

itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Volumen 120

Número 1

Marzo 2024



aida-itea.org

2024- AÑO LV
Vol. 120 N.º 1
<http://dx.doi.org/10.12706/itea>

DIRECCIÓN Y REDACCIÓN
Avda. Montañana, 930
50059 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Tel.: 34-976 716305
Fax.: 34-976 716335
E-mail: direccion@aida-itea.org

Depósito legal: Z-577-82
ISSN: 2386-3765
Maquetación: Remedios Cordero

DIRECCIÓN:	Paula Gaspar, Universidad de Extremadura. España
EDICIÓN CIENTÍFICA:	José Manuel Alonso, CITA de Aragón. España Javier Álvarez, Universidad de Lleida. España Miguel Escribano, Universidad de Extremadura. España Gabriel Pardo, CITA de Aragón. España Ana Pina Sobrino, CITA de Aragón. España Helena Resano, IA2-Universidad de Zaragoza. España Guillermo Ripoll, CITA de Aragón. España Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España
EDICIÓN TÉCNICA:	María Salillas, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. España
COMITÉ DE REDACCIÓN:	Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España Azucena Gracia, CITA de Aragón. España M ^ª Engracia Guerra Velo, CICYTEX, Extremadura. España Sandra Lobón, CITA de Aragón. España María Teresa Maza, Universidad de Zaragoza. España José Manuel Mirás Avalos, MBG-CSIC de Galicia. España Daniel Villalba, Universidad de Lleida. España
COMITÉ ASESOR:	Ricardo Aké, Universidad Autónoma de Yucatán, México; Joaquín Aibar, Universidad de Zaragoza, España; Francisco Alcón, Universidad Politécnica de Cartagena, España; Ángeles Calatayud, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, España; Alba Cerisuelo, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, España; Kizkitza Insausti, Universidad Pública de Navarra, España; Ramón Isla, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, España; Jorge Lora, Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea, España; Ana Meikle, Universidad de la República, Uruguay; Francisco Javier Mesías, Universidad de Extremadura, España; Ana Olaizola, Universidad de Zaragoza, España; Raquel Sánchez Pérez, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC), España; Manuel Serradilla, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, España; Verónica Sierra, Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, España; Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal; Luis Varona, Universidad de Zaragoza, España.

ITEA-Información Técnica Económica Agraria aparece indexada en SCI Expanded, Journal Citation Reports/Science Editions, ICYT, CABI, SCOPUS y EBSCO. Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, Editor titular del copyright. ITEA no se responsabiliza necesariamente de las opiniones vertidas en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

<https://www.aida-itea.org/index.php/revista-itea/presentacion-itea>



Autor foto y texto: Alfonso Abecia

Imagen de la jornada de interacción entre el hombre y el burro zamorano-leonés, celebrada en Villalcampo, Zamora. Su propósito es promover y comercializar el atractivo del paisaje del arribanzo, los productos de alta calidad de la región y el burro en sí como un elemento con potencial turístico.

Sumario

Producción Vegetal

Cambios en la presencia de especies de oribátidos (*Acarina, Oribatida*) asociados a la fertilización con purín porcino en clima Mediterráneo seco.

Oribatid species under field slurry fertilization.

Haydée Cugno, Àngela D. Bosch-Serra, Jordi Orobítg, M. Rosa Yagüe y Francesc Domingo-Olivé

2

Producción Animal

Espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta para el control de calidad y trazabilidad de la carne de tenca (*Tinca tinca*).

Near infrared spectroscopy (NIRS) as a tool to guarantee traceability and quality control for tench.

Alberto Ortiz, César Fallola, Juana Labrador, José Martín-Gallardo, Pedro Rodríguez, Cristina Trenzado, Amalia Pérez-Jiménez, Susana García-Torres y David Tejerina

13

Manejo productivo y territorial de las ganaderías lecheras de Cantabria según el contenido de forraje en la dieta.

Productive and territorial management of dairy cattle farms in Cantabria, according to the grass-fed content in the diet

Francisca Ruiz-Escudero, Ibán Vázquez-González, Juan Busqué-Marcos y Ana Villar-Bonet

30

Importancia de la evaluación del espesor de grasa y de magro dorsal en cerdas hiperprolíficas.

Importance of assessing backfat thickness and loin depth with current hyperprolific sows.

María José Carrión-López, Silvia Martínez-Miró y Juan Orengo

51

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

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

Mercedes Roncero-Díaz, Begoña Panea, María de Guía Córdoba, Anastasio Argüello y María J. Alcalde

70

Economía Agraria

Atributos valorados por consumidores mexicanos sobre el queso enriquecido con harina de frijol: técnicas de decisión multicriterio.

Attributes valued by Mexican consumers about cheese enriched with bean flour: multicriteria decision techniques.

Rafael García-Vázquez, Blanca Isabel Sánchez-Toledano, Marco Andrés López-Santiago, Ramón Valdivia-Alcalá y Andrés Aurelio López-Santiago

93

Cambios en la presencia de especies de oribátidos (*Acarina*, *Oribatida*) asociados a la fertilización con purín porcino en clima Mediterráneo seco

Haydée Cugno¹, Àngela D. Bosch-Serra^{2,*}, Jordi Orobitg³, M. Rosa Yagüe² y Francesc Domingo-Olivé⁴

¹ Cátedras de Bioestadística I y II, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 299, Córdoba, Argentina

² Departamento de Química, Física, Ciencias Ambientales y del Suelo, Universidad de Lleida, Av. Alcalde Rovira Roure 191, E-25198 Lleida, España

³ Investigador independiente, Calle Església 14, E-08692, Puig-Reig, Barcelona, España

⁴ IRTA Mas Badia, Estación Experimental Agrícola Mas Badia. E-17134, La Tallada d'Empordà, Girona, España

Resumen

En sistemas agrícolas de secano, la sostenibilidad de las prácticas de fertilización con productos de origen orgánico requiere de indicadores que avalen su idoneidad. Los ácaros oribátidos, por su ciclo de vida y como transformadores de la materia orgánica, se presentan como potenciales indicadores biológicos. En este experimento se realiza un estudio de las especies de ácaros oribátidos presentes en un ensayo de fertilización (un tratamiento con purín porcino a la dosis de 161 kg N·ha⁻¹ y un control) establecido doce años antes. El experimento, bajo clima Mediterráneo seco, se implementó en secano y siguiendo una rotación de trigo-cebada. Se realizaron tres muestreos para la identificación de las especies de oribátidos presentes a lo largo del ciclo de la cebada (octubre, marzo y junio). Se identificaron cuatro especies, pero no hubo diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a los índices de diversidad o dominancia. No obstante, la mayor abundancia de oribátidos en las parcelas con aplicación de purín fue significativa, resultado que se asocia a un incremento significativo del número de individuos de *Oribatula* (*Zygoribatula*) *excavata*. La mayor presencia de esta especie, sin detrimento del resto de especies, puede considerarse un indicador favorable de la sostenibilidad de la práctica de fertilización adoptada. Ello avalaría la ausencia de impactos negativos en la salud del suelo cuando se aplican dosis de purines por debajo del umbral máximo de N (proveniente de fuentes orgánicas) establecido para zonas vulnerables.

Palabras clave: Bioindicadores, cereal de invierno, deyecciones ganaderas, índices de abundancia y dominancia.

* Autor para correspondencia: angela.bosch@udl.cat

Cita del artículo: Cugno H., Bosch-Serra À.D., Orobitg J., Yagüe M.R., Domingo-Olivé F. (2024). Cambios en la presencia de especies de oribátidos (*Acarina*, *Oribatida*) asociados a la fertilización con purín porcino en clima Mediterráneo seco. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 120(1): 2-12. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.022>



Oribatid species under field slurry fertilization

Abstract

In rainfed agricultural systems, the sustainability of fertilization practices with products of organic origin needs indicators that guarantee their suitability. Oribatid mites, because of their growth characteristics and their function as organic matter transformers, are potential biological indicators. A study on the presence of oribatid mite species in a fertilization experiment (a treatment with pig slurry at a dose of 161 kg N·ha⁻¹ and a control) was carried out. Under a dry Mediterranean climate, the experiment was established twelve years ago. It included a rotation of wheat-barley under rainfed conditions. During the barley's cropping season (October, March and June), three soil samples were taken for the identification of the number of individuals for the different oribatid species present. Four species were found, but there were no significant differences in diversity or dominance between treatments. However, a significantly higher abundance of oribatids was found in plots with slurry application, linked to a significant increment of *Oribatula (Zygoribatula) excavata*. The higher presence of this species, with no detriment to the rest, can be considered a positive indicator regarding the sustainability of this fertilization practice. In other words, it endorses the absence of negative impacts on soil health when the applied slurry rate was below the limit for N of organic origin established in N vulnerable zones.

Keywords: Bioindicators, diversity index, dominance index, livestock effluents, winter cereal.

Introducción

Los ácaros oribátidos son un grupo diverso de ácaros terrestres de pequeño tamaño, generalmente entre 200 y 800 µm (Erickson y Platt, 2013) que se localizan mayoritariamente en los horizontes superficiales del suelo (Siepel y de Ruyter-Dijkman, 1993). La variedad de sus hábitos alimentarios (macrofitófagos, microfitófagos y panfitófagos) influye en la descomposición de los residuos vegetales y de la materia orgánica en general, en la dinámica de nutrientes en el suelo y en la propia pedogénesis (Seniczak, 2021). También se caracterizan por su baja fecundidad, algunas especies pueden reproducirse por partenogénesis además de presentar anfigonía (Norton et al., 1993). Su desarrollo es lento, estimándose que el tiempo medio de huevo a adulto oscila de meses a dos años (Luxton, 1981), pero su vida adulta es relativamente larga (Gergócs y Hufnagel, 2009), llegando incluso a alcanzar ciclos de vida de siete años en climas fríos (Cannon y Block, 1988). Los oribátidos pueden clasificarse como sedentarios puesto que su velocidad me-

dia de desplazamiento se sitúa en 1 cm por día (Ojala y Huhta, 2001). El hecho de que su dispersión sea lenta favorece que la composición de la comunidad sea estable. Además, la falta de estructuras anatómicas específicas para dispersarse rápidamente (alas) implica que no puedan escapar fácilmente de impactos negativos o condiciones de estrés. Así pues, las características descritas permiten apuntar a los ácaros oribátidos como buenos bioindicadores de los cambios en las propiedades del suelo asociados a la actividad humana (Gergócs y Hufnagel, 2009; Queralt et al., 2014; Menta y Remelli, 2020).

En el ámbito de la sostenibilidad de los sistemas agrarios, la Política Agrícola Común (COM/2020/381 final) propone cambios en el manejo agrícola para lograr los objetivos del Pacto Verde (COM/2019/640 final). No obstante, los cambios hacia prácticas agrícolas sostenibles necesitan sustentarse en indicadores. Uno de los ámbitos de desarrollo de indicadores es el relacionado con el mantenimiento de la fertilidad del suelo, tanto física-química como biológica.

La hipótesis que se formula en esta investigación es que la utilización de purín porcino no tratado con desinfectantes (fungicidas o bactericidas), a la dosis máxima establecida ($<170 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) para zonas vulnerables a la contaminación de las aguas subterráneas por la presencia de nitratos (Council Directive 91/676/EEC; Real Decreto 47/2022), favorece tanto la abundancia como la diversidad de especies de ácaros oribátidos. El objetivo final del trabajo es establecer qué especies de oribátidos pueden ser indicadoras de la aplicación sostenible de purines y, en consecuencia, su presencia pueda ser introducida en el grupo de índices de buenas prácticas.

Material y métodos

Ubicación y características del experimento

El experimento se estableció en 2001 en la Tallada d'Empordà, provincia de Girona ($42^{\circ} 03' 15'' \text{ N}$, $03^{\circ} 03' 46'' \text{ E}$), a una altitud de 17 m s.n.m. El suelo se clasificó como Oxyaquic Xerofluvent (Soil Survey Staff, 2014). El horizonte cultivado (0-0,3 m) presenta una textura franca (clasificación USDA) con porcentajes de arena, limo y arcilla del 45,8 %, 41,3 % y 12,9 %, respectivamente. El horizonte superficial se caracteriza por un pH básico (8,4; 1:2,5 suelo:agua), ser no salino (conductividad eléctrica 1:5 suelo:agua de $0,18 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ a 25°C), contener un 13 % de carbonato cálcico equivalente y un 1 % de materia orgánica (Walkley-Black). Según la clasificación de Papadakis (MAPA, 1989) el clima es mediterráneo seco. Los valores medios anuales de evapotranspiración de referencia (FAO Penman-Monteith; Allen et al., 1998), precipitación y temperatura media (periodo 1993-2021) fueron de 974 mm, 649 mm y $15,8^{\circ} \text{C}$, respectivamente.

Durante un periodo de doce años, se mantuvo una rotación de cereales de invierno: cebada (*Hordeum vulgare* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.), bajo condiciones de secano, sin

riego. En la campaña 2013-2014, se sembró cebada (variedad 'Cristalia') el 16 de diciembre y se cosechó el 23 de julio. El tratamiento histórico de fertilización nitrogenada consistía en la aplicación de purín porcino antes de la siembra y un tratamiento control sin aplicación de N. En la campaña 2013-2014 la aplicación de fertilizante se realizó el 25 de octubre de 2013. El tratamiento control recibió $34,9 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ en forma de superfosfato cálcico (18 % P_2O_5) y $120,8 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ en forma de sulfato potásico (50 % K_2O). El tratamiento con purín de cerdo de engorde ($26,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) equivalía a $161 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (108 kg de N-NH_4^+ y 53 kg de N-orgánico), complementándose con $37,5 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ en forma de sulfato potásico. El purín porcino presentaba un contenido en materia seca del 7,7 % y los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio sobre materia seca eran del 70,1 %, 7,8 %, 3,4 % y 3,9 %, respectivamente. El diseño experimental fue en bloques al azar con dos repeticiones. El tamaño de cada una de las parcelas era de $37,5 \text{ m}^2$ ($3 \text{ m} \times 12,5 \text{ m}$). Tras la aplicación de fertilizantes, éstos se enterraron con un rotovator.

Muestreo e identificación de especies de oribátidos

En la campaña 2013-14, se muestreó el 7 de octubre de 2013, el 12 de marzo de 2014 y el 19 de junio de 2014. En cada parcela se obtuvo una muestra compuesta de tres puntos con un volumen total de suelo equivalente a $141,4 \text{ cm}^3$ (profundidad de muestreo de 5 cm). Los oribátidos se extrajeron durante un período de siete días (mediante un embudo Berlese-Tüllgren) y se almacenaron en etanol (al 70 %, v/v). Los extractores iban asociados a bombillas incandescentes de 25 watts. Los oribátidos adultos se contaron para cuantificar la abundancia ($\text{individuos}\cdot\text{m}^{-2}$). Se identificaron con el microscopio, modelo Olympus BX51 (Evident, Tokio, Japón), a nivel de especie y utilizando las claves de Pé-

rez-Íñigo (1993 y 1997), Subías y Arillo (2001) y Weigmann (2006). Se aplicó la ordenación sistemática de Subías y Shtanchaeva (2023). La especie *Tectocepheus velatus sarekensis* Trägårdh, 1910 constituyó una excepción en la clasificación ya que se siguió el criterio del análisis filogenético de Laumann et al. (2007) para clasificarlo como *Tectocepheus sarekensis*. Como índice de diversidad se utilizó el índice de Shannon (H ; Krebs, 1999)

expresado como $H' = -\sum p_i \ln(p_i)$, donde p_i representa el número de individuos de una especie respecto al número total de individuos de una muestra. La dominancia (d) se obtuvo a partir del índice de Berger-Parker (Berger y Parker, 1970; Caruso et al., 2007) calculándose, para cada muestra, como cociente entre el número de individuos de la especie más abundante respecto al total de individuos.

