

Table 3. Means and standard error for texture profile variables of *longissimus thoracis* muscle of suckling kids from different feeding systems.

	Lactancia Natural			RMT	Lactancia Artificial (LA)		p-valor
	PM	PC	PC				
Dureza (g)	3320,56 <sup>a</sup> ± 236,03	1025,49 <sup>c</sup> ± 74,48	664,90 <sup>c</sup> ± 74,32	1912,26 <sup>b</sup> ± 113,46		<0,001	
Adhesividad (g x s)	-34,44 <sup>a</sup> ± 3,96	-9,83 <sup>b</sup> ± 0,96	-9,80 <sup>b</sup> ± 1,02	-29,42 <sup>a</sup> ± 2,57		<0,001	
Elasticidad	0,842 <sup>a</sup> ± 0,01	0,802 <sup>b</sup> ± 0,02	0,798 <sup>b</sup> ± 0,03	0,862 <sup>a</sup> ± 0,01		0,036	
Cohesividad	0,42 <sup>b</sup> ± 0,01	0,55 <sup>a</sup> ± 0,005	0,57 <sup>a</sup> ± 0,01	0,43 <sup>b</sup> ± 0,01		<0,001	
Gomosidad (g)	1442,02 <sup>a</sup> ± 126,75	564,65 <sup>c</sup> ± 40,75	381,31 <sup>c</sup> ± 46,73	892,64 <sup>b</sup> ± 42,11		<0,001	
Masticabilidad (g x cm)	1129,75 <sup>a</sup> ± 72,03	455,29 <sup>b</sup> ± 34,15	310,43 <sup>b</sup> ± 43,95	693,87 <sup>a</sup> ± 36,20		<0,001	
Resiliencia	0,237 <sup>b</sup> ± 0,008	0,242 <sup>a</sup> ± 0,009	0,216 <sup>b</sup> ± 0,009	0,242 <sup>ab</sup> ± 0,006		<0,001	

Madres con pastoreo de montaña (PM); Madres con pastoreo en pradera cultivada (PC); Madres estabuladas con una Ración Mixta Total (RMT). <sup>a, b, c</sup> superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas entre los sistemas de cría.

LA, diferenciándose de los otros dos grupos de lactancia natural (PC y RMT), sin diferencias significativas entre ellos. En concreto, la dureza, la gomosidad y la masticabilidad obtuvieron valores significativamente mayores ( $p < 0,001$ ) en la carne de los cabritos PM y significativamente menores en los grupos PC y RMT ( $p < 0,001$ ), mientras que la carne de los cabritos alimentados con lactoreemplazante obtuvieron valores intermedios. Los valores de dureza de la carne siguen un patrón similar al contenido de retinol en la grasa intermuscular e inverso al porcentaje de grasa muscular. En bovino, se ha descrito que la velocidad de engorde tiene una gran influencia en la terneza. Dietas con mayor ganancias de peso mejoran la terneza de la carne (Fernández Mayer, 2016), al igual que ocurre en el presente trabajo. Además, también se ha descrito que la terminación de vacas con un cultivo de raigrás (*Lolium spp.*) o en pradera (*Festuca Arundinácea*, también llamada *Lolium arundinaceum*, *Trifolium repens* o trébol blanco y *Lotus corniculatus*) logró una mayor velocidad de crecimiento, mejores valores de engrasamiento de la canal y, fundamentalmente, una carne más tierna que la de las vacas alimentadas en campo natural (André Viola et al., 2019). En nuestros resultados se encuentra una relación similar, donde la composición de la alimentación de las cabras influye en la velocidad de crecimiento, el engrasamiento y en la terneza de la carne de sus cabritos. Así, los cabritos PC, cuyas madres se alimentaron en una pradera cultivada con el 95 % de gramíneas (avena), y los cabritos RMT, cuyas madres se alimentaron con heno *ad libitum* (33 % *Avena sativa*, 33 % *Vicia sativa*, 33 % *Hordeum vulgare* var *hexastichon*) (Roncero-Díaz et al., 2021), alcanzaron antes el peso de sacrificio, tuvieron mayor cantidad de grasa intramuscular y la carne más tierna que los cabritos PM, cuyas madres pastaron en una dehesa natural (Roncero-Díaz et al., 2021 y 2022). Luego, en los cabritos lactantes, la alimenta-