Los individuos en estadio juvenil no se identificaron ni fueron incluidos en los análisis estadísticos porque con frecuencia no se pueden determinar a nivel de especie (Coleman et al., 2018), y también porque, al estudiar las muestras, su proporción era despreciable.

Análisis Estadístico

Para todos los análisis se empleó software R (R Core Development Team, 2016). La abundancia se analizó mediante un modelo lineal generalizado mixto. El tratamiento fue considerado fijo, mientras que la combinación tiempo-bloque, se consideró aleatoria. Para el cumplimiento de las premisas estadísticas, se asumió una distribución Gamma con un enlace "Log", utilizándose la librería de glmmTMB de R.

En el análisis del índice de Shannon y de la dominancia, se emplearon modelos lineales mixtos. El mejor modelo según el modelo de información de Akaike (AIC), fue el que definió como fijo al tratamiento de fertilización y como aleatorio el tiempo y el bloque. Se emplearon las librerías lme4 y lmerTest de R.

Se calculó la correlación interclase (CCI) para estas variables. La CCI mide la correlación entre los puntos o muestras de una misma parcela y, cuanto más alta sea, indica que las mediciones dentro de una misma parcela son muy similares y por lo tanto la variación viene dada principalmente por los tratamientos.

Para analizar la variable conteo de individuos en cada especie se utilizó el modelo lineal generalizado mixto con distribución binomial negativa y función de enlace "Log". Dicho modelo fue elegido debido a que la base de datos presentaba una marcada sobredispersión que es característica de bases de datos tipo "ZIP" (zero-inflated Poisson). Se utilizó la librería glmmTMB (Brooks et al., 2017) de R. Los efectos fijos del modelo fueron el tratamiento, la especie y la interacción tratamiento con especie, y los efectos aleatorios fueron el tiempo y el bloque. Se utilizó el test de Wald chi-cuadrado en donde el cuadrado de la diferencia se compara con una distribución de chi-cuadrado. Las diferencias de la interacción tratamiento con especie se analizaron mediante el test de Tukey utilizando la escala logarítmica.

Resultados

Las producciones en grano (peso seco) alcanzaron los 2.382 kg·ha⁻¹ en el tratamiento control y fueron significativamente superiores (6.262 kg·ha⁻¹) en el tratamiento con purines.

En total, se identificaron 214 individuos adultos de oribátidos pertenecientes a seis especies distintas. Se incluyeron en el análisis estadístico cuatro de ellas: *Epilohmannia cylindrica cylindrica* (Berlese, 1904); *Oribatula (Zygorbatus) excavata* Berlese, 1916; *Tectocepheus sarekensis* Trägårdh, 1910 y *Zetomimus (Protozetomimus) acutirostris* (Mihelčič, 1957). Se descartaron para el estudio, por considerarse una contaminación o rareza dos espe-

cies: la especie *Galumna (Galumna) tarsipennata* Oudemans, 1914 ya que solo se identificó, en el primer muestreo, un individuo en una parcela del tratamiento control, y la especie *Pseudotectoribates subsimilis subsimilis* (Mihelčič, 1956) de la que solo se encontraron tres individuos, en el primer muestreo, y en una parcela del tratamiento con purín.

En relación con las especies identificadas, el índice de diversidad (Shannon) no difirió significativamente entre tratamientos (Tabla 1) con un valor promedio de 0,6 para el control y de 1,0 cuando se aplican purines. Tampoco hubo diferencias significativas (Tabla 1) en los valores de dominancia (promedio de 0,8 para el control y de 0,5 cuando se aplican purines). Del estudio de los componentes de la varianza aportados por los componentes aleatorios, se pudo calcular la correlación intraclase (CCI) para estas variables. El 13 % de la variación en H y el 15 % de la variación en d está aportada por la variación de las medidas entre los meses sometidos a un determinado tratamiento. El 85 % y el 87 % restante en H y en d , respectivamente, están aportados por la variación entre las parcelas del mismo mes y bloque (Tabla 1).

La aplicación de purines favoreció la abundancia de oribátidos (Tabla 1; Figuras 1 y 2). En las parcelas con la aplicación de purines, el valor medio en abundancia alcanzó los 7.569 individuos·m⁻² mientras que en el control la media se situó en 1.485 individuos·m⁻². El 50 % de la variación en los valores de abundancia se aportó por la variación de las medidas entre los meses y bloques sometidos a un determinado tratamiento. El 50 % restante se aportó por la variación entre las parcelas del mismo mes y bloque (Tabla 1).

En el conteo del número de individuos, la interacción del tratamiento y las especies identificadas fue significativa (Tabla 2). La combinación de la aplicación del purín con la especie *O. excavata* difirió del resto de combinaciones (excepto para la presencia de *Z.*

Tabla 1. Análisis mediante un modelo generalizado mixto del efecto del tratamiento de fertilización sobre las variables: abundancia de oribátidos, índice de diversidad de Shannon y dominancia¹. Se presenta también el valor de la correlación intraclase (CCI).
Table 1. Analysis of the effect of a fertilization treatment on oribatid mite abundance, Shannon index of diversity and dominance¹ through a generalised mixed model procedure. The intraclass correlation coefficient (CCI) is also shown.

Variables	Abundancia			Índice de Shannon (H')			Dominancia (d)		
	E	EE	P	E	EE	P	E	EE	P
Componentes fijas									
Intercepto	7,2528	0,4535	<2e ⁻¹⁶	1,0474	0,1500	0,0002	0,5503	0,0936	0,0027
Tratamiento	1,6634	0,4760	0,0005	-0,4321	0,1974	0,0803	0,2379	0,1150	0,0820
Componente aleatorio									
σ^2_e	0,3638			0,0975			0,0331		
$\sigma^2_{\text{tiempo/bloque}}$	0,3742			0,0151			0,0061		
CCI	0,50			0,13			0,15		

¹ Para cada componente fijo se indica el valor estimado (E), el error estándar (EE) y la probabilidad (P).

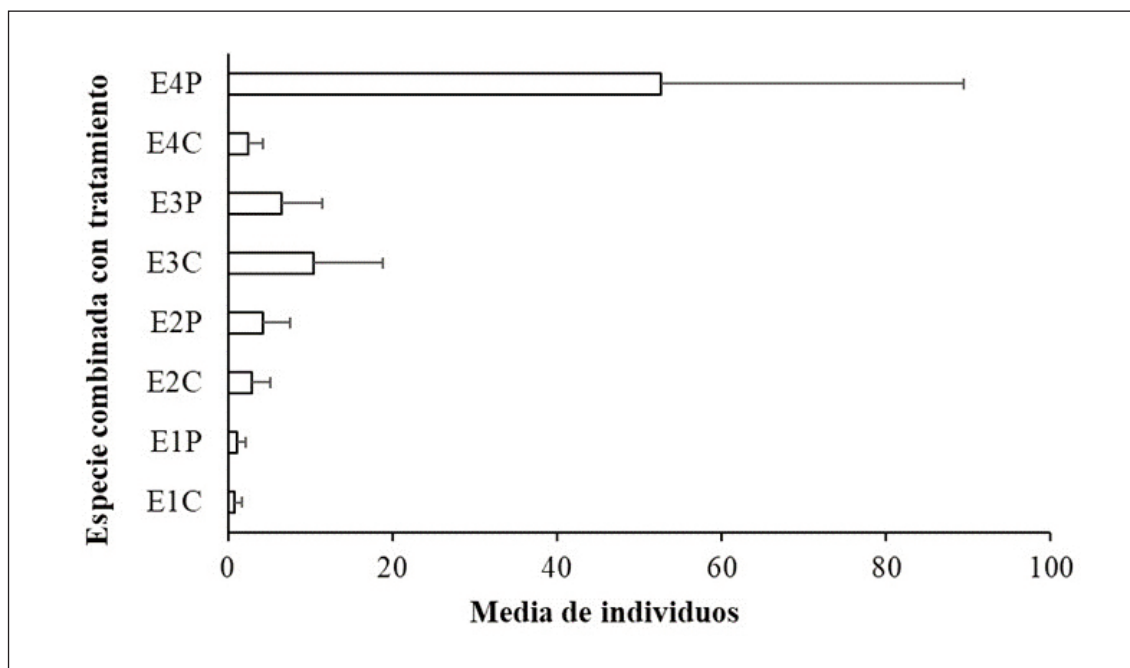


Figura 1. Media de individuos (en 141,4 cm³, profundidad de 5 cm) por muestreo y para cada especie (E1, E2, E3 y E4) en combinación con cada tratamiento de fertilización (C: control; P: purín porcino). Las siglas de las especies corresponden a: E1, *Epilohmannia cylindrica cylindrica*; E2, *Tectocepheus sarekensis*; E3, *Zetomimus (Protozetomimus) acutirostris*; E4, *Oribatula (Zygoribatula) excavata*. Las líneas sobre las columnas se asocian al error estándar.

Figure 1. Average individuals (in 141,4 cm³, 5 cm depth) at the different samplings for each species (E1, E2, E3 and E4) and combined with both fertilization treatments (C: control; P: pig slurry). The initials of the species belong to: E1, *Epilohmannia cylindrica cylindrica*; E2, *Tectocepheus sarekensis*; E3, *Zetomimus (Protozetomimus) acutirostris*; E4, *Oribatula (Zygoribatula) excavata*. The lines over the columns represent the standard error.

Tabla 2. Análisis del conteo de individuos para cada especie de oribátidos y tratamiento de fertilización según la prueba de Wald Chi-cuadrado.

Table 2. Analysis of deviance for the number of individuals belonging to different oribatid' species and fertilization treatment (Type II Wald Chi-square tests).

	Chi-cuadrado(Chiq)	Grados de libertad	P (>Chiq)
Tratamiento	10.033	1	0,001538
Especie	37.419	3	3,75e ⁻⁰⁵
Tratamiento × Especie	21.434	3	8,55e ⁻⁰²

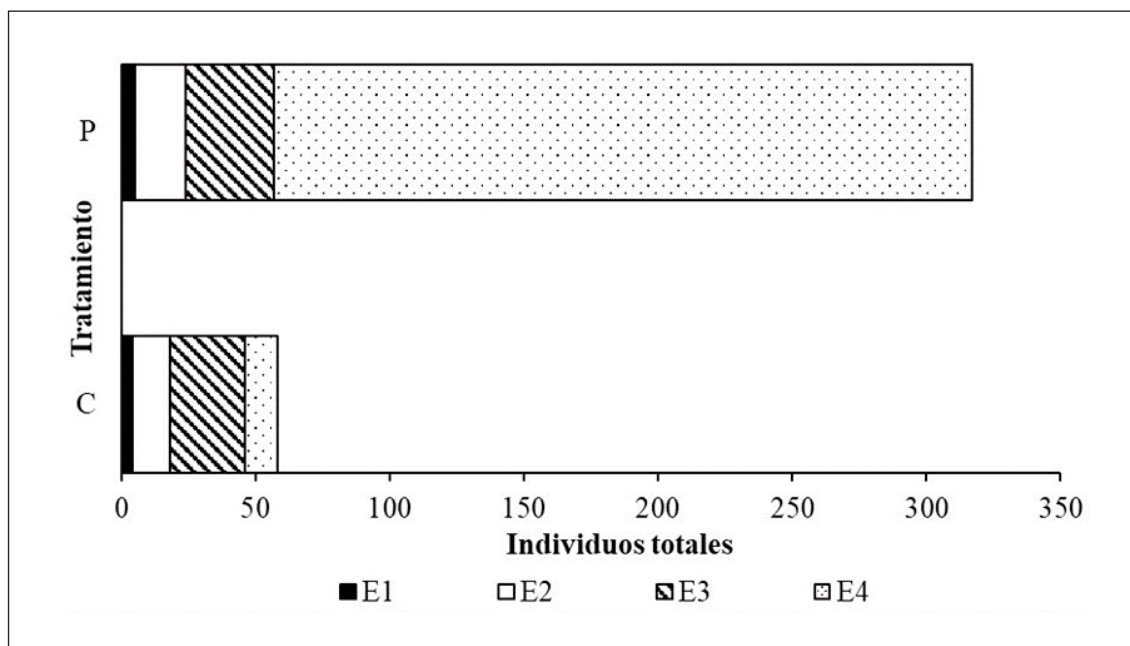


Figura 2. Número total de individuos identificados (suma de tres muestreos) de las distintas especies (E1, E2, E3 y E4) asociadas a los dos tratamientos de fertilización: control (C) y aplicación de purín porcino (P). Las siglas de las especies corresponden a: E1, *Epilohmannia cylindrica cylindrica*; E2, *Tectocepheus sarekensis*; E3, *Zetomimus (Protozetomimus) acutirostris*; E4, *Oribatula (Zygoribatula) excavata*.

Figure 2. Number of individuals for each species (E1, E2, E3 and E4) and according to the fertilization treatment: control (C) and pig slurry application (P). The initials of the species belong to: E1, *Epilohmannia cylindrica cylindrica*; E2, *Tectocepheus sarekensis*; E3, *Zetomimus (Protozetomimus) acutirostris*; E4, *Oribatula (Zygoribatula) excavata*.

acutirostris en el tratamiento control). Se contabilizó un mayor número de individuos de *O. excavata* cuando se habían realizado aplicaciones de purín porcino (Tabla 3; Figura 1).

Discusión

En zonas cultivadas la presencia de especies distintas de oribátidos disminuye en comparación con zonas no cultivadas o de bosque bajo las mismas condiciones climáticas, lo que es también observable en sistemas Mediterráneos de zonas semiáridas (Bosch-Serra et al., 2014). No obstante, el número de espe-

cies descritas en esta investigación es inferior (4 especies vs. 6 especies) a las encontradas en un experimento similar y próximo (Bosch-Serra et al., 2023) pero bajo cultivo de colza (*Brassica napus* var. *napus*). Entre las especies identificadas, dos de ellas podrían descartarse como indicadoras de las prácticas de fertilización. Así, *Tectocepheus sarekensis* se considera una especie capaz de adaptarse a una gran diversidad de ambientes (Coleman et al., 2018) y *Epilohmannia cylindrica cylindrica* se suele asociar preferentemente a zonas de pastos e incluso de bosques (Rockett, 1986). *Zetomimus (Protozetomimus) acutirostris* podría ser indicador de situaciones de estrés (Feketeová et al., 2021) pero en este

Tabla 3. Contrastes¹ entre las especies (E1, E2, E3, E4)² presentes en los tratamientos³ control (C) y en la aplicación de purines (P).

Table 3. Results of the contrasts between the species (E1, E2, E3, E4)² found in the control treatment (C) and in the slurry application (P)³.

	E2C	E3C	E4C	E1P	E2P	E3P	E4P
E1C	0,7569	0,0846	0,8754	1,0000	0,4244	0,1608	0,0001
E2C		0,5602	1,0000	0,8878	0,9975	0,8610	0,0004
E3C			0,4408	0,1274	0,8547	0,9961	0,1977
E4C				0,9602	0,9815	0,7262	0,0002
E1P					0,5721	0,2381	0,0001
E2P						0,9954	0,0014
E3P							0,0089

¹ Para el ajuste del valor de probabilidad en la comparación de cada uno de los ocho grupos (especie+tratamiento de fertilización) se utilizó el método de Tukey. La prueba se ha realizado sobre una escala logarítmica. Se remarcan con letra en negrita los contrastes significativos.

² E1: *Epilohmannia cylindrica cylindrica*; E2: *Tectocephus sarekensis*; E3: *Zetomimus (Protozetomimus) acutirostris*; E4: *Oribatula (Zygoribatula) excavata*.

³ C: sin purín; P: purín aplicado en siembra a dosis de 161 kg N ha⁻¹.

experimento su presencia no es relevante. Por otro lado, las referencias citadas (Bosch-Serra et al., 2014 y 2023) coinciden en señalar a la cuarta especie, *Oribatula (Zygoribatula) excavata* (*O. excavata*), como la especie característica de sistemas agrícolas mediterráneos de secano en donde se han aplicado purines, siempre que no se sobrepase en una única aplicación la dosis de 210 kg N·ha⁻¹·año⁻¹ (Bosch-Serra et al., 2014), umbral que no se supera en este estudio. La presencia de *O. excavata*, ligada a la aplicación de purines, no se puede generalizar ya que no siempre está presente cuando se aplican purines debido a la gran importancia que tienen las distintas zonas bioclimáticas (Dirilgen et al., 2016) sobre el tipo de comunidad de ácaros presente. Otro motivo de su ausencia tras la aplicación de purines puede ir ligado a los tratamientos con desinfectantes (fungicidas o bactericidas) que previamente hayan po-

dido recibir los purines, lo que hace disminuir la presencia de oribátidos en general e incluso las producciones de forraje según las dosis empleadas (Wasińska-Graczyk et al., 2009). Por otra parte, en áreas mineras del noroeste de Irán, con suelos contaminados por Zn, Cu y Cd, *O. excavata* aparece como la especie predominante (Jamshidian et al., 2015). Cabe señalar que los purines de cerdo son ricos en Cu y Zn puesto que éstos se añaden como suplementos en la alimentación y, al ser baja su retención en los animales, pasan mayoritariamente a los purines (Gourlez et al., 2022). Por tanto, con independencia del tipo de materia orgánica añadido en forma de purines, *O. excavata* toleraría la aplicación elevada de Cu y Zn que puede ir asociada a los purines de cerdo (Martínez et al., 2020). Esta predominio de *O. excavata* no supone una disminución significativa de los valores de diversidad, ni de dominancia. Los sistemas

bajo estrés se caracterizan por una pérdida de diversidad, de manera que hay una sustitución de las especies más sensibles por las más tolerantes, las cuales llegan a dominar a la comunidad (Odum, 1985). En este experimento no existe una disminución del número de especies, ni del número de individuos asociado a cada una de ellas (Figuras 1 y 2), excepto para *O. excavata* en donde la adición de purines favorece su presencia (Figura 2). Este mantenimiento de la diversidad respecto al control puede asociarse al mantenimiento de la calidad del suelo (van Straalen, 2004) en el tratamiento con purines.

Conclusiones

La aplicación de purines de cerdo, a dosis de N establecidas en zonas vulnerables a la contaminación de nitratos ($<170 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$), permite mantener en las parcelas experimentales la diversidad de oribátidos, diversidad que parece ser propia de sistemas agrícolas mediterráneos de secano. Uno de los indicadores de la sostenibilidad de esta práctica de fertilización con purín porcino es el incremento de la presencia de *Oribatula (Zygoribatula) excavata*, sin detrimento de la presencia de otras especies, por lo que esta especie se podría relacionar con la transformación de la materia orgánica aportada en esta deyección ganadera.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Sílvia Porras su apoyo en las actividades de laboratorio, a M. Gabriela Molina sus comentarios sobre el texto y a Montserrat M. Boixadera Bosch su apoyo en la edición. Este estudio ha sido cofinanciado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria – INIA (proyecto RTA2017-88-C3-03) y por el

gobierno de la Generalitat de Catalunya dentro del Plan para la mejora de la fertilización del Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural.

Referencias bibliográficas

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., Ab W. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm>. (Consultado: 12 octubre 2023).
- Berger W.H., Parker F.L. (1970). Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Science* 168: 1345-1347. <https://doi.org/10.1126/science.168.3937.1345>.
- Bosch-Serra À.D., Padró R., Boixadera-Bosch R.R., Orobítg J., Yagüe M.R. (2014). Tillage and slurry over-fertilization affect oribatid mite communities in a semiarid Mediterranean environment. *Applied Soil Ecology* 84: 124-139. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.06.010>.
- Bosch-Serra À.D., Molina M.G., González-Llinàs E., Boixadera-Bosch R.R., Martínez B., Orobítg J., Mateo-Marín N., Domingo-Olivé F. (2023). Oribatid mites in different Mediterranean crop rotations fertilized with animal droppings. *Experimental and Applied Acarology* 90: 185-202. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00812-4>.
- Brooks M.E., Kristensen K., van Benthem K.J., Magnusson A., Berg C.W., Nielsen A., Skaug H., Machler M., Bolker B.M. (2017). glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R journal* 9: 378-400. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000240890>.
- Cannon R.J.C., Block W. (1988). Cold tolerance of microarthropods. *Biological Reviews* 63: 23-77. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1988.tb00468.x>.
- Caruso T., Pigino G., Bernini F., Bargagli R., Migliorini M. (2007). The Berger-Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterra-

- nean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages. *Biodiversity and Conservation* 16: 3277-3285. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9137-3>.
- Coleman D.C., Callaham Jr M.A., Crossley Jr D.A. (2018). Soil biodiversity and linkages to soil processes. En: *Fundamentals of Soil Ecology*, 3^a ed. (Ed. Coleman D.C., Callaham M.A., Crossley Jr D.A.), pp. 233-253. Elsevier, Ámsterdam, Países Bajos. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805251-8.00007-7>.
- COM/2019/640 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las regiones: El Pacto Verde Europeo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:52019DC0640> (Consultado: 12 octubre 2023).
- COM/2020/381 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las regiones: Estrategia «de la granja a la mesa» para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381> (Consultado: 12 octubre 2023).
- Council directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. *Official Journal of the European Communities*, L375, de 31 de diciembre de 1991, pp. 1-8.
- Dirilgen T., Arroyo J., Dimmers W.J., Faber J., Stone D., Martins da Silva P., Carvalho F., Schmelz R., Griffiths B.S., Francisco R., Creamer R.E., Sousa J.P., Bolger T. (2016). Mite community composition across a European transect and its relationships to variation in other components of soil biodiversity. *Applied Soil Ecology* 97: 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.06.008>.
- Erickson J.M., Platt Jr R.B. (2013). Oribatid mites. En: *Encyclopedia of Quaternary Science*. 2^a ed. (Ed. Elias S.A., Mock C.J.), pp. 679-688. Elsevier, Ámsterdam, Países Bajos. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3.00276-4>.
- Feketeová Z., Mangová B., Čierniková M. (2021). The soil chemical properties influencing the Oribatid mite (Acari; Oribatida) abundance and diversity in coal ash basin vicinage. *Applied Sciences* 11: 3537. <https://doi.org/10.3390/app11083537>.
- Gergócs V., Hufnagel L. (2009). Application of oribatid mites as indicators (review). *Applied Ecology and Environmental Research* 7: 79-98. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/0701_079098.
- Gourlez E., Béline F., Dourmad J.Y., Monteiro A., de Quelen F. (2022). Rôle et impact environnemental du cuivre et du zinc en élevage porcin: de l'alimentation au retour au sol des effluents. *INRAE Productions Animales* 35: 91-108. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2022.35.2.7073>.
- Jamshidian M.K., Saboori A., Akrami M.A., van Straalen N.M. (2015). Oribatid mite communities in contaminated soils nearby a lead and zinc smelting plant in Zanjan, Iran. *Systematic and Applied Acarology* 20: 251-262. <https://doi.org/10.11158/saa.20.3.3>.
- Krebs C.J. (1999). *Ecological methodology*, 2^a ed. Benjamin Cummings, Menlo Park, CA, EEUU. 620 pp.
- Laumann M., Norton R.A., Weigmann G., Scheu S., Maraun M., Heethoff M. (2007). Speciation in the parthenogenetic oribatid mite genus *Tectocephus* (Acari, Oribatida) as indicated by molecular phylogeny. *Pedobiologia* 51: 111-122. <https://doi.org/10.1016/J.PEDOBI.2007.02.001>.
- Luxton M. (1981). Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. IV. Developmental biology. *Pedobiologia* 21: 312-340.
- MAPA (1989). Caracterización agroclimática de la provincia de Gerona. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/2851_all.pdf. (Consultado: 8 julio 2023).
- Martínez E., Maresma A., Biau A., Berenguer P., Cela S., Santiveri F., Michelena A., Lloveras J. (2020). Long-term effects of liquid swine manure on soil organic carbon and Cu/Zn levels in soil and maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 118: 193-205. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10093-7>.

- Menta C., Remelli S. (2020). Soil health and arthropods: from complex system to worthwhile investigation. *Insects* 11: 54. <https://doi.org/10.3390/insects11010054>.
- Norton R.A., Kethley J.B., Johnston D.E., O'Connor B.M. (1993). Phylogenetic perspectives on genetic systems and reproductive modes of mites. En: *Evolution and Diversity of Sex Ratio in Insects and Mites* (Ed. Wrensch D., Ebbert M.A.), pp. 8-99. Chapman & Hall, Nueva York, EEUU.
- Odum E.P. (1985). Trends expected in stressed ecosystems. *Bioscience* 35: 419-422. <https://doi.org/10.2307/1310021>.
- Ojala R., Huhta V. (2001). Dispersal of microarthropods in forest soil. *Pedobiologia* 45: 443-450. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00098>.
- Pérez-Íñigo C. (1993). Acari, Oribatei, Poronota. En: *Fauna Ibérica*, vol. 3 (Ed. Ramos M.A.), pp. 1-316. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, España.
- Pérez-Íñigo C. (1997). Acari, Oribatei, Gymnonota I. En: *Fauna Ibérica*, vol. 9 (Ed. Ramos M.A.), pp. 1-373. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, España.
- Queralt M., Moraza M.L., de Miguel A.M. (2014). Preliminary study of the mite community structure in different black truffle producing soils. *Forest Systems* 23: 339-348. <https://doi.org/10.5424/fs/2014232-04906>.
- R Core Development Team (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria.
- Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 17, de 20 de enero de 2022, pp. 5664-5684.
- Rockett L.C. (1986). Agricultural impact on the horizontal distribution of oribatid mites (acari: oribatida). *International Journal of Acarology* 12: 175-180. <https://doi.org/10.1080/01647958608683461>.
- Seniczak A. (2021). Oribatid mites (Hornmidd). Disponible en: <https://www.artsdatabanken.no/Pages/299644> (Consultado: 10 julio 2023).
- Siepel H., de Ruiter-Dijkman E.M. (1993). Feeding guilds of oribatid mites based on their carbohydrase activities. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 1491-1497. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90004-U](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90004-U).
- Soil Survey Staff (2014). *Claves para la taxonomía de suelos*, 12ª ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, EEUU.
- Subías L.S., Arillo A. (2001). Acari, Oribatei, Gymnonota II. En: *Fauna Ibérica*, vol. 15 (Ed. Ramos M.A.), pp. 1-289. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, España.
- Subías L.S., Shtanchaeva U.Y. (2023). Claves de familias, géneros y subgéneros de ácaros oribátidos del mundo (Acari, Oribatida). *Monografías electrónicas. Sociedad Entomológica Aragonesa* 13: 1-289. http://sea-entomologia.org/MeSEA13_2023.pdf.
- van Straalen N.M. (2004). The use of invertebrates in ecological surveys of contaminated soils. En: *Vital soil: Function, value and properties* (Ed. Doelman P., Eijackers H.J.P.), pp. 130-159. Elsevier, Ámsterdam, Países Bajos.
- Wasińska-Graczyk B., Seniczak S., Graczyk R. (2009). Effects of liquid pig manure fertilization on the density and species structure of Oribatida (Acari) and green forage yield in a lowland meadow in Poland. *Biological Letters* 46: 57-62. <https://doi.org/10.2478/v10120-009-0001-5>.
- Weigmann G. (2006). *Hornmilben (Oribatida)*. Verlag Goecke & Evers, Keltern, Alemania. 520 pp.
- (Aceptado para publicación el 7 de noviembre de 2023)

Espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta para el control de calidad y trazabilidad de la carne de tenca (*Tinca tinca*)

Alberto Ortiz^{1,*}, César Fallola², Juana Labrador³, José Martín-Gallardo³, Pedro Rodríguez⁴, Cristina Trenzado⁵, Amalia Pérez-Jiménez⁶, Susana García-Torres¹ y David Tejerina¹

¹ Área de Calidad de carnes, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX-La Orden), Junta de Extremadura, Guadajira, Badajoz, Autovía A5. km 372, 06187 Guadajira, Badajoz, España.

² Centro de Acuicultura Vegas del Gadiana, Villafranco del Gadiana, Badajoz, España.

³ Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.

⁴ Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España.

⁵ Departamento de Biología Celular, Universidad de Granada, Granada, España.

⁶ Departamento de Zoología, Universidad de Granada, Granada, España.

Resumen

La composición nutricional de la dieta afecta directamente a la calidad final de la carne de tenca (*Tinca tinca* L.). Así, en los últimos años se ha apostado por sustituir el componente proteico de los piensos por alternativas vegetales más sostenibles. El diseño experimental del cual deriva este estudio consistió en sustituciones de harina de pescado ecológica por diferentes porcentajes de harina de soja ecológica y harina de soja pregerminada. Por tanto, el objetivo fue evaluar la capacidad de la tecnología espectroscópica de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) por reflectancia para la clasificación de la carne de tenca de acuerdo al tipo de dieta empleada y la cuantificación de los principales parámetros nutricionales. Se utilizaron diferentes pre-tratamientos espectrales previo a las regresiones por mínimos cuadrados parciales para predicciones cualitativas (PLS-DA) y cuantitativas (PLSR). El mejor modelo PLS-DA mostró una precisión para la clasificación del 97,5 % en validación cruzada; mientras que el mejor modelo PLSR mostró una buena capacidad predictiva para la materia seca (g/100 g), grasa (g/100 g Materia seca), y γ -tocoferol (mg/g materia seca) ($0,689 \leq R^2_{vc} \leq 0,804$), sugiriendo la posibilidad de realizar un control rápido e *in situ* de la trazabilidad y calidad de la carne de tenca mediante la tecnología NIRS.