ción de las madres también influye en la calidad de la canal y en la terneza de su carne. Por otro lado, no solo la cantidad de grasa de los piensos y la composición de sus ácidos grasos influyen en la velocidad de crecimiento y la deposición de grasa, como indicamos con anterioridad, sino que según lo indicado en el estudio de André Viola et al. (2019) en vacas, las diferentes especies botánicas que componen los forrajes, que son fuentes de vitaminas liposolubles (entre las que se encuentra el retinol), pueden intervenir en la terneza de la carne. En nuestros resultados observamos que los cabritos PM y LA tienen prácticamente el mismo porcentaje de grasa intramuscular y que, aunque sin diferencia significativa, el grupo PM tiende a presentar valores más altos de retinol, lo que se traduce en valores significativamente más altos de dureza en PM que en LA, ocurriendo, además, que el grupo LA presentó menor porcentaje de proteína que el grupo PM. Una tendencia a este mismo comportamiento en la combinación retinol-grasa-proteína-dureza se puede observar, aunque no significativamente, entre los grupos PC y RMT. Además, es sabido, que el aporte de retinol natural (a través del pasto) o sintético (a través de los piensos) tienen diferente biodisponibilidad y que en la lactancia natural, las concentraciones de retinol se encuentran influenciadas por el metabolismo de la cabra, que modula las concentraciones del plasma y de la leche (Roncero-Díaz et al., 2021). Los lactantes alimentados *ad libitum* pueden variar la composición corporal en función del tipo de leche (Sanz-Sampelayo, 1993) (tipo de dieta materna o lactoreemplazante). Además, una vez finalizada la producción de calostro, la composición de la leche es casi constante en el tiempo, lo que demuestra que la glándula mamaria ha desarrollado una alta tolerancia a factores externos, como la dieta. El porcentaje de proteína, grasa (Ripoll et al., 2020a) e incluso de retinol (Roncero-Díaz et al., 2021) es mayor en el calostro que en la leche ma-



dura para asegurar la supervivencia del recién nacido. Bioenergéticamente hablando, las diferentes dietas pueden aportar diferente energía metabolizable a la leche que aporte a la carne diferente cantidad de energía retenida como proteína y depositada como grasa (Sanz-Sampelayo, 1993). Además, el depósito de grasa tiene diferente composición en función de las dietas de las cabras, diferentes tipos de ácidos grasos (Ripoll et al., 2020a) y de vitaminas liposolubles (Roncero-Díaz et al., 2022) y las concentraciones de retinol, a su vez, se encuentran influenciadas por un efecto de dilución en la grasa (Arnett et al., 2007; Roncero-Díaz et al., 2022). Cabe por tanto pensar que el retinol modula de alguna forma el metabolismo lipídico y proteico en animales lactantes. Según lo expuesto, podríamos hipotetizar que no solo el porcentaje de grasa intramuscular modula la dureza de la carne (Horcada y Polvillo, 2010), sino que es probable que también el contenido de retinol de la grasa u otros factores intervengan, ya que a similares porcentajes de grasa intramuscular, los valores más altos de retinol proporcionan mayor dureza a la carne. Sin embargo, hemos encontrado una laguna de conocimiento sobre la relación entre el contenido de retinol en la grasa y la dureza de la carne, ya que, hasta donde sabemos, la bibliografía al respecto es inexistente en cabritos y en otros rumiantes. Por tanto, se necesitan más estudios para establecer una correlación inequívoca.

Además, nuestros resultados podrían ampliar la hipótesis planteada por Rivero et al. (2022) para los diferentes tipos de crianza (natural o lactoreemplazante), que indicaron que la leche con un nivel de energía menor (lactoreemplazante) podría intervenir en las poblaciones de fibras musculares y, por tanto, influir en la ternura de la carne. En el presente trabajo, la carne de los cabritos RMT es la más tierna, aunque sin diferencias significativas con PC. Como ya hemos indicado, la dieta de las madres de los cabritos PC proporcionó

una mayor tasa de crecimiento a sus cabritos, lo que permitió que alcanzaran el peso al sacrificio a una edad más temprana. Este hecho podría influir en la composición de las fibras musculares, proporcionando un mayor número de fibras de tipo I u oxidativas que de fibras tipo II o glucolíticas, lo que conferiría mayor ternura a esta carne que a la del resto de los grupos.

Por otro lado, para la adhesividad ( $p < 0,001$ ) y la elasticidad ( $p = 0,036$ ) los cabritos PM y LA obtuvieron mayores valores que los cabritos PC y RMT. Por el contrario, para la cohesividad, los grupos PM y LA obtuvieron menores valores ( $p < 0,001$ ) que PC y RMT. Sin embargo, para la resiliencia el patrón entre los grupos fue diferente, observándose en este caso que los mayores valores ( $p < 0,001$ ) fueron para la carne PM y RMT y los menores para el grupo PC, mientras que la carne de los cabritos LA obtuvo valores intermedios.

Los resultados expuestos en este trabajo difieren en parte de los obtenidos en la bibliografía consultada. Por un lado, Ripoll et al. (2019b) indicaron que la carne cruda de los cabritos de raza Payoya y de lactancia natural era más dura y con mayores valores de masticabilidad que la de los animales alimentados con lactoreemplazante, lo que concide con los resultados obtenidos para el grupo PM, pero estaría en desacuerdo con los resultados obtenidos para los grupos PC y RMT. Por otro lado, Caputi-Jambrenghi et al. (2010) indicaron que la carne cruda de cabritos lechales criados por cabras de pastoreo era más tierna que la de los cabritos cuyas madres se alimentaron con piensos. Estos resultados coinciden con el grupo PC, pero se encuentran en desacuerdo con los resultados del grupo PM, cuyas madres pastaban en montaña y cuya carne fue la más dura.