Palabras clave: NIRS, PLS-DA, PLSR, tenca, control de calidad, predicción de antioxidantes.

* Autor para correspondencia: alberto.ortiz@juntaex.es

Cita del artículo: Ortiz A., Fallola C., Labrador J., Martín-Gallardo J., Rodríguez P., Trenzado C., Pérez-Jiménez A., García-Torres S., Tejerina D. (2024). Espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta para el control de calidad y trazabilidad de la carne de tenca (*Tinca tinca*). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 120(1): 13-29. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.014>



Near infrared spectroscopy (NIRS) as a tool to guarantee traceability and quality control for tench

Abstract

The nutritional composition of the diet directly affects the final quality of tench meat (*Tinca tinca* L.). Thus, in recent years there has been a commitment to replace the protein component of feed with more sustainable vegetable alternatives. The experimental design from which this study is derived consisted of substituting organic fish meal with different percentages of organic soybean meal and pregerminated soybean meal. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential of Near infrared spectroscopy (NIRS) in categorizing tench according to the feed they received during its fattening phase and the quantification of the main nutritional parameters. Different spectral pretreatments were used previous to the partial least squares regressions for qualitative (PLS-DA) and quantitative (PLSR) predictions. The best PLS-DA model showed an accuracy for classification of 97.5 % in cross-validation; while the best PLSR model showed a good predictive capacity for dry matter (g/100 g), fat (g/100 g Dry Matter), and γ -tocopherol (mg/g dry matter) ($0.689 \leq R^2_{vc} \leq 0.804$), suggesting the possibility of performing a rapid and *in situ* control of the traceability and quality of tench meat by means of NIRS technology.

Keywords: NIRS, PLS-DA, PLSR, farmed tench, quality control, antioxidants prediction.

Introducción

La industria de la acuicultura intensiva es uno de los sectores productivos de mayor crecimiento en los últimos años (FAO, 2018). De hecho, la producción acuícola actual excede la pesca de captura (Tacon, 2020). Dentro de la producción acuícola, la producción de peces representa el mayor grupo de especies (47,7 % del total de la acuicultura; FAO, 2018), de la cual, carpas y ciprínidos de agua dulce superan el 53 % de la producción pesquera total.

Dentro de las especies de ciprínidos, la tenca (*Tinca tinca*, Linnaeus 1758) presenta un gran potencial para la diversificación de la producción acuícola y para la economía rural. Y es que, aunque esta especie ha estado tradicionalmente ligada a sistemas agroganaderos tales como la dehesa, estudios recientes han señalado sus buenos índices productivos así como su adaptabilidad a sistemas intensivos sin detrimento de su bienestar (Pula et al., 2018). Sin embargo, el mayor desafío para la producción intensiva de la tenca lo constituye su alimentación, puesto que actualmente, no existen piensos en el mercado formulados específicamente para esta espe-

cie. Las opciones actuales están basadas en harina y aceite de pescado, las cuales han sido ampliamente descritas como insostenibles (Silva et al., 2010). Es por ello que los últimos estudios han explorado la utilización de materias primas alternativas al pescado tales como insectos (Fabrikov et al., 2021), plumas (González-Rodríguez et al., 2014) o soja (García et al., 2015), con el objetivo de contribuir al crecimiento sostenible de la acuicultura. Esta última, podría constituir una fuente adecuada de proteínas para las dietas de acuicultura, con un gran aporte de antioxidantes, especialmente tras la germinación de las semillas (Kim et al., 2013), lo que podría mejorar el perfil nutricional de los productos derivados. En este contexto, resulta de interés el posible efecto que la dieta pueda ejercer sobre la composición final y por tanto la calidad de la carne de pescado, ya que de ello dependerá su valor de mercado. Se hace por tanto necesario controlar la trazabilidad y calidad de los productos finales desde su origen hasta el consumidor final.

La tecnología de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) ha sido utilizada en los últimos años para asegurar la trazabilidad y calidad en carne (Horcada et

al., 2020) y productos cárnicos (Fernández-Cabanás et al., 2011; Zamora-Rojas et al., 2013; Tejerina et al., 2021), consolidándose como un método de control de calidad para dar confianza a proveedores y consumidores en matrices cárnicas. Por el contrario, su aplicación en matrices de carne de pescado ha sido mucho más limitada. Así, Olsen et al. (2008) reportaron la posibilidad de medir la sangre residual en músculo blanco de bacalao (*Gadus morhua*) a través de modelos cuantitativos construidos en el rango espectral comprendido entre 400 y 1100 nm (visible e infrarrojo cercano). Otro estudio llevado a cabo por Folkestad et al. (2008) exploró la posibilidad de medir el contenido en grasa y contenido en pigmentos en salmón (*Salmo salar* L.) en distintos formatos (pez vivo, eviscerado, y en filetes) a través de modelos cuantitativos NIRS, obteniendo coeficientes de determinación comprendidos entre 0,83 y 0,94; errores de entre 0,4-0,9 mg/kg pigmento, y de entre 0,9 y 1,6 % de grasa, sugiriendo la viabilidad de dichos modelos para monitorizar ambos parámetros, mientras que Zhou et al. (2019) y Pauline et al. (2021) utilizaron esta tecnología para predecir la frescura en la caballa (*Scomber australasicus*) y en la carpa (*Aristichthys nobilis*), respectivamente. Por tanto, la tecnología NIRS podría ser una herramienta prometedora para el control de la trazabilidad y calidad de los productos procedente de la tenca, con las garantías de calidad que vienen demandando industriales y consumidores.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad de la tecnología NIRS para clasificar carne de tenca de acuerdo al tipo de pienso experimental durante su fase de engorde, considerando varios porcentajes de sustitución de harina de pescado ecológica por harina de soja ecológica y harina de soja pregerminada. En paralelo, se evaluó la capacidad de predecir los principales parámetros de calidad relacionados con la composición, la textura, y los antioxidantes.

Material y métodos

Diseño experimental

Este estudio se llevó a cabo utilizando 240 tencas (*Tinca tinca*) de tamaño homogéneo (peso de $29,58 \pm 6,61$ g; longitud de $109,41 \pm 7,49$ mm y factor de condición (K) de $2,23 \pm 0,19$) de un estanque de engorde de tencas. Se establecieron cuatro grupos de peces, todos ellos criados en las mismas condiciones intensivas; en tanques circulares de poliéster a una densidad de cultivo de $1,60 \pm 0,02$ kg/m³ (equivalente a unos 250 peces por tanque) en el Centro de Acuicultura de Vegas Del Guadiana (Villafranco del Guadiana (Badajoz), Junta de Extremadura) (Material Complementario, Figura M1). Sin embargo, cada grupo estuvo sujeto a un pienso experimental distinto durante su fase de engorde (80 días); un pienso de control a base de trucha (*Salmo trutta*) ecológica (C); piensos con una sustitución del 25 % (S25) y del 50 % (S50), respectivamente, de la harina de pescado por harina de soja (*Glicine max*) ecológica; y por último, un pienso con una sustitución del 50 % de la harina de pescado por harina de soja ecológica previamente germinada o activada (S50A) (n = 60 peces por grupo experimental). Para este último caso, se activó el metabolismo de la semilla, lo que conduciría a la germinación si le proporcionáramos tiempo suficiente (entre 48 y 60 h). Sin embargo, se optó por 24 h, el tiempo justo para que el endospermo de la semilla empezara a convertir sus componentes complejos en elementos más biodisponibles. Todos los piensos mencionados fueron isoenergéticos, formulados con una composición similar en proteínas, lípidos y cenizas. La información relativa a la composición proximal y en antioxidantes de los diversos piensos experimentales se presenta en la Tabla M1 del material complementario. La alimentación durante la fase de engorde se llevó a cabo utilizando alimentadores de cinta, manteniendo

do la alimentación a un ritmo constante durante 7 h (de 13:30 a 20:30) durante el periodo diurno (de 7:15 a 21:15) durante 5 días a la semana (de lunes a viernes). La alimentación se calculó en función del 2 % de la biomasa total. Los sábados y domingos (por motivos de disponibilidad de instalaciones y personal), la alimentación (calculada también en función de la biomasa) se realizó en una sola vez, de forma manual y a primera hora de la mañana.

El fotoperiodo fue constante y controlado mediante un controlador on-off: 14 h de luz (40 lux) (de 7:15 a 21:15) y 10 hs de oscuridad (14:10). La temperatura de los tanques se mantuvo constante durante el experimento, a un valor medio de $24,7 \pm 2,3$ °C mediante una caldera y un sistema automático de intercambiadores de calor. Los tanques recirculaban agua, con una tasa de renovación diaria del 10 %. Además, los parámetros físico-químicos (oxígeno, saturación de oxígeno, pH, salinidad, nitrógeno amoniacal total, amoníaco, nitritos, nitratos y fosfatos) se controlaron dos veces por semana, manteniéndose dentro de los valores óptimos para el cultivo de la tenca.

Tras la fase de engorde, los peces se aturdiron con aceite de clavo y posteriormente se sacrificaron por percusión en la cabeza con un pomo de madera. Posteriormente, los peces fueron eviscerados y fileteados. Se recogieron los filetes del lado derecho e izquierdo y se mantuvieron en refrigeración (4 °C \pm 2) durante 24 h antes de la adquisición de espectros NIRS y los análisis físico-químicos. Dado el bajo peso de los filetes de tenca, se utilizaron los lomos de 3 peces al azar pertenecientes al mismo grupo experimental para conformar cada unidad experimental, con el fin de asegurar una cantidad de muestra suficiente para realizar todos los análisis propuestos. Por lo tanto, para cada grupo experimental se dispuso de 20 muestras de carne de tenca. El sexo de los peces no se tuvo en cuenta en el presente estudio.

Instrumentación NIRS y adquisición de datos espectrales

Previamente a la determinación de los parámetros físico-químicos, se obtuvo la información espectral de las muestras utilizando el equipo LabSpec 2500 (ASD Inc., EE.UU.), que proporciona mediciones con una resolución de 2 nm en el rango de 1000 a 2500 nm. Para ello, las muestras se picaron y luego se expusieron al infrarrojo cercano utilizando la sonda ASD turntable gyro-disk con un diámetro de 150 mm, una velocidad de rotación de 22 rpm y una fuente de luz halógena (Figura 1). El espectro utilizado fue el resultado de la media de las dos repeticiones de cada muestra, expresado en unidades de absorbancia ($\text{Log}1/R$, donde R es la reflectancia). Antes de la adquisición de los espectros de las muestras, se calibró el instrumento realizando una medición del espectro de referencia en una placa cerámica (referencia blanca). La monitorización del instrumento y procesamiento inicial de los espectros se llevaron a cabo con el paquete de software Indico TM Pro (Analytical Spectral Device-ASD Inc., Boulder, CO, USA).

Desarrollo de modelos cualitativos

El desarrollo de los modelos de clasificación de las muestras de carne de pescado de acuerdo a la dieta de los peces a la que fueron sometidos durante su etapa de engorde se abordó a partir del algoritmo de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) utilizando el programa de análisis Unscrambler X vs 10.5 (CAMO® Trondheim, Noruega). Se trata de un método de clasificación supervisado en el que las clases definidas (variables Y) funcionan como variables "ficticias" (Naes et al., 2002) ya que no son continuas, como en el análisis cuantitativo. Así, se asigna un valor de 1 a las muestras pertenecientes a la categoría que se desea discriminar del resto de categorías, a las que se asigna un valor 0. Esta asignación

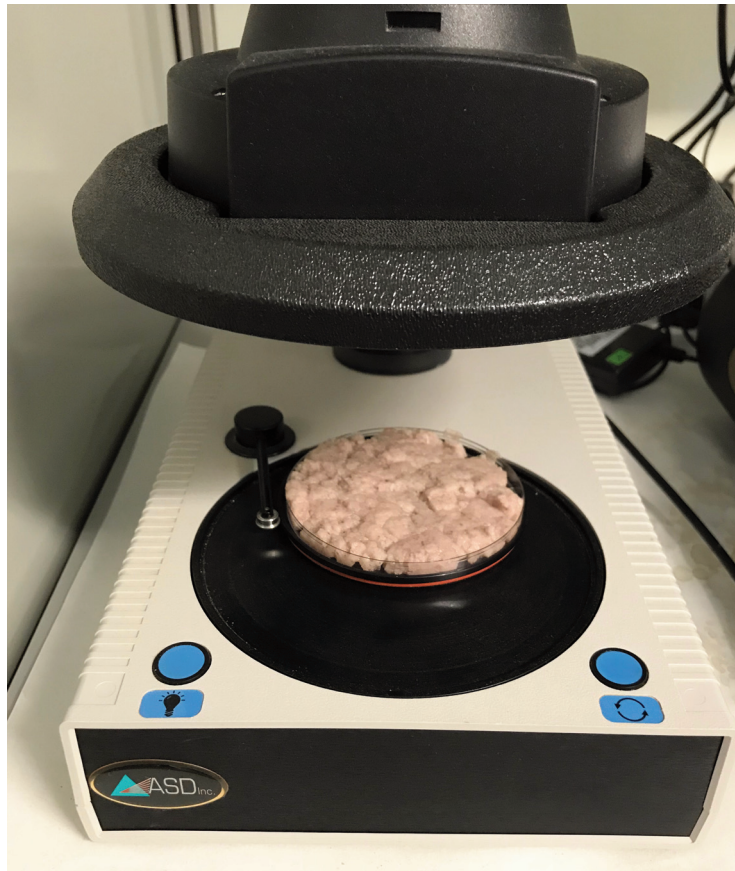


Figura 1. Adquisición de espectros NIR con el equipo Labspec 2500 (ASD Inc., Madrid) utilizando la sonda ASD turntable gyro-disk de 150 mm de diámetro, con una velocidad de rotación de 22 rpm y suministro de luz halógena.

Figure 1. Acquisition of NIR spectra with the Labspec 2500 (ASD Inc., Madrid) using the ASD turntable gyro-disk probe of 150 mm diameter, with a rotation speed of 22 rpm and halogen light supply.

de valores permite utilizar el algoritmo de mínimos cuadrados parciales en casos cualitativos, con el objetivo de obtener un modelo único para la clasificación de la carne de tenca en las distintas clases definidas. En este caso, las clases definidas a predecir fueron: Control, S25, S50 y S50A. Las variables latentes se eligieron en función del menor error de validación cruzada mediante el método

leave-one-out. Los modelos se desarrollaron utilizando los datos espectrales originales (absorbancia), así como después de varios pretratamientos espectrales, individualmente o en combinación. Así, para la corrección de fenómenos de dispersión se utilizó el pretratamiento Standard Normal Variation (SNV) y De-trending (DE) (Barnes *et al.*, 1989). Además, como tratamientos matemáticos se pro-

baron dos derivadas de Savitzky-Golay; una primera derivada con 4 puntos de suavizado en los lados izquierdo y derecho (núcleo simétrico), y primer orden polinómico (1,4,4,1), y una segunda derivada con 5 puntos de suavizado en ambos lados, y segundo orden polinómico (2,5,5,2) (Savitzky y Golay, 1964). Además, los pretratamientos mencionados se probaron en varios rangos espectrales: el rango completo, de 1000 a 2500 nm, y uno acotado, de 1000 a 1800 nm, ya que estudios recientes sobre productos cárnicos han indicado una mayor cantidad de información útil (mayor relación señal-ruido) en este último (Ortiz et al., 2021; Tejerina et al., 2021). Durante la construcción de los modelos, se eliminaron las muestras que presentaban un patrón anómalo en el trazado del espectro obtenido en el análisis de componentes principales (ACP). El criterio para su eliminación fue la distancia de la muestra al centro de la población espectral superior a tres veces la distancia media (Shenk y Westerhaus, 1995).