En resumen, el presente estudio pone de manifiesto que el sistema de alimentación de las madres tiene mayor influencia en la dureza de la carne que el tipo de lactancia (natural

o lactoreemplazante) y, además, podemos apuntar que, muy probablemente, la diferente biodisponibilidad de las formas natural y sintética de vitamina A ( $\beta$ -caroteno/retinol, respectivamente), el metabolismo caprino y la relación entre el porcentaje de grasa, la concentración de proteína y el retinol también influyen en la dureza de la carne. Por tanto, podemos intuir que el retinol modula de alguna forma el metabolismo lipídico y proteico en animales lactantes. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que plantea esta relación por lo que, como hemos indicado con anterioridad, se necesitan más estudios en cabritos lactantes para establecer una correlación inequívoca.

### **Análisis de Componentes Principales**

En la Tabla 4 se muestra un Análisis de Componentes Principales (ACP) basado en los valores promedio de todos los parámetros de calidad de carne de los cuatro grupos, según el sistema de cría. Los coeficientes muestran la contribución relativa de cada medición a un componente principal específico (factor), mientras que el porcentaje de la varianza total se utilizó para determinar cómo las soluciones de componentes totales dan cuenta de las variables (medidas) representadas. Los análisis mostraron que los tres primeros factores (que incluyeron variables no correlacionadas) contribuyeron en un 67,56 % de la varianza total, siendo la influencia del primer componente principal del 37,02 % de la varianza total. Una parte importante de los parámetros de composición proximal e instrumental de la textura, así como el retinol, tuvieron una contribución muy alta a la variabilidad y diferenciación de los grupos, unos en sentido positivo (% G, NNP, NA y cohesividad) y otros en sentido negativo (retinol, gomosidad y masticabilidad). En el segundo y tercer componente, que explicaron el 16,53 % y el 14,01 % de la varianza, respectivamente, fueron las variables de color las

que tuvieron mayor relevancia, siendo destacable que el peso de la canal influyó en sentido negativo sobre el segundo componente.

La Figura 1 muestra la representación gráfica de los animales analizados en el espacio tridimensional generado por las tres componentes principales. Se diferencian claramente RMT y PC, algo más mezcladas se encuentran PM y LA. Se observan similitudes dos a dos de los grupos analizados, tal y como se ha visto a lo largo de todo el trabajo. La textura, el porcentaje de grasa, el NA, el NNP y el contenido de retinol de la grasa tienen gran importancia en la diferenciación entre grupos. Como ya se ha apuntado, hay que seguir investigando en los procesos metabólicos que se producen en la conversión del músculo a carne.

### **Conclusiones**

Este estudio confirmó que el manejo de alimentación de las cabras y la composición del lactoreemplazante influyeron sobre el pH, el color, la composición proximal y la textura de la carne de los cabritos lactantes.

Los parámetros de la carne del grupo PM son similares al grupo LA, diferenciándose de los otros dos grupos de lactancia natural (PC y RMT), que a su vez, se parecen mucho entre sí. Se detectaron diferencias dos a dos para las concentraciones de retinol, porcentaje de grasa intramuscular, NNP y NA, y todas las variables del perfil de textura del músculo, a excepción de la resiliencia. Se comprobó que lo que determina las diferencias en la calidad de la carne de los cabritos no es el tipo de lactancia (natural o lactoreemplazante), sino el diferente manejo de la alimentación de sus madres. Además, es posible que el tipo de suplementación de Vitamina A (natural a través del pasto o sintético a través del lactoreemplazante) influya en las concentraciones de retinol, y pueda influir en la ternura de la carne ya que una modulación del

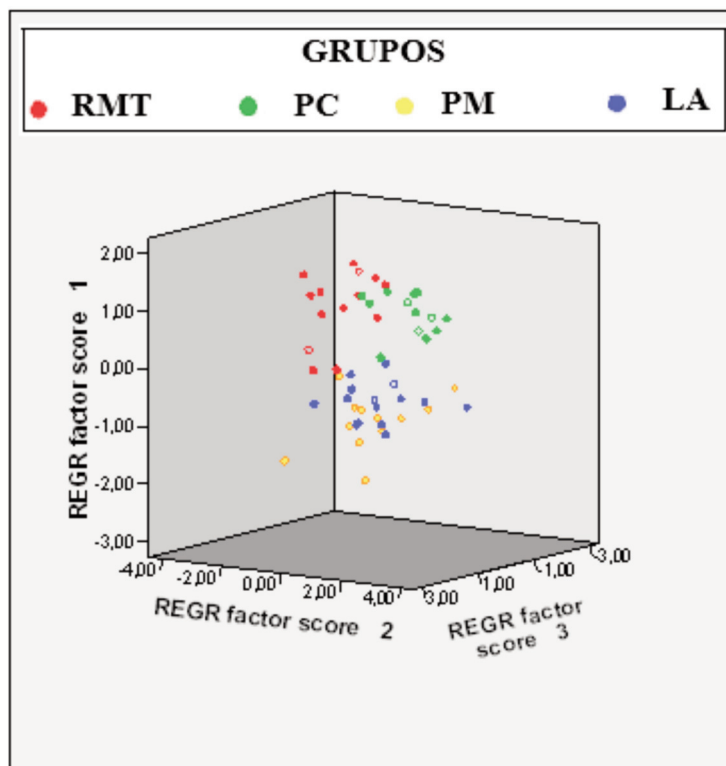
Tabla 4. Componentes principales, varianza total y acumulada, componentes y cargas factoriales para los parámetros en los cuatro grupos sistemas de cría.

*Table 4. Principal components, total and cumulative variance, components and factor loadings for the parameters in the four rearing system groups.*

	Componentes		
	1	2	3
PCC	-0,140	-0,694	+0,192
Retinol	-0,742	+0,006	-0,161
% Nitrógeno	+0,644	-0,191	-0,333
% Proteínas	+0,579	-0,306	-0,167
% Grasa	+0,797	+0,056	-0,035
mg NNP/g carne	+0,732	+0,091	-0,108
mg NA/g carne	+0,774	+0,198	+0,011
Dureza (g)	-0,887	-0,009	-0,165
Adhesividad (g x s)	+0,844	+0,085	+0,203
Elasticidad	-0,406	+0,070	-0,166
Cohesividad	+0,848	+0,021	+0,128
Gomosidad (g)	-0,849	+0,048	-0,131
Masticabilidad (g x cm)	-0,858	+0,067	-0,193
Resiliencia	-0,081	+0,627	-0,032
<i>L*</i>	-0,028	+0,893	+0,100
<i>a*</i>	-0,204	-0,510	+0,793
<i>C*</i>	-0,152	+0,467	+0,822
<i>h°</i>	+0,122	+0,677	-0,646
<i>b*</i>	-0,119	+0,576	+0,740
% Varianza explicado	37,02	16,53	14,01
Varianza acumulado		53,55	67,56

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

A 3 componentes extraídos (nuevas variables incorrelacionadas calculadas a partir de las variables estudiadas). Peso de la canal caliente (PCC); luminosidad (*L\**); Nitrógeno no proteico (NNP); Nitrógeno aminoacídico (NA); índice de rojo (*a\**), índice de amarillo (*b\**); tono (*h°*); croma o saturación (*C\**).



Madres con pastoreo de montaña (PM); Madres con pastoreo en pradera cultivada (PC); Madres estabuladas con una Ración Mixta Total (RMT). Lactancia artificial (LA).

Figura 1. Gráfico de dispersión del análisis de componentes principales (Componente 1 vs. Componente 2 vs. Componente 3).

Figure 1. Scatter plot of principal component analysis (Component 1 vs. Component 2 vs. Component 3).

metabolismo (glucídico, lipídico y proteico) por el retinol afectaría a los parámetros de calidad de carne. Por ello, se hace necesario profundizar en el conocimiento de los procesos metabólicos que nos ayuden a entender la relación entre la dieta materna, la composición de la leche de cabra y la deposición de grasa y retinol en el músculo de sus cabritos, así como a entender la regulación *ante* y *postmortem* del retinol, para conocer su papel y relación con la calidad de la carne.

### Agradecimientos

Gracias a la Asociación de Criadores de Cabra Payoya, a los propietarios de las fincas "La Torrita" y "Las Albarradas" y al responsable de la finca "El Imperio" por su apoyo durante el proyecto.