A continuación, con el mejor modelo, elegido en función del valor más elevado del coeficiente de determinación en calibración (R^2c), menor error estándar de calibración (EEc) y menor número de LVs, así como menor grado de pretratamiento de la información espectral, una validación mediante validación-cruzada fue realizada. Esta última se evaluó según la Sensibilidad (SE) y la Especificidad (SP) (Oliveri et al., 2018), precisión y Coeficiente de correlación de Matthews (MCC) (Cáceres-Nevado et al., 2021);

- Sensibilidad (SE), definida como la proporción de las muestras de una categoría determinada que el modelo atribuye correctamente a dicha categoría (Oliveri et al., 2018):

$$SE (\%) = \frac{VP}{VP+FN} \quad [1]$$

- Especificidad (SP), definida como la proporción de las muestras que no pertenecen a la categoría objetivo y son correctamente rechazadas (Oliveri et al., 2018):

$$SP (\%) = \frac{VN}{VN+FP} \quad [2]$$

- Precisión en la clasificación (Precisión), definida como el porcentaje de muestras correctamente clasificadas durante en la validación cruzada (Cáceres-Nevado et al., 2021):

$$\text{Precisión} (\%) = \frac{VN+VP}{VN+VP+FN+FP} \quad [3]$$

- Coeficiente de correlación de Matthews (MCC) (Matthews, 1975);

$$MCC = \frac{(VP \times VN - VP \times FN)}{\sqrt{(VP+FN)(VP+FP)(VN+FN)(VN+FP)}}, \quad [4]$$

donde VP = verdaderos positivos, VN = verdaderos negativos, FP = falsos positivos y FN = falsos negativos obtenidos en validación cruzada.

Respecto al estadístico MCC, un valor de 1 indica una predicción perfecta; -1 representa un desacuerdo total entre la predicción y los valores reales; y cero significa "no mejor que una predicción aleatoria" (Boughorbel et al., 2017; Cáceres-Nevado et al., 2021).

Análisis de referencia

Los análisis físico-químicos de los parámetros para los cuales se elaboraron los modelos predictivos se llevaron a cabo como sigue. El contenido en MS se determinó según AOAC (2003) –método 939.15–. El contenido de nitrógeno total de las muestras se determinó mediante el método Kjeldahl –método 2001.11– de AOAC (2003), y el contenido en proteínas se obtuvo utilizando un factor de conversión de 6,25.

El contenido en grasa se obtuvo por extracción con cloroformo/metanol (2:1 v/v) siguiendo el método de Folch *et al.* (1957). La dureza se evaluó como la fuerza máxima para cortar la carne de pescado cocida mediante una sonda Kramer Ottawa (miniKramer) acoplada al texturómetro TA XT-2i Texture Analyser, (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK).

α - y γ -tocoferol se determinaron por el método de Liu *et al.* (1996) mediante un equipo HPLC Serie 1100 de Agilent Technologies (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EE.UU.), equipado con una columna de sílice Kromasil (tamaño de partícula de 5 μ m; 150 x 4,6 cm) (Symta, Madrid, España) y una columna de guarda de sílice Kromasil (10 μ m) (Symta, Madrid, España). Como fase móvil se utilizó hexano:isopropanol:etanol (98,5:1:0,5 v/v) con un caudal de 1 mL/min. Los parámetros del detector de fluorescencia (Agilent Technologies Serie 1200) fueron los siguientes: λ -excitación fue 295 nm y λ -emisión fue 330 nm. La identificación y cuantificación de los picos se realizó por comparación con patrones de α -tocoferol y γ -tocoferol (0,2-14 μ g/mL).

Tras comprobar la distribución normal de las variables aleatorias a través de la prueba de Shapiro-Wilk, se llevó a cabo el análisis estadístico que consistió en un análisis multivariante de la varianza (ANOVA) utilizando el paquete informático SPSS.PC + v.20.0, para estudiar el efecto de la dieta de la tenca durante su fase de engorde en los parámetros anteriormente mencionados. Los resultados se expresaron como media \pm desviación típica. Seguidamente, se aplicó el test de Tukey para comparar las medias de cada grupo (Control, S25, S50 y S50A). La significación estadística se fijó en $P \leq 0,05$.

Desarrollo de modelos cuantitativos

La regresión entre el análisis químico de referencia y los datos espectrales se construyó

mediante el algoritmo de Regresión de Mínimos Cuadrados Parciales (PLSR) para la predicción cuantitativa de la materia seca (MS) (g/100 g), grasa (g/100 g MS), contenido en proteína (g/100 g MS), textura [Dureza (N)], y contenido en antioxidantes α - y γ -tocoferol (mg/100 g MS). Para optimizar la precisión de los modelos de calibración, se emplearon los pretratamientos espectrales descritos anteriormente y sus diversas combinaciones, es decir; SNV-DE; SG 1,4,4,1 y SG 2,5,5,2. Asimismo, todas las ecuaciones de predicción se construyeron en los mismos dos rangos espectrales (1000-25000 nm y 1000-1800 nm). La capacidad predictiva de los modelos se evaluó mediante el valor más alto del R^2c , menor EEC y menor número de LVs y grado de pretratamiento. Para el mejor modelo predictivo, se realizó una validación cruzada, para la que se presenta el coeficiente de determinación en validación cruzada (R^2vc), error cuadrático medio después de la validación cruzada (EECCV) así como la desviación residual de predicción (RPD) (que representa la relación entre la desviación típica (DE) de las muestras utilizadas para el modelo y el EECCV), como indicador de la precisión del modelo (Williams, 2001).

Resultados y discusión

Información espectral

La Figura 2 muestra los espectros medios de los datos en absorbancia (Log 1/R) de la carne de tenca agrupados según los distintos piensos experimentales durante la fase de engorde del pez. En general, se observaron espectros NIR con un patrón similar, independientemente del tipo de pienso suministrado a los peces. No obstante, se observaron diferencias en la intensidad de absorbancia a las longitudes de onda en torno a 1090, 1200 y 1700 nm. Concretamente, el espectro medio correspondiente al pienso C fue el que

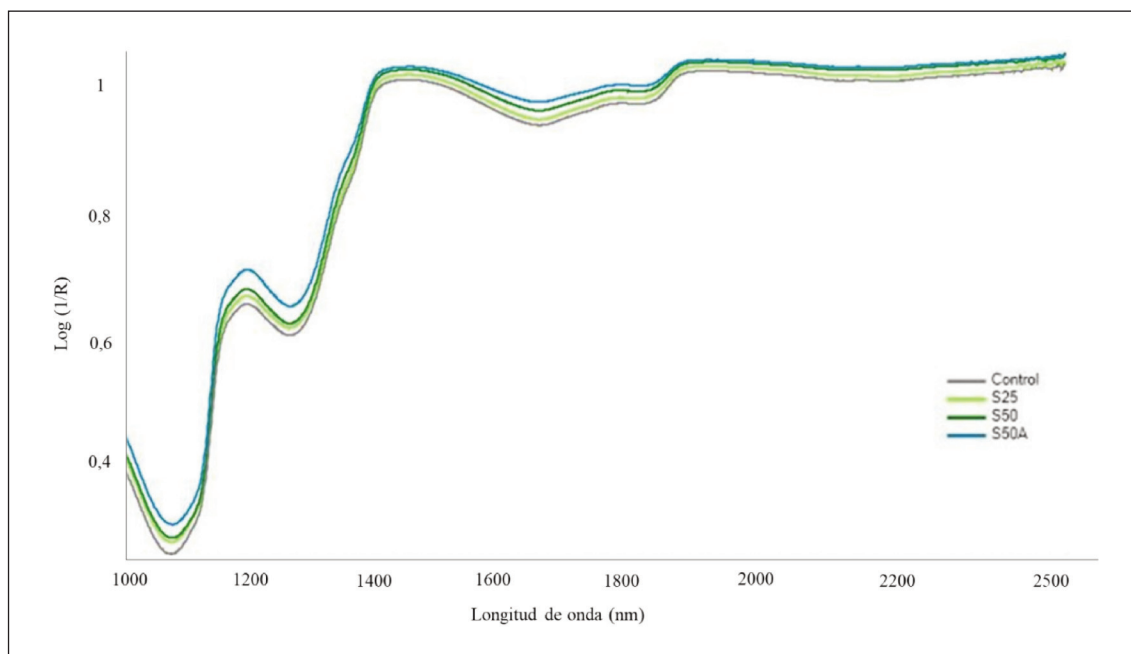


Figura 2. Espectros medios NIR (en absorbancia; Log (1/R)) de la carne de tenca, agrupados por el tipo de pienso experimental al que estuvo sujeto el pez durante la fase de engorde; pienso control a base de trucha (*Salmo trutta*) ecológica (C); piensos con una sustitución del 25 % (S25) y del 50 % (S50), respectivamente, de la harina de pescado por harina de soja ecológica (*Glicine max*); pienso con una sustitución del 50 % de la harina de pescado por harina de soja ecológica pregerminada (S50A).

Figure 2. Mean NIR spectra (in absorbance; Log (1/R)) of tench flesh, grouped by the type of experimental feedstuff to which the fish was subjected during the fattening phase; control feed based on organic trout (*Salmo trutta*) (C); feed with 25 % (S25) and 50 % (S50), respectively, substitution of fish meal by organic soybean meal (*Glicine max*); feed with 50 % substitution of fish meal by pre-germinated organic soybean meal (S50A).

mostró un valor de absorbancia ligeramente inferior durante todo el rango espectral. Estas diferencias en intensidad de absorbancia podrían estar asociadas a las posibles variaciones en determinados constituyentes de la carne de pescado debido al tipo de pienso al que estuvo sujeto el pez durante la fase de engorde. Y es que, el espectro global medio representa la composición química general del grupo de muestras. Más en detalle, las bandas anteriormente mencionadas se han asociado previamente a tercer, segundo y primer sobretono, respectivamente, de los enlaces de carbono e hidrógeno (Murray y Wi-

lliams, 1987; Barbin et al., 2014), que son la base de las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos y de los tocoferoles. Por lo tanto, las diferencias en la absorción de energía en estas longitudes podrían reflejar variaciones en la cantidad y composición de la grasa y los antioxidantes de la carne de pescado. De hecho, la carne de pescado procedentes de peces con las dietas C y S25, obtuvieron valores de grasa significativamente superiores a la carne procedente de los peces sujetos a las dietas S50 y S50A. Además existieron variaciones en el perfil de antioxidantes asociadas a la dieta experimental seguida por el

pez durante su fase de engorde (Tabla M2). Más en detalle, los valores más elevados de tocoferoles en las muestras procedentes de peces alimentados con S50A podrían atribuirse a la pregerminación de la soja. Y es que, durante la germinación, se sintetizan enzimas que modifican las propiedades bioquímicas y nutricionales de la semilla, lo que podría haber conducido a la mejora de la calidad nutricional y funcional de las semillas Kim et al. (2003), haciéndolas más fáciles de digerir. Por otra parte, la dieta podría haber afectado al perfil lipídico, ya que en este sentido, Pula (2018) observaron una asociación entre el perfil lipídico de los piensos y el de la tenca para los ácidos grasos poliinsaturados, al estudiar la influencia de los distintos piensos comerciales (formulados a partir de dorada y tilapia). En cualquier caso, estos resultados sugieren que dichas variables podrían ser informativas a efectos de clasificación.

Modelos cualitativos- PLS-DA

Los resultados de los modelos PLS-DA con los distintos pre-tratamientos aplicados, así como de los distintos rangos espectrales, se muestran en la Tabla M3. En la Tabla 1 se presentan los estadísticos del modelo de predicción con mejor ajuste para la clasificación de la carne de la tenca según la dieta de los peces durante la fase de engorde.

El modelo con el mejor ajuste en la predicción se obtuvo tras la primera derivada de Savitzky-Golay en el intervalo acotado, ofreciendo un ajuste (R^2c) entre 0,910 y 0,961; con un error no superior a 0,130; proporcionando valores SE y SP consistentes a los estadísticos anteriores tras la validación cruzada. Además, la precisión y el estadístico MCC obtuvieron resultados satisfactorios y acordes con los valores de los estadísticos anteriormente mencionados; por encima del 97 % en el primero y cercano a 1 en el segundo. Respecto a este último, solo adquiere un valor alto, es

Tabla 1. Resultados PLS-DA del mejor modelo de clasificación de la carne de tenca de acuerdo a los distintos piensos experimentales a los que estuvo sujeto el pez durante la fase de engorde.
 Table 1. PLS-DA results of the best fitting model for tench flesh according to the various experimental feedstuffs to which the fish were subjected during the fattening phase.

Pretratamiento	Rango	n	LVs	Pienso experimental	Calibración		Validación cruzada			
					R^2c	EEC	SE (%)	SP (%)	Precisión (%)	MCC
SG 1,4,4,1	1000-1800	80	8	C	0,961	0,086	100,00	100,00	97,50	0,917
				S25	0,937	0,109	80,00	97,50		
				S50	0,910	0,130	100,00	97,50		
				S50A	0,949	0,097	90,00	100,00		

SG: derivadas de Savitzky-Golay, con el primer número correspondiente al orden de la derivada, el segundo y el tercero indicando las puntas de suavizado en los lados izquierdo y derecho y el último número correspondiente al orden polinómico; n: número de unidades experimentales. LVs: Variables latentes. C: pienso control a base de trucha (*Salmo trutta*) ecológica; S25 y S50: piensos con una sustitución del 25 % y del 50 %, respectivamente, de la harina de pescado por harina de soja ecológica (*Glicine max*); S50A: pienso con una sustitución del 50 % de la harina de pescado por harina de soja ecológica pregerminada; R^2c : coeficiente de determinación en calibración; EEC: error estándar de calibración; SE: sensibilidad; SP: especificidad; MCC: Coeficiente de correlación de Matthews.

decir; cercano a uno, cuando el modelo es capaz de realizar una clasificación exitosa en todas las clases consideradas (Boughorbel et al., 2017), por lo que en este caso, sugiere una muy buena predicción de la dieta experimental seguida por el pez durante su engorde. Por otra parte, el mejor ajuste de los modelos utilizando un rango acotado, concretamente por debajo de los 1800 nm puede ser explicado por la escasez de variables –longitudes de onda– relevantes para el modelo por encima de los 1800 nm junto con el mayor ruido a partir de esta longitud, y por tanto menor calidad espectral (Figura S3 del material complementario). Los coeficientes de regresión PLS-DA de las longitudes de onda se muestran en la Figura 3. Esto permite obtener información cualitativa de la importancia de cada longitud de onda en la clasificación aplicando el modelo seleccionado. La capacidad del modelo para clasificar la carne de pescado en función de la dieta se podría explicar por las diferencias de composición y propiedades tecnológicas inducidas por la dieta. Concretamente, los coeficientes de regresión mostraron que las longitudes de onda relacionadas con la textura (Kamruzzaman et al., 2013), es decir; en torno a 1090 nm, fueron relevantes para discriminar las muestras procedentes de peces engordados con pienso C, y en menor medida con S25, de las demás (Figura 3). Esto podría derivar de los valores de dureza significativamente más elevados de estas muestras con respecto al resto (Tabla M2 del material complementario). Por otra parte, el comportamiento seguido por la dureza de acuerdo a la dieta es difícil de explicar, ya que el contenido de grasa, parámetro de gran importancia para explicar el patrón textural, fue mayor en los filetes de peces bajo las dietas C y S25 y, por tanto, cabría esperar valores de dureza más bajos en estos. En cualquier caso, y dado que todos los peces se encontraron bajo las mismas condiciones de producción, excepto por el tipo de dieta, las diferencias en la textura podrían estar

asociadas a la composición de ésta. De hecho, la alimentación ha sido previamente relacionada con la expresión de calpaína en dorada por Salmerón et al. (2013). Además, estudios recientes señalan una disminución de los parámetros de textura, incluida la dureza, en los filetes de carpa (Abouel Azm et al., 2021) o lenguado (Valente et al., 2016) alimentados con dietas a base de proteínas vegetales en comparación con los alimentados con harina de pescado.

Igualmente, los coeficientes de regresión demostraron de las bandas alrededor de 1200 nm fueron importantes para la clasificación de las muestras procedentes de peces alimentados con S25, S50, al igual que algunas variables alrededor de 1700 nm para las muestras de peces engordados con S50A. Estas bandas podrían reflejar, por tanto, la variación en compuestos antioxidantes y perfil de ácidos grasos (Murray y Williams, 1987; Barbin et al., 2014) en estas muestras en comparación con las procedentes de los peces engordados con C (Tabla M2).

Para nuestro conocimiento, aún no se ha abordado el uso de la tecnología NIR en combinación con el PLS-DA con fines cualitativos en matrices de carne de pescado. No obstante, trabajos anteriores en otras matrices coinciden en la capacidad de la tecnología NIRS en combinación con la herramienta PLS-DA para la construcción de modelos predictivos cualitativos. Más en detalle, Agudo et al. (2020) obtuvieron una elevada precisión en la clasificación de la grasa perirrenal de Cordero Merino en función del tipo de alimentación suministrada durante el periodo de engorde del animal. Concretamente, obtuvieron modelos con valores de SE y SP que superaron el 90 %. En esta línea, Horcada et al. (2020) también alcanzaron porcentajes de precisión en la clasificación superiores al 90 % para carne fresca y grasa subcutánea de cerdos ibéricos en función de los regímenes de alimentación del animal.

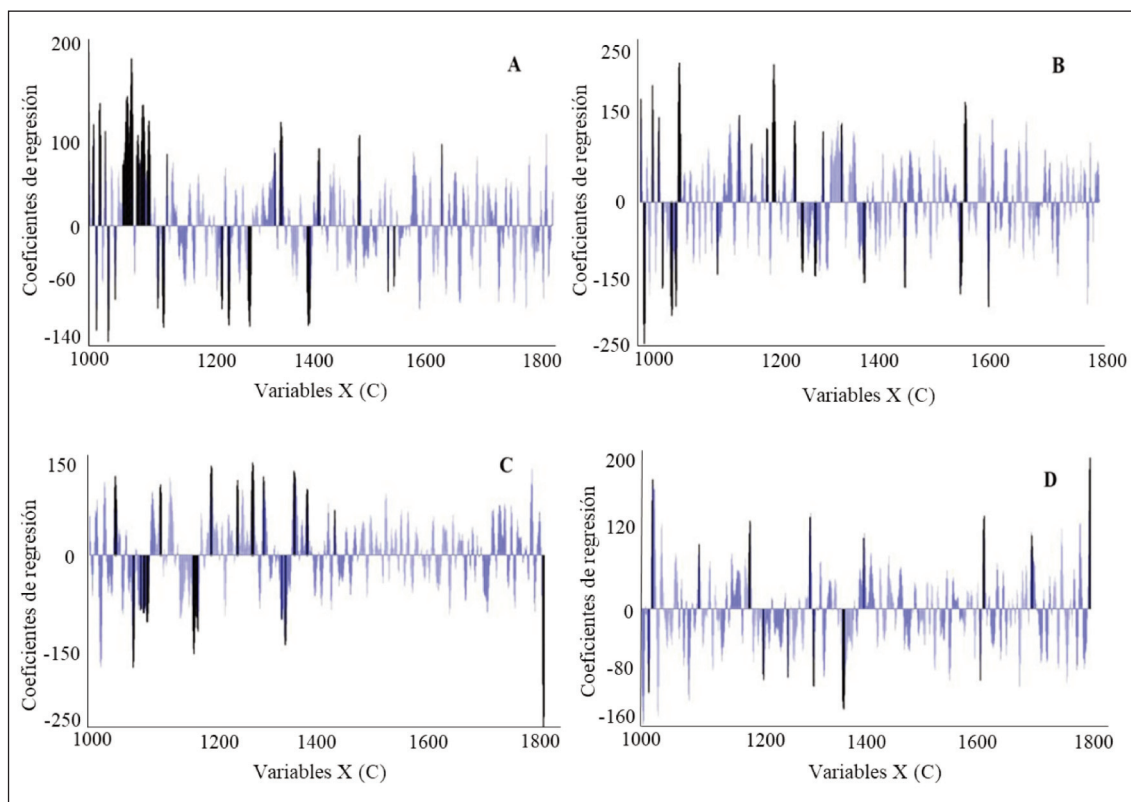


Figura 3. Representación gráfica de los coeficientes de regresión tras SG 1,4,4,1 (Log (1/R)) a 1000-1800 nm de los datos espectrales de las muestras de tenca procedentes de tencas alimentadas con los distintos piensos experimentales: A: pienso control a base de trucha (*Salmo trutta*) ecológica (C); B y C: piensos con una sustitución del 25 % (S25) y del 50 % (S50), respectivamente, de la harina de pescado por harina de soja ecológica (*Glycine max*); D: pienso con una sustitución del 50 % de la harina de pescado por harina de soja ecológica pregerminada (S50A). Los coeficientes en color negro indican mayor peso que los azules.

Figure 3. Graphical representation of regression coefficients after SG 1,4,4,1 (Log (1/R)) at 1000-1800 nm of samples spectral data from fish fed with C (A), S25 (B), S50 (C) and S50A (D) feedstuffs. Coefficients in black colour indicate higher weight than those in blue. C: control feed based on organic fishmeal from trout (*Salmo trutta*); S25 and S50: feedstuffs with a 25% and 50% substitution, respectively, of organic fishmeal by organic soybean meal (*Glycine max*); S50A: feed with a 50% substitution of fishmeal by pre-germinated organic soybean meal.

Modelos cuantitativos- PLSR

La Tabla 2 muestra los principales estadísticos descriptivos de los principales parámetros de composición nutricional, textura y antioxidantes analizados mediante métodos convencionales. En general, los parámetros considerados

mostraron un amplio rango, probablemente debido a la variabilidad de las dietas suministradas, la cual es esencial para obtener modelos predictivos sólidos. No obstante, parámetros como la MS y la grasa mostraron menor rango en sus valores.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos medidos en la carne de tenca.
 Table 2. Descriptive statistics of the physicochemical parameters measured in tench fish flesh.

Parámetro	Media	Min	Máx	Rango	DE
Composición y Textura					
MS (g/100 g)	23,27	22,39	24,37	1,98	0,43
Grasa (g/100 g MS)	2,65	2,10	3,42	1,32	0,35
Proteína (g/100 g MS)	80,82	76,54	84,22	7,68	1,64
Dureza (N)	68,54	36,23	99,28	63,05	15,07
Antioxidantes (mg/g MS)					
α -tocopherol	115,75	71,21	153,92	82,71	17,06
γ -tocopherol	1,26	0,77	2,16	1,39	0,32

Min: mínimo; Máx: máximo; DE: Desviación típica; MS: materia seca.

Los estadísticos de calibración y validación cruzada de las ecuaciones de predicción NIR con mejor ajuste para cada parámetro se recogen en la Tabla 3, mientras que los derivados de los distintos pretratamientos y rangos espectrales se recopilaban en las Tablas M4 y M5.

En primer lugar, conviene señalar que los mejores modelos predictivos se obtuvieron en el rango de 1000-1800 nm, al igual que en el análisis cualitativo, lo cual se explicaría por la mayor cantidad de información útil contenida en este rango. En general, todos los modelos presentaron valores elevados en R^2_c , los cuales oscilaron entre 0,924 y 0,995. No obstante, los coeficientes de la validación cruzada fueron menores. En cuanto a los parámetros de composición, los valores más altos de R^2_{vc} se obtuvieron para la MS y la grasa, con 0,707 y 0,804, respectivamente. Por tanto, de acuerdo a Shenk y Westerhaus (1995) estos proporcionaron una buena predictibilidad. No obstante, de acuerdo al valor de RPD, tan sólo el modelo desarrollado para la predicción del contenido de grasa podría utilizarse para una predicción aproximada (Saeys et al., 2004).

En cuanto a los modelos de predicción del contenido de antioxidantes, según los valores de R^2_{vc} (Shenk y Westerhaus, 1995) e índice RPD (Saeys et al., 2004), sólo podían utilizarse para separar las muestras con valores más altos, medios y bajos.

En general, los valores de RPD obtenidos en los modelos fueron bajos, que junto con el menor valor de R^2_{vc} con respecto al R^2_c , sugieren una reducción de la capacidad predictiva de los modelos tras la validación cruzada. Esto podría deberse a la baja desviación presentada por parámetros tales como materia seca, grasa o γ -tocoferol junto con el elevado error de la validación cruzada, bastante superior al error obtenido en calibración.

La utilidad de la tecnología NIRS para la cuantificación de parámetros físico-químicos ha sido ampliamente demostrada a través de estudios llevados a cabo en carne fresca porcina (Cáceres-Nevado et al., 2021; Fernández-Barroso et al., 2021), y sus productos cárnicos derivados (Fernández-Cabanás et al., 2011; Tejerina et al., 2019), carne de cordero (Guy et al., 2011) o ternera (Maduro et al., 2021). Sin embargo, hasta el momento, lite-

Tabla 3. Resultados PLSR de los modelos de predicción con mejor ajuste de los distintos parámetros de calidad.
 Table 3. PLSR results of the best-fitting prediction models of the various quality parameters.

Parámetro	Pretratamiento	Rango (nm)	n	LVs	Calibración		Validación cruzada		RPD	
					R ² c	EEC	R ² vc	EECCV		
Composición y Textura										
MS (g/100 g)	SNV-DE SG 1,4,4,1	1000-1800	72	5	0,981	0,060	0,707	0,233	1,850	
Grasa (g/100 g MS)	SNV-DE	1000-1800	74	7	0,924	0,095	0,804	0,157	2,217	
Proteína (g/100 g MS)	SNV-DE	1000-1800	78	10	0,995	0,107	0,513	1,137	1,445	
Dureza (N)	SG 1,4,4,1	1000-1800	68	5	0,976	2,284	0,593	9,686	1,556	
Antioxidantes (mg/ g MS)										
α-tocoferol	SNV-DE SG 1,4,4,1	1000-1800	76	5	0,970	2,742	0,429	12,319	1,385	
γ-tocoferol	SG 1,4,4,1	1000-1800	70	5	0,967	0,056	0,689	0,176	1,795	

MS: materia seca; SNV: Standard Normal Variation; DE: De-trending; derivadas de Savitzky-Golay, con el primer número correspondiente al orden de la derivada, el segundo y el tercero indicando las puntas de suavizado en los lados izquierdo y derecho y el último número correspondiente al orden polinómico; n: número de unidades experimentales; LVs: variables latentes; R²c: coeficiente de determinación en calibración; EEC: error estándar de calibración; R²vc: coeficiente de determinación en validación cruzada; EECCV: error cuadrático medio después de la validación cruzada; RPD: desviación residual de predicción.

ratura científica que aborde el uso de la tecnología NIRS para la construcción de modelos cuantitativos para predecir parámetros de composición y/o calidad en carne de pescado es muy escasa. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio están en concordancia con los de estudios previos tales como la predicción cuantitativa de sangre residual en músculo blanco de bacalao (*Gadus morhua*) (Olsen et al., 2008) o la predicción del contenido en grasa y pigmentos en salmón (*Salmo salar* L.) (Folkestad et al., 2008). Este último obtuvo coeficientes de determinación comprendidos entre 0,83 y 0,94; errores de entre 0,4-0,9 mg/kg pigmento, y de entre 0,9 y 1,6 % de grasa. Además, varios estudios recientes han abordado el uso de esta tecnología para predecir la frescura del pescado, a través de la cuantificación de determinados parámetros relacionados con ésta. Así, Pauline et al. (2021) se centraron en la predicción de la cantidad de histamina en la caballa (*Scomber australasicus*). Éstos obtuvieron modelos PLS con un R^2c superior a 0,90, siendo el coeficiente de determinación en la validación (R^2p) un 20 %, pero, en cualquier caso, concluyendo una buena predictibilidad. Por su parte, Zhou et al. (2019) utilizaron la tecnología NIR para cuantificar parámetros tales como el pH, el nitrógeno volátil total u oxidación lipídica a través de sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico, en este caso en la carpa (*Aristichthys nobilis*). Estos autores obtuvieron valores de R^2c para estos parámetros comprendidos entre 0,81 y 0,95, concluyendo por tanto la capacidad predictiva del NIRS en estos parámetros.

Conclusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio relativos al análisis cualitativo fueron satisfactorios, obteniéndose una precisión en la clasificación de la carne de tenca de acuerdo

al tipo de dieta del pez superior al 95 %, sugiriendo por tanto la posibilidad de un control rápido de la trazabilidad del producto. En cambio, los modelos cuantitativos presentaron unos coeficientes de determinación en validación cruzada de entre 0,513 y 0,804 e índices de RPD inferiores a 2, por lo que estos modelos podrían ser utilizados para distinguir entre valores altos y bajos de los parámetros de calidad estudiados, a excepción del contenido en grasa, cuyo valor de RPD fue de 2,2; por lo que podría ser utilizado para predicciones cuantitativas aproximadas.