## Referencias bibliográficas

- Alcalde M.J., Ripoll G., Panea B. (2010). La producción de carne caprina en Andalucía. En: La producción de carne en Andalucía (Ed. Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca), pp. 317-339. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, Andalucía, España.
- Álvarez Núñez J.J. (1994). Caracterización cárnica en cabritos de raza Florida Sevillana, bajo diversos sistemas de crianza. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, España.
- Álvarez R., Meléndez-Martínez A.J., Vicario I.M., Alcalde M.J., (2014). Effect of pasture and concentrate diets on concentrations of carotenoids, vitamin A and vitamin E in plasma and adipose tissue of lambs. *The Journal of Food Composition and Analysis* 36: 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.08.001>
- André Viola S., Boggio Negrin J.M., Goñi de León M.V. (2019). Impacto de las diferentes alternativas forrajeras sobre la calidad de la carne en invernada de vacas. Tesis de grado. Universidad de la República, Facultad de Veterinaria, Paysandú, Uruguay.
- AOAC (2000). *Official Methods of Analysis*, 17th. Ed. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, VA, EEUU.W. Horwitz, G.Latimer. 1141 pp.
- Argüello A., Castro N., Capote J. (2004). Growth of milk replacer kids fed under three different managements. *Journal of Applied Animal Research* 25: 37-40. <https://doi.org/10.1080/09712119.2004.9706470>
- Argüello A., Castro N., Capote J., Solomon M. (2005). Effects of diet and live weight at slaughter on kid meat quality. *Meat Science* 70(1): 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.12.009>
- Arnett A.M. (2007). Effects of dietary vitamin A supplementation on serum and liver retinol content, growth performance, carcass composition, and meat quality of lambs and cattle. Ph.D. Dissertation. Manhattan, KS: Kansas State University.
- Arnett A.M., Dikeman M.E., Spaeth C.W., Johnson B.J., Hildabrand B. (2007). Effects of vitamin A supplementation in young lambs on performance, serum lipid, and *longissimus* muscle lipid composition. *Journal of Animal Science* 85: 3062-3071. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0176>
- Arnett A.M., Dikeman M.E., Daniel M.J., Olson K.C., Jaeger J., Perrett J. (2009). Effects of vitamin A supplementation and weaning age on serum and liver retinol concentrations, carcass traits, and lipid composition in market beef cattle *Meat Science* 81: 596-606. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.10.017>
- Bañón S., Vila R., Price A., Ferrandini E., Garrido M.D. (2006). Effects of goat milk or milk replacer diet on meat quality and fat composition of suckling goat kids. *Meat Science* 72(2): 216-221. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.004>
- Banskalieva V., Sahlou T., Goetsch A.L. (2000). Fatty acid composition of goat muscles and fat depots : a review. *Small Ruminant Research* 37: 255-268. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00128-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00128-0)
- Baumrucker C.R., Blum J.R. (1993). Secretion of insulin-like growth factors in milk and their effect on the neonate. *Livestock Production Science* 35: 49-72. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90181-G](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90181-G)
- Benito M.J., Núñez F., Córdoba M.G., Martín A., Córdoba J.J. (2005). Generation of non-protein nitrogen and volatile compounds by *Penicillium chrysogenum* pg222 activity on pork myofibrillar proteins. *Food Microbiology* 22(6): 513-519. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.11.010>
- Bernués A., Ripoll G., Panea B. (2012). Consumer segmentation based on convenience orientation and attitudes towards quality attributes of lamb meat. *Food Quality and Preference* 26: 211-220. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.04.008>
- Bidot Fernández A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista de Producción Animal* 29(2): 32-41.
- Blanco M., Lobón S., Bertolín J.R., Joy M. (2019). Effect of the maternal feeding on the carotenoid and tocopherol content of suckling lamb tissues. *Archives of Animal Nutrition* 73: 472-484. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1655354>



- Bligh E.G., Dyer W. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911-917. <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.1139/o59-099>
- Caputi-Jambrenghi A., Colonna M., Giannico F., Coluccia A., Crocco D., Vonghia G. (2010). Meat quality in suckling kids reared by different production systems. *Progress in Nutrition* 11: 36-46.
- Casey N.H., Webb E.C. (2010). Managing goat production for meat quality. *Small Ruminant Research* 89: 218-224. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.047>
- Castel J.M., Mena Y., Delgado-Pertíñez M., Camúñez J., Basulto J., Caravaca F., Guzmán-Guerrero J.L., Alcalde M.J. (2003). Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research* 47(2): 133-143. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00250-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00250-X)
- Castel J.M., Mena Y., Ruiz F.A., Camúñez-Ruiz J., Sánchez-Rodríguez M. (2011). Changes occurring in dairy goat production systems in less favoured areas of Spain. *Small Ruminant Research* 96(2-3): 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.01.002>
- Castel J.M., Mena Y., Ruiz F.A., Gutiérrez R. (2012). Situación y evolución de los sistemas de producción caprina en España. *Tierras, Caprino* 1: 24-36.
- CIE (1986). *Colorimetry* 2nd ed. Publication CIE N° 15.2. Commission International de L'Eclairage. Vienna, Austria.
- Colomer-Rocher F., Delfa R., Echiguer M. (1989). Características cuantitativas de las canales de los cabritos de raza Murciana-Granadina. *Acta del 1º Congreso de Zootecnia. 2º Encuentro dos Ingenieros Zootécnicos. Vila Real (Portugal)*. pp. 125-137.
- Delgado-Pertíñez M., Guzmán-Guerrero J.L., Caravaca F.P., Castel J.M., Ruiz F.A., González-Redondo P., Alcalde M.J. (2009). Effect of artificial vs. natural rearing on milk yield, kid growth and cost in Payoya autochthonous dairy goats. *Small Ruminant Research* 84: 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.06.014>
- Delgado-Pertíñez M., Gutiérrez-Peña R., Mena Y., Fernández-Cabanás V.M., Laberye D., (2013). Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands. *Small Ruminant Research* 114: 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.06.001>
- De Palo P., Maggiolino A., Centoducati N., Tateo A. (2015). Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids. *Small Ruminant Research* 131: 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.09.001>
- Devendra C., Owen J. (1983). Aspectos cualitativos de la producción de carne de ganado caprino. *Revista Mundial de Zootecnia* 47: 19-29.
- DOUE (2009). Council Regulation (EC) No 1099/2009 of 24 September 2009 on the protection of animals at the time of killing. *Official Journal of the European Union*, núm. 52, de 18 de noviembre de 2009, pp. L303/1-30.
- DOUE (2010). Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*, núm. 53, de 20 de octubre de 2010, pp. L276/33-79.
- Dunne P.G., O'Mara F.P., Monahan F.J., Moloney A.P. (2006). Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and *M. longissimus dorsi* of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science* 74(2): 231-241. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.02.003>
- FAOSTAT (2022). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#search/censo%20caprino> (Consultado: 27 junio de 2022).
- Fernández Mayer A. (2016) Calidad de la carne vacuna, factores que afectan la ternera, jugosidad y flavor. Disponible en: [https://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/calidad\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna\\_factores\\_que\\_afectan\\_la\\_terneza\\_\\_art\\_culo\\_t\\_cnico\\_.pdf](https://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/calidad_de_la_carne_vacuna_factores_que_afectan_la_terneza__art_culo_t_cnico_.pdf). (Consultada el 1 de julio de 2023).