En cualquier caso, los resultados de este estudio podrían servir de base para la generación de conocimientos sobre modelos quimiométricos cualitativos en este tipo de productos y ayudar a sentar las bases para llegar a una monitorización de la trazabilidad y calidad de productos finales procedentes de la acuicultura continental en general, su estandarización, y discriminación de calidades diferenciadas para segmentos de mercado específicos. Por otra parte, los resultados obtenidos deben entenderse como un estudio preliminar, y en el que sería necesario ampliar la población muestral, con animales de distintas explotaciones y sistemas productivos. Esto proporcionaría la variabilidad suficiente para garantizar la robustez, especialmente de los modelos cuantitativos obtenidos.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el programa PLEAMAR de la Fundación Biodiversidad "Gestión Sostenible de la Acuicultura Ecológica: Optimización de las estrategias de alimentación en la producción ecológica de tencas". También se agradece el trabajo de laboratorio realizado por el Área de Calidad de la Carne del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICY-TEX), las actividades de cría y manejo de pe-

ces del Centro de Acuicultura Vegas del Guadiana, y los trabajos de diseño y formulación de los distintos piensos experimentales realizados por la Universidad de Extremadura y la Universidad de Granada.

Material complementario

El material complementario de este artículo se puede consultar en la URL:
<https://doi.org/10.12706/itea.2023.014>

Referencias bibliográficas

- Abouel Azm F.R., Kong F., Tan Q., Zhu Y., Yu H., Yao J., Luo Z. (2021). Effects of replacement of dietary rapeseed meal by distiller's dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, muscle texture, health and expression of muscle-related genes in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture* 533: 736169. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736169>
- Agudo B., Delgado J.V., López M.M., Rodríguez P.L. (2020). Comparación de herramientas quimiométricas de clasificación para la identificación de grasa perirrenal en corderos. *Archivos de Zootecnia* 69(265): 6-12. <https://doi.org/10.21071/az.v69i265.5033>
- AOAC (2003). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Barbin D.F., Felicio A.L.S.M., Sun D.W., Nixdorf S.L., Hirooka E.Y. (2014). Application of infrared spectral techniques on quality and compositional attributes of coffee: An overview. *Food Research International* 61: 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.005>
- Barnes R.J., Dhanoa M.S., Lister S.J. (1989). Standard normal variate transformation and detrending of near-infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy* 43(5): 772-777. <https://doi.org/10.1366/0003702894202201>
- Boughorbel S., Jarray F., El-Anbari M. (2017). Optimal classifier for imbalanced data using Matthews Correlation Coefficient metric. *PLOS ONE* 12(6): e0177678. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177678>
- Cáceres-Nevaldo J.M., Garrido-Varo A., De Pedro-Sanz E., Tejerina-Barrado D., Pérez-Marín D.C. (2021). Non-destructive Near Infrared Spectroscopy for the labelling of frozen Iberian pork loins. *Meat Science* 175: 108440. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108440>
- Fabrikov D., Barroso F.G., Sánchez-Muros M.J., Hidalgo M., Cardenete G., Tomás-Almenar C., Melenchón F., Guil-Guerrero J.L. (2021). Effect of feeding with insect meal diet on the fatty acid compositions of sea bream (*Sparus aurata*), tench (*Tinca tinca*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets. *Aquaculture* 545: 737170. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737170>
- FAO (2018). The state of world fisheries and Aquaculture 2018. Meeting the Sustainable Development Goals. Disponible en: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1145050/> (Consultado: 20 enero 2023).
- Fernández-Barroso M.Á., Parrini S., Muñoz M., Palma-Granados P., Matos G., Ramírez L., Crovetti A., García-Casco J.M., Bozzi R. (2021). Use of NIRS for the assessment of meat quality traits in open-air free-range Iberian pigs. *Journal of Food Composition and Analysis* 102: 104018. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104018>
- Fernández-Cabanás V.M., Polvillo O., Rodríguez-Acuña R., Botella B., Horcada A. (2011). Rapid determination of the fatty acid profile in pork dry-cured sausages by NIR spectroscopy. *Food Chemistry* 124(1): 373-378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.031>
- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226(1): 497-509.
- Folkestad A., Wold J.P., Rørvik K.A., Tschudi J., Haugholt K.H., Kolstad K., Mørkøre T. (2008). Rapid and non-invasive measurements of fat and pigment concentrations in live and slaugh-

- tered Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 280(1-4): 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.037>
- García V., Celada J.D., González R., Carral J.M., Sáez-Royuela M., González Á. (2015). Response of juvenile tench (*Tinca tinca* L.) fed practical diets with different protein contents and substitution levels of fish meal by soybean meal. *Aquaculture Research* 46: 28-38. <https://doi.org/10.1111/are.12154>
- González-Rodríguez Á., Celada J.D., Carral J.M., Sáez-Royuela M., Fuertes J.B. (2014). Evaluation of a practical diet for juvenile tench (*Tinca tinca* L.) and substitution possibilities of fish meal by feather meal. *Animal Feed Science and Technology* 187: 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.001>
- Guy F., Prache S., Thomas A., Bauchart D., Andueza D. (2011). Prediction of lamb meat fatty acid composition using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Food Chemistry* 127(3): 1280-1286. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.084>
- Horcada A., Valera M., Juárez M., Fernández-Cabanás V.M. (2020). Authentication of Iberian pork official quality categories using a portable near infrared spectroscopy (NIRS) instrument. *Food Chemistry* 318: 126471. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126471>
- Kamruzzaman M., ElMasry G., Sun D.W., Allen P. (2013). Non-destructive assessment of instrumental and sensory tenderness of lamb meat using NIR hyperspectral imaging. *Food Chemistry* 141(1): 389-396. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.094>
- Kim S.L., Lee J.E., Kwon Y.U., Kim W.H., Jung G.H., Kim D.W., Kim S.L., Lee J.E., Kwon Y.U., Kim W.H., Jung G.H., Kim D.W., Lee C.K., Lee Y.Y., Kim M.J., Kim Y.H., Hwang T.Y., Chung, I.M. (2013). Introduction and nutritional evaluation of germinated soy germ. *Food Chemistry* 136: 491-500. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.022>
- Liu Q, Scheller K.K., Schaeffer D.M. (1996). Technical note: a simplified procedure for vitamin E determination in beef muscle. *Journal Animal of Science* 74: 2406-2410. <https://doi.org/10.2527/1996.74102406x>
- Maduro Dias C.S.A.M., Nunes H.P., Melo T.M.M.V., Rosa H.J.D., Silva C.C.G., Borba A.E.S. (2021). Application of Near Infrared Reflectance (NIR) spectroscopy to predict the moisture, protein, and fat content of beef for gourmet hamburger preparation. *Livestock Science* 254: 104772. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104772>
- Murray I., Williams P.C. (1987). Chemical principles of near-infrared technology. En: *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, (Eds. Williams P.C., Norris, K.) PP. 17-34, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul.
- Naes T., Isaksson T., Fearn T., Davies T. (2002). A user-friendly guide to multivariate calibration and classification. NIR publications, Chichester, UK. 344 pp.
- Oliveri P., Malegori C., Casale M. (2018). Multivariate Classification Techniques. En: *Encyclopedia of Analytical Science, Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*, 3rd edn. (Ed. Worsford P., Poole C., Tornshend A., Miró M.), pp 481-486. Elsevier, Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14239-8>
- Olsen S.H., Sørensen N.K., Larsen R., Elvevoll E.O., Nilsen H. (2008). Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) – Measured chemically and by Visible and Near-infrared spectroscopy. *Aquaculture* 284(1-4): 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.042>
- Ortiz A., León L., Contador R., Tejerina D. (2021). Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) as a Tool for Classification of Pre-Sliced Iberian *Salchichón*, Modified Atmosphere Packaged (MAP) According to the Official Commercial Categories of Raw Meat. *Foods* 10(8): 1865. <https://doi.org/10.3390/foods10081865>
- Pauline O., Chang H.T., Tsai I.L., Lin C.H., Chen S.M., Chuang Y.K. (2021). Intelligent assessment of the histamine level in mackerel (*Scomber australasicus*) using near-infrared spectroscopy coupled with a hybrid variable selection strategy. *LWT-Food Science and Technology* 145: 111524. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111524>
- Pula H.J., Trenzado C.E., García-Mesa S., Fallola C., Sanz A. (2018). Effects of different culture sys-

- tems on growth, immune status, and other physiological parameters of tench (*Tinca tinca*). *Aquaculture* 485: 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.042>
- Pula H. (2018). Evaluación del estado de bienestar en el cultivo de la tenca (*Tinca tinca*). Mejora de su producción intensiva. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Granada (España).
- Saeyns W., Darius P., Ramon H. (2004). Potential for on-site analysis of hog manure using a visual and near infrared diode array reflectance spectrometer. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 12: 299-309. <https://doi.org/10.1255/jnirs.438>
- Salmerón C., García de la Serrana D., Jiménez-Amilburu V., Fontanillas R., Navarro I., Johnston I.A., Gutiérrez J., Capilla E. (2013). Characterisation and expression of calpain family members in relation to nutritional status, diet composition and flesh texture in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *PLoS ONE* 8: e75349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075349>
- Savitzky A., Golay M.J.E (1964). Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Analytical Chemistry* 36(8): 1627-1639. <https://doi.org/10.1021/ac60214a047>
- Shenk JS, Westerhaus M (1995). Routine operation, calibration, development and network system management manual. NIRSystems, Inc., Tech Road, Silver Spring, MD, USA.
- Silva S., Francis D., Tacon A. (2010). Fish Oils in Aquaculture. En: *Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds* (Ed. Turchini G.M., Ng W.K., Tocher D.R.), pp. 1-20. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439808634-c1>
- Tacon A.G. (2020). Trends in Global Aquaculture and Aquafeed Production: 2000-2017. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 28(1): 43-56. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1649634>
- Tejerina D., García-Torres S., Cabeza de Vaca M., Ortiz A., Romero-Fernández M. (2019). Evaluation of near-infrared spectroscopy (NIRS) for the quality control of packaged cured ham-sliced from Iberian pigs. *Proceedings of the 9th International Symposium on the Mediterranean Pig, Archivos de Zootecnia Extra* 1: 231-234. <https://doi.org/10.21071/az.v67iSupplement.3611>
- Tejerina D., Contador R., Ortiz A. (2021). Near infrared spectroscopy (NIRS) as tool for classification into official commercial categories and shelf-life storage times of pre-sliced modified atmosphere packaged Iberian dry-cured loin. *Food Chemistry* 356: 129733. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129733>
- Valente L., Cabral E.M., Sousa V., Cunha L.M., Fernandes J.M. (2016). Plant protein blends in diets for Senegalese sole affect skeletal muscle growth, flesh texture and the expression of related genes. *Aquaculture* 453: 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.034>
- Williams P.C. (2001). Implementation of near infrared technology. En: *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries* (Ed. Williams P.C., Norris, K.), pp. 145-169. American Association of Cereal Chemists, St. Paul.
- Zamora-Rojas E., Garrido-Varo A., De Pedro-Sanz E., Guerrero-Ginel J.E., Pérez-Marín D. (2013). Prediction of fatty acids content in pig adipose tissue by near infrared spectroscopy: At-line versus in-situ analysis. *Meat Science* 95: 503-511. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.020>
- Zhou J., Wu X., Chen Z., You J., Xiong S. (2019). Evaluation of freshness in freshwater fish based on near infrared reflectance spectroscopy and chemometrics. *LWT-Food Science and Technology* 106: 145-150. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.056>

(Aceptado para publicación el 21 de septiembre de 2023)

Manejo productivo y territorial de las ganaderías lecheras de Cantabria según el contenido de forraje en la dieta

Francisca Ruiz-Escudero^{1,*}, Ibán Vázquez-González², Juan Busqué-Marcos¹ y Ana Villar-Bonet¹

¹ Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Cantabria. C/ Héroes 2 de Mayo 27, 39600 Maliaño, España.

² Universidade de Santiago de Compostela. Escola Politécnica Superior de Enxeñaría (Dpto. Economía Aplicada). Campus Universitario, s/n, 27002 Lugo, España.

Resumen

En las últimas décadas se ha producido un descenso importante de la pequeña y mediana ganadería de bovino, mayoritaria en Cantabria, y para cuya alimentación tienen un importante peso los pastos y la gestión del territorio. Dada la relevancia de los pastos en este territorio y la falta de estudios que aborden la conexión entre la base territorial y el sistema de alimentación de las ganaderías de bovino de leche, el objetivo de este trabajo fue analizar las correspondencias entre sistemas productivos y territorio, en función del consumo de forraje verde. Las 99 ganaderías del estudio se clasificaron en función del porcentaje de forraje verde, sobre la materia seca total, en la dieta de primavera de las vacas en lactación: ganaderías sin forraje verde (<25 %, NFV) y ganaderías con forraje verde (≥25 %, FV). Se llevó a cabo un análisis de correspondencias múltiples para examinar las relaciones entre esta dieta, las principales características productivas y algunas variables territoriales con significancia estadística ($p < 0,05$). Los resultados mostraron que las ganaderías del grupo ≥25 % FV se caracterizan por una menor dimensión territorial, rebaño, carga ganadera, producción anual y utilización de concentrado mientras que destinan más horas al pastoreo. Desde el punto de vista territorial, están situadas a mayor altitud, presentaron parcelas de mayor dimensión, continuidad y geometría, pero también un suelo con peor calidad agrícola. Por su parte, el análisis de correspondencias múltiples mostró una fuerte asociación entre dieta y variables productivas, menos intensa en el caso de las variables territoriales.

Palabras clave: Bovino lechero, pasto, comportamiento productivo, estructura territorial, análisis de correspondencias múltiples.

Productive and territorial management of dairy cattle farms in Cantabria, according to the grass-fed content in the diet

Abstract

In the last decades there has been a significant decline in small and medium-sized cattle farming, the vast majority in Cantabria, where pastures and land management play an important role. Given the im-

* Autor para correspondencia: ruiz_fr@cantabria.es

Cita del artículo: Ruiz-Escudero F., Vázquez-González I., Busqué-Marcos J., Villar-Bonet A. (2024). Manejo productivo y territorial de las ganaderías lecheras de Cantabria según el contenido de forraje en la dieta. ITEA-Inf. Técnica Económica Agraria 120(1): 30-50. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.015>



portance of pastures in this territory and the lack of studies that address the connection between the territorial basis and the feeding system of dairy cattle farms, the aim of this study was to analyse the correspondence between production systems and territory, in terms of green fodder consumption. The 99 dairy farms in the study were classified according to the percentage of green forage as a percentage of dry matter in the spring diet of lactating cows: herds without green forage (<25 %, NFV) and with green forage (≥ 25 %, FV). A multiple correspondence analysis was carried out to examine the relationships between this diet, the main productive characteristics and some territorial variables with statistical significance ($p < 0.05$). The results showed that dairy cattle farms in the group (≥ 25 %, FV) are characterized by smaller territorial size, herd size, stocking rate, annual production and concentrate utilization while spending more on grazing. From a territorial point of view, they are located at a higher altitude, have larger, more continuous and geometrical plots, but also a soil with a lower agricultural quality. The multiple correspondence analysis showed a strong association between diet and productive variables, less intense in the case of territorial variables.

Keywords: Dairy cattle, grass-fed, productive behaviour, territorial structure, multiple correspondence analysis.

Introducción

Cantabria es un territorio orientado hacia la producción bovina donde la actividad lechera aporta el 50 % del valor económico de la producción agraria (Calcedo Ordoñez, 2013). El bovino de leche es un sector estratégico para Cantabria por su importancia económica, sociocultural y por sus implicaciones en el territorio (García-Suárez et al., 2019); al igual que los pastos herbáceos, que tienen una destacada relevancia en esta región, pues representan un 44 % de la superficie agraria útil (Fernández Rodríguez-Arango, 2007).