- Garriz C., Gállinger M., Dayenoff P. (1994). Evaluación de la calidad de res en cabritos criollos. 18° Congreso de Producción Animal. Revista Argentina de Producción Animal 14: 1-146.
- Gómez-Cortés P., de la Fuente M.A. (2020). Metabolic origin and bioactive properties of odd and branched-chain fatty acids in ruminants' milk. Review. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias 11(4): 1174-1191. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5171>
- González N., Marqués M., Nadal M., Domingo J.L. (2020). Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010-2020) evidences. Food Research International 137: 109341. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>
- Guerrero M.I., Ruiz F.A., Castel J.M., Ligeró M., Casquet O. (2007). Análisis de la viabilidad técnico-económica de explotaciones caprinas de raza Payoya y propuestas de mejora. Faega, 32: 143-149.
- Guzmán J.L., Delgado-Pertíñez M., Beriáin M.J. Pino R., Zarazaga L.Á., Horcada A. (2020). The use of concentrates rich in orange by-products in goat feed and its effects on physico-chemical, textural, fatty acids, volatile compounds and sensory characteristics of the meat of suckling kids. Animals 10: 766. <https://doi.org/10.3390/ani10050766>
- Heras Sanchez J. (2018). ¿Cómo elegir un buen lactoreemplazante? (II). Blog de expertos de Zoetis, especialistas en novillas. Disponible en <https://www.blog.especialistasennovillas.es/posts/elegir-lactorreemplazante-partedos.aspx>. (Consultada el 10 de julio 2023).
- Horcada A., Polvillo O. (2010). Conceptos básicos sobre la carne. En: La Producción de carne en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. pp. 113-193.
- Horcada A., Ripoll G., Alcalde M.J., Sañudo C., Teixeira A., Panea B. (2012). Fatty acid profile of three adipose depots in seven Spanish breeds of suckling kids. Meat Science 92(2): 89-96 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.018>
- Jin Q., Cheng H., Wan F., Bi Y., Liu G., Liu X., Zhao H., You W., Liu Y., Tan X. (2015). Effects of feeding  $\beta$ -carotene on levels of  $\beta$ -carotene and vitamin A in blood and tissues of beef cattle and the effects on beef quality. Meat Science 110: 293-301. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.019>
- Juárez M., Micheo J.M., García E., Peña F., Polvillo O. (2009). Efecto del peso de la canal sobre la calidad de la carne de "Chivo lechal Malagueño". ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 105(1): 28-35.
- MAPA (2021). Raza caprina Payoya. Catálogo Oficial de Razas Ganaderas. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/caprino/payoya/default.aspx> (Consultada el 1 de febrero de 2021).
- Marichal A., Castro N., Capote J., Zamorano M.J., Argüello A. (2003). Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. Livestock Production Science 83(2-3): 247-256. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00113-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00113-1)
- Mena Y., Ligeró M., Ruíz F.A., Nahed J., Castel J.M., Acosta J.M., Guzmán J.L. (2009). Organic and conventional dairy goat production systems in Andalusian mountainous areas. En: Changes in sheep and goat farming systems at the beginning of the 21st century: research, tools, methods and initiatives in favour of a sustainable development. (Ed. Pacheco F., Morand-Fehr P.), pp. 253-256. Options Méditerranéennes 91. CIHEAM, Zaragoza, España.
- Morales-Jerrett E., Mancilla-Leytón J.M., Delgado-Pertíñez M., Mena Y. (2020). The contribution of traditional meat goat farming systems to human wellbeing and its importance for the sustainability of this livestock subsector. Sustainability 12(3): 1181. <https://doi.org/10.3390/su12031181>
- Moreno-Indias I., Morales-dela Nuez A., Hernández-Castellano L., Sánchez-Macías D., Capote J., Castro N., Argüello A. (2012). Docosahexaenoic acid in the goat kid diet: Effects on immune system and meat quality. Journal of Animal Science 90: 3729-3738. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4351>
- Osorio M.T., Zumalacárregui J.M., Cabeza E.A., Figueira A., Mateo J. (2008). Effect of rearing system on some meat quality traits and volatile

- compounds of suckling lamb meat. *Small Ruminant Research* 78(1-3): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.015>
- Owen Bartlett A. (1971). Los microminerales en la nutrición de los rumiantes. *Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia* 4428: 12-24. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/29698> (Consultada el 19 de junio de 2023).
- Panea B., Ripoll G., Horcada A., Sañudo, C., Teixeira A., Alcalde M.J. (2012a). Influence of breed, milk diet and slaughter weight on carcass traits of suckling kids from seven Spanish breeds. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10: 1025. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012104-2659>
- Panea B., Ripoll G., Albertí P., Joy M., Teixeira A. (2012b). Atlas de disección de la canal de los rumiantes. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 108(1): 3-105.
- Panea B., Ripoll G., Albertí P., Córdoba M.G., Alcalde M.J. (2015). Influencia del sistema de lactancia sobre la valoración sensorial de la carne de cabrito: Opinión de los consumidores. *XI Congreso de la Sociedad Española de Ovino-tecnia y Caprinotecnia, XVI Congreso Internacional*, 16-18 de septiembre, Castellón, España, pp. 248-253.
- Peña F., Doménech V., Acero R., Perea J., García A. (2009). Effect of sex and feed (maternal milk vs. milk substitute) on the growth and carcass characteristics in Florida goat kids. *Revista Científica* XIX(6): 619-629.
- Pophiwa P., Cottington Webb E, Frylinck L. (2020). A review of factors affecting goat meat quality and mitigating strategies. *Small Ruminant Research* 183: 106035 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.106035>
- Prescott J.H.D. (1982). Crecimiento y desarrollo de los corderos. En: *Manejo y enfermedades de las ovejas* (Ed. Acribia), pp. 351-369. Barcelona. España.
- Ran-Ressler R.R., Devapatla S., Lawrence P., Brenna J.T. (2008). Branched chain fatty acids are constituents of the normal healthy newborn gastrointestinal tract. *Pediatric Research* 64(6): 605-609. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e318184d2e6>
- Ripoll G., Alcalde M.J., Horcada A., Sañudo C., Panea B. (2009). Influencia del sistema de lactancia sobre el color de la carne y de la grasa renal de cabritos de las razas Murciano-Granadina y Malagueña. *XIII Jornadas sobre Producción Animal*, Tomo II, 12 y 13 de mayo, Zaragoza, España. pp. 589-591.
- Ripoll G., Alcalde M.J., Horcada A., Panea B. (2011). Suckling kid breed and slaughter weight discrimination using muscle colour and visible reflectance. *Meat Science* 87: 151-156. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.006>
- Ripoll G., Alcalde M.J., Horcada A., Campo M.M., Sañudo C., Teixeira A., Panea B. (2012). Effect of slaughter weight and breed on instrumental and sensory meat quality of suckling kids. *Meat Science* 92: 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.011>
- Ripoll G., Albertí P., Panea B. (2013). Color instrumental, apreciación visual y oxidación lipídica de pechuga de pollo conservada en envases con nanopartículas de óxido de zinc y plata. *XV Jornadas sobre Producción Animal de AIDA*, Tomo II, 14 y 15 de mayo, Zaragoza, España. pp. 688-690.
- Ripoll G., Casasús I., Joy M., Molino F., Blanco M. (2015). Fat color and reflectance spectra to evaluate the  $\beta$ -carotene, lutein and  $\alpha$ -tocopherol in the plasma of bovines finished on meadows or on a dry total mixed ration. *Animal Feed Science and Technology* 207: 20-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeeds.2015.05.014>
- Ripoll G., Alcalde M.J., Argüello A., Córdoba M.G., Panea B. (2018). Consumer visual appraisal and shelf life of leg chops from suckling kids raised with natural milk or milk replacer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98: 2651-2657. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8758>
- Ripoll G., Córdoba M.G., Alcalde M.J., Martín A., Argüello A., Casquete R., Panea B. (2019a). Volatile organic compounds and consumer preference for meat from suckling goat kids raised with natural or replacers milk. *Italian Journal of Animal Science* 18(1): 1259-1270. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1646107>
- Ripoll G., Alcalde M.J., Córdoba M.G., Casquete R., Argüello A., Ruiz-Moyano S., Panea B. (2019b).

- Influence of the use of milk replacers and pH on the texture profiles of raw and cooked meat of suckling kids. *Foods* 8(11): 589. <https://doi.org/10.3390/foods8110589>
- Ripoll G., Alcalde M.J., Argüello A., Córdoba M.G., Panea B. (2019c). Effect of the rearing system on the color of four muscles of suckling kids. *Food Science and Nutrition* 7(4): 1502-1511. <https://doi.org/10.1002/fsn3.994>
- Ripoll G., Alcalde M.J., Argüello A., Córdoba M.G., Panea B. (2020a). Effect of rearing system on the straight and branched fatty acids of goat milk and meat of suckling kids. *Foods* 9(4): 1-20. <https://doi.org/10.3390/foods9040471>
- Ripoll G., Alcalde M.J., Panea B. (2020b). Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 117(2): 145-161. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.016>
- Roncero-Díaz M., Panea B., Argüello A., Alcalde M.J. (2021). How management system affects the concentration of retinol and  $\alpha$ -tocopherol in plasma and milk of Payoya lactating goats: possible use as traceability biomarkers. *Animals* 11(8): 2326. <https://doi.org/10.3390/ani11082326>
- Roncero-Díaz M., Panea B., Córdoba M.G., Argüello A., Alcalde M.J. (2022). Retinol and  $\alpha$ -tocopherol contents, fat color, and lipid oxidation as traceability tools of the feeding system in suckling Payoya kids. *Animals* 12(1): 104. <https://doi.org/10.3390/ani12010104>
- Rufino-Moya P.J., Joy M., Lobón S., Bertolín J.R., Blanco M. (2020). Carotenoids and liposoluble vitamins in the plasma and tissues of light lambs given different maternal. *Animals* 10: 1813. <https://doi.org/10.3390/ani10101813>
- Santos V.A.C., Silva A.O., Cardoso J.V.F., Silvestre A.J.D., Silva S.R., Martins C., Azevedo J.M.T. (2007). Genotype and sex effects on carcass and meat quality of suckling kids protected by the PGI "Cabrito de Barroso." *Meat Science* 75(4): <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.003>
- Sanz-Sampelayo M.R., Hernández-Clua O.D., Naranjo J.A., Gil F., Boza J. (1990). Utilization of goat milk vs. milk replacer for Granadina goat kids. *Small Ruminant Research* 3: 37-46. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(90\)90029-6](https://doi.org/10.1016/0921-4488(90)90029-6)
- Sanz-Sampelayo M.R. (1993). Calidad de la canal y de la carne de los pequeños rumiantes. Análisis de la canal caprina como prototipo. Factores nutritivos que determinan su calidad. III Jornadas Científicas sobre "Alimentación Española". *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental* 5: 63-74.
- Sanz-Sampelayo M.R., Allegretti L., Gil Extremera F., Boza J. (2003). Growth, body composition and energy utilisation in pre-ruminant goat kids Effect of dry matter concentration in the milk replacer and animal age. *Small Ruminant Research* 49: 61-67. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00072-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00072-5)
- Sanz-Sampelayo M.R., Fernández J.R., Ramos E., Hermoso R., Gil F., Boza J. (2006) Effect of providing a polyunsaturated fatty acid-rich protected fat to lactating goats on growth and body composition of suckling goat kids. *Animal Science* 82: 337-344. <https://doi.org/10.1079/ASC200646>
- Sañudo C., Campo M.M., Muela E., Olleta J.L., Delfa R., Jiménez-Badillo R., Alcalde M.J., Horcada A., Oliveira I., Cilla I. (2012). Carcass characteristics and instrumental meat quality of suckling kids and lambs. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10(3): 690-700 <https://doi.org/10.5424/sjar/2012103-670-11>
- Storøy J., Thakur M., Olsen P. (2013). The Trace Food Framework. Principles and guidelines for implementing traceability in food value chains. *Journal of Food Engineering* 115: 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.018>
- Teixeira A., Jimenez-Badillo M.R., Rodrigues S. (2011). Effect of sex and carcass weight on carcass traits and meat quality in goat kids of Cabrito Transmontano. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(3): 753-76. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110903-248-10>
- Vacca G., Dettori M., Paschino P., Manca F., Puggioni O., Pazzola M. (2014). Productive traits and carcass characteristics of Sarda suckling kids. *Large Animal Review* 20: 169-173.
- Valvo M.A., Lanza M., Bella M., Fasone V., Scerra M., Biondi L., Priolo A. (2005). Effect of ewe feeding system (grass vs. concentrate) on intra-

- muscular fatty acids of lambs raised exclusively on maternal milk. *Animal Science* 81(3): 431-436. <https://doi.org/10.1079/ASC50480431>
- Vega F., Guzmán J.L., Delgado-Pertiñez M., Zaragoza L.A., Argüello A. (2013). Fatty acid composition of muscle and internal fat depots of organic and conventional Payoya goat kids. *Spanish Journal of Agricultural Research* 11: 759-769. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/20131113-3808>
- Vinnari M., Tapio P. (2009) Future images of meat consumption in 2030. *Futures* 41: 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2008.11.014>
- Yalcintan H., Akin P.D., Ozturk N., Ekiz B., Kocak O., Yılmaz A. (2018). Carcass and meat quality traits of Saanen goat kids reared under natural and artificial systems and slaughtered at different ages. *Acta Veterinaria Brno* 87: 293-300. <https://doi.org/10.2754/avb201887030293>
- Yang A., Tume R.K. (1993). A Comparison of beta-carotene-splitting activity isolated from intestinal mucosa of pasture-grazed sheep, goats and cattle. *Biochemistry and Molecular Biology International* 30: 209-217.
- Zurita-Herrera P., Delgado J.V., Argüello A., Camacho M.E., Germano R. (2013). Effects of three management systems on meat quality of dairy breed goat kids. *Journal of Applied Animal Research* 41: 173-182 <https://doi.org/10.1080/09712119.2012.739564>
- (Aceptado para publicación el 17 de octubre de 2023)