En las últimas décadas las ganaderías con bovino en España han experimentado un intenso proceso de ajuste y transformación (Arnalte Alegre, 2007; García-Arias et al., 2015; García-Suárez et al., 2020), caracterizado por una fuerte reducción en el número de explotaciones e incremento de la dimensión productiva. Como resultado se ha producido una progresiva diferenciación de la estructura productiva (bipolarización) (Iraizoz et al., 2007), en donde las granjas más pequeñas abandonan la actividad por inviabilidad económica y/o demográfica, y las de mayor tamaño (menos numerosas) van concentrando

la producción (Vázquez González et al., 2012). También ha habido otros cambios como una especialización productiva y económica hacia el bovino, una reorientación productiva de la ganadería de leche hacia la carne y una concentración territorial e intensificación de la producción (García-Martínez et al., 2009; García-Suárez et al., 2019).

Según MAPA (2022), los últimos datos del sector bovino de leche en España entre 2017 y 2021 muestran la tendencia descendente en el número de ganaderías (de media, -17 %), desde las 14.862 a las 12.318 explotaciones. Con relación al censo de vacas de ordeño, se produce también un descenso del 4 %, que suponen una pérdida de 31.611 cabezas. Por el contrario, la producción de leche se ha incrementado un 7 %, alcanzando los 7,49 millones de toneladas en 2021, debido entre otros factores a los incrementos de los rendimientos productivos por vaca (11 %) y por explotación (29 %). Por otro lado, las explotaciones de mayor tamaño han incrementado el peso relativo, tanto en número de ganaderías como en volumen de leche producido; así, las explotaciones con producción anual ≥ 500.000 kg de leche, pasan de representar el 25 % al 27 % o de concentrar del 70 % al 79 % de las entregas de le-

che. En el caso de Cantabria, estas explotaciones han registrado similar tendencia, no obstante, el grado de concentración productiva es inferior, condicionado por la menor dimensión de las ganaderías en el norte de España (Vázquez González, 2013; Flores-Calvete et al., 2017; García-Suárez, 2021). En consecuencia, los datos muestran un avance en el proceso de concentración productiva del sector, aunque cabe recordar que Cantabria, en la actualidad, tiene una presencia marcada de explotaciones de tamaño mediano y pequeño.

La producción de leche de vaca se puede llevar a cabo de diversas formas, en función de los recursos disponibles, el sistema productivo, la alimentación, las características productivas o el manejo en general (Sineiro García et al., 2012; Flores-Calvete et al., 2017). Esta producción es una actividad fuertemente conectada con el manejo del territorio para la provisión de alimentos, siendo estos el principal coste de producción (MacDonald et al., 2007). A nivel territorial, en España es posible observar dos zonas productoras diferenciadas. Por un lado, la franja norte, denominada como Cornisa Cantábrica (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco), es la más relevante en términos productivos al concentrar el 80 % de las ganaderías de leche (Galicia 56 %, Asturias 13 %, Cantabria 9 % y País Vasco 2 %) y el 56 % de la producción láctea (Galicia 40 %, Asturias 8 %, Cantabria 6 % y País Vasco 2 %) (MAPA, 2022); sus explotaciones, se caracterizan por una menor dimensión productiva y tener una alimentación basada en forrajes producidos en la ganadería, con la inclusión en distinta medida de silo de maíz, forraje verde (en adelante, FV) y concentrado (Flores-Calvete et al., 2017; Santiago et al., 2017). Por otro lado, el resto del territorio, que tiene una mayor extensión geográfica, se caracteriza por una mayor dimensión productiva de las explotaciones, un sistema de producción asociado a cultivos con riego, con menor inclusión de FV en la

dieta. En este sentido, Cantabria presenta una de las mayores productividades forrajeras en Europa debido a sus condiciones edafoclimáticas (Smit et al., 2008), lo que marca la relevancia de los pastos y el uso de FV en la alimentación de los animales.

Con relación al consumo de leche, al igual que en la producción, se están generando cambios. Se observa una creciente demanda de consumidores hacia productos más saludables, naturales y respetuosos con el medio ambiente o el bienestar animal (Hughner et al., 2007; Olaizola et al., 2012; Villar et al., 2021b). En consecuencia, se está produciendo un incremento en el mercado de productos lácteos de calidad diferenciada "ecológicos", "de pastoreo" o "de pasto". A pesar de que el término de leche en base a pasto ha sido ampliamente utilizado, no existe una definición legal en la Unión Europea (Lombardi et al., 2019). Se suele considerar como aquella leche procedente de vacas en las que el pasto es una parte importante de su dieta; sin embargo, Lombardi et al. (2019) afirman que no es posible definirla sólo por la presencia o ausencia de hierba fresca en la dieta, sin tener en cuenta su proporción, a lo que Hadjigeorgiou et al. (2005) y Villar et al. (2021b) consideraron que debiera ser ≥ 25 % de FV sobre la materia seca (MS, en adelante) total. Las ganaderías proveedoras de estos productos proporcionan una gran variedad de valiosos servicios agro-ecosistémicos (Vázquez-González et al., 2021), tales como una mejor calidad nutricional de la leche basada en un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados, entre ellos omega 3 y CLA, además de una mayor presencia de carotenoides y vitaminas esenciales (Agabriel et al., 2007; Slots et al., 2009; Villar et al., 2021a). Otros servicios guardan relación con la mayor sostenibilidad económica de los sistemas productivos en base a pastos, pues permiten ahorrar en concentrado y ser menos dependientes de la elevada volatilidad en el mercado del pre-

cio de las materias primas (Bernués et al., 2011; Fariña y Chilibroste, 2019; Bradfield et al., 2020). También existen otros beneficios de carácter social y ambiental, entre los que destaca el bienestar animal, la conservación de hábitats, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono y la menor vulnerabilidad frente a incendios forestales (García-Martínez et al., 2006; Beaufoy y Ruiz, 2013; Aldezabal et al., 2015; Qi et al., 2018), al tiempo que suponen propuestas de adaptación y reducción a los efectos del cambio climático (Herrera, 2020; Pateiro et al., 2020), estando en consonancia con las nuevas políticas europeas del Pacto Verde Europeo y el Plan Estratégico de la PAC 2023-2027 (García-Suárez, 2021).

Por todo ello, existen fortalezas, como los recursos y productividades forrajeras, las condiciones climáticas y los sistemas de producción (pequeña y mediana ganadería ligada al territorio y todavía mayoritaria), y oportunidades manifiestas de saber canalizar las demandas de consumidores hacia la promoción de sistemas ganaderos conectados con el territorio. No obstante, se constata la ausencia de trabajos que, en un contexto local, aborden la conexión entre características territoriales y el sistema de alimentación de las ganaderías lecheras; aunque algunos trabajos han analizado la relación entre dieta y calidad de la leche de vaca en Cantabria (Villar et al., 2016 y 2017), la cuestión territorial no se ha integrado. Es por ello que se planteó este trabajo con el fin de valorizar los sistemas extensivos de producción de leche en base a pasto por su mayor utilización de recursos forrajeros ligados al territorio. El objetivo de este trabajo fue analizar las principales características productivas y territoriales de las ganaderías de bovino de leche de Cantabria, según el consumo de FV en la dieta de primavera de las vacas en lactación; además de analizar las correspondencias de la estructura productiva y territorial con respecto al tipo de dieta.

Material y métodos

Encuestas

La información obtenida relativa a las características productivas procede de fuentes primarias de datos de 99 ganaderías lecheras representativas de la práctica totalidad de municipios de Cantabria. La selección de las granjas se llevó a cabo buscando la mayor diversidad posible de manejos productivos y sistemas de alimentación (Villar et al., 2021a), teniendo en cuenta la producción de leche en la campaña 2015-2016, mediante un muestreo aleatorio estratificado de afijación de mínima varianza de Neyman, para un error de muestreo del 5 % y nivel de confianza del 95 %. Las encuestas fueron realizadas entre noviembre de 2016 y febrero de 2017.

Estructura territorial

La información territorial se obtuvo de fuentes de datos secundarios procedentes del Sistema integrado de ayudas (SIA), correspondientes al año 2015, para las anteriores 99 ganaderías de bovino de leche en Cantabria. Con la función `ClassStat` del paquete `SDMTools` del programa informático R, se crearon una serie de métricas espaciales (McGarigal, 2017), del que se obtuvieron un total de 89 variables territoriales, de las cuales para facilitar la interpretación de los resultados finalmente se trabajó con 41, seleccionadas según criterios de calidad de la información (explotaciones con datos completos) e importancia (Tabla 1). Las 41 variables seleccionadas contienen información relativa a la altitud media de las parcelas de los pastos permanentes (PS) y tierras arables (TA), totales y a 1 km de la explotación (≤ 1 km) (4 variables), la estructura de la superficie (número de parcelas, superficie, pendiente, distancia, agrupamientos de parcelas continuas (manchas), densidad de manchas,...), tanto del conjunto de la explotación como de

Tabla 1. Características territoriales, en función del porcentaje de forraje verde en la dieta, según tipo de ganadería (FV y NFV). Valores medios por ganadería y error estándar. 2015.

Table 1. Territorial characteristics according to farm type. Means values per farm and standard error. 2015.

	NFV ⁽¹⁾	FV	Total	Sig. ⁽³⁾
	N ⁽²⁾ = 66	N = 33	N = 99	
VARIABLES TERRITORIALES				
Altitud parcelas PS ⁽⁴⁾ (msnm ⁽⁵⁾)	146,0 ± 18,3	302,5 ± 42,8	198,2 ± 20,1	0,000
Altitud parcelas PS a ≤1 km (msnm)	140,0 ± 17,4	289,1 ± 41,9	189,7 ± 19,4	0,000
Altitud parcelas TA ⁽⁶⁾ (msnm)	73,4 ± 7,5	138,0 ± 20,8	83,3 ± 7,5	0,315
Altura parcelas TA a ≤1 km (msnm)	78,3(35) ⁽⁷⁾ ± 12,3	102,6(5) ⁽⁷⁾ ± 36,8	81,4(40) ⁽⁷⁾ ± 11,6	0,046
Nº de parcelas PS	27,9 ± 2,6	28,2 ± 4,2	28,0 ± 2,2	0,938
Superficie total PS (ha)	27,5 ± 2,0	24,7 ± 2,3	26,6 ± 1,6	0,414
% Superficie PS con pendiente <20 %	72,6 ± 2,8	63,5 ± 3,8	69,6 ± 23,0	0,065
Distancia parcelas PS a explotación (m)	1.314 ± 112,5	1.365 ± 198,8	1.331 ± 2,3	0,809
Nº de manchas PS ⁽⁸⁾	28,2 ± 2,6	28,3 ± 4,2	28,2 ± 2,2	0,990
% PS sobre superficie total (PS+TA)	81,4 ± 2,9	96,4 ± 1,81	86,4 ± 2,1	0,001
Densidad de manchas discontinuas ⁽⁹⁾	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,9 ± 0,05	0,289
Longitud de borde de manchas PS (m) ⁽¹⁰⁾	16.159 ± 1.179	15.418 ± 1899	15.912 ± 1004	0,730
Densidad de borde ⁽¹¹⁾	497,4 ± 22,8	559,7 ± 30,8	518,2 ± 18,5	0,113
Índice de forma del paisaje ⁽¹²⁾	7,5 ± 0,3	7,3 ± 0,6	7,4 ± 0,3	0,643
Índice mancha PS más grande (%) ⁽¹³⁾	20,2 ± 1,8	28,3 ± 3,96	22,9 ± 1,8	0,036
Superficie de manchas PS (ha)	1,4 ± 0,2	1,6 ± 0,3	1,5 ± 0,2	0,562
Valor medio de la relación perímetro/área para manchas PS	0,2 ± 0,02	0,1 ± 0,02	0,2 ± 0,01	0,143
Valor medio índice de forma ⁽¹⁴⁾	1,7 ± 0,02	1,6 ± 0,02	1,7 ± 0,02	0,032
Valor medio del índice de dimensión fractal ⁽¹⁵⁾	1,1 ± 0,02	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,061
% Sup. de núcleo central manchas PS sobre sup. total (PS+TA)	76,5 ± 2,75	90,8 ± 1,8	81,3 ± 2,0	0,001
Índice de agregación ⁽¹⁶⁾ (%)	98,6 ± 0,09	98,8 ± 0,09	81,2 ± 0,06	0,325
Índice de división del paisaje ⁽¹⁷⁾ (%)	89,4 ± 3,1	81,9 ± 4,2	86,9 ± 1,7	0,04
% nº parcelas PS a ≤1 km sobre total PS	62,4 ± 3,1	58,5 ± 3,9	61,1 ± 2,5	0,458
% superficie PS a ≤1 Km sobre total PS	62,8 ± 3,2	64,4 ± 3,9	63,3 ± 2,5	0,753
Variación del GMS ⁽¹⁸⁾	-2,2 ± 1,4	1,6 ± 1,6	-0,9 ± 1,1	0,095
Variación del % superficie PS sobre superficie total (PS+TA)	-1,6 ± 1,0	0,2 ± 0,8	-1,0 ± 0,7	0,218
% superficie (PS+TA) de PS a ≤1 km sobre superficie total (declarada y no declarada)	82,1 ± 3,1	88,5 ± 4,5	84,2 ± 2,6	0,239
Superficie de mancha PS (declarada y no declarada) a ≤1 km (ha)	1,9 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,0 ± 0,1	0,224

Tabla 1. Características territoriales, en función del porcentaje de forraje verde en la dieta, según tipo de ganadería (FV y NFV). Valores medios por ganadería y error estándar. 2015 (continuación).

Table 1. Territorial characteristics according to farm type. Means values per farm and standard error. 2015 (continuation).

	NFV ⁽¹⁾	FV	Total	Sig. ⁽³⁾
	N ⁽²⁾ = 66	N = 33	N = 99	
VARIABLES TERRITORIALES				
% superficie PS (declarada y no declarada) sobre la superficie total en ≤ 1 km	44,9 \pm 2,1	43,7 \pm 3,0	44,5 \pm 1,7	0,742
% de superficie PS declarada leche y a ≤ 1 km sobre PS total (declarada y no declarada)	77,4 \pm 262,7	61,5 \pm 17,1	72,1 \pm 22,2	0,738
% PS declarada leche a ≤ 1 km sobre superficie total (PS+TA)	74,6 \pm 3,7	83,7 \pm 5,5	77,6 \pm 3,1	0,168
Superficie de mancha PS declarada leche a ≤ 1 km (ha)	1,4 \pm 0,07	1,5 \pm 0,1	1,4 \pm 0,07	0,599
% Superficie PS declarada leche sobre superficie total (PS+TA) a ≤ 1 km	20,1 \pm 1,7	20,6 \pm 2,8	20,3 \pm 1,5	0,870
% Superficie PS en cat. A ⁽¹⁹⁾	12,7 \pm 2,5	4,3 \pm 1,6	9,9 \pm 1,9	0,039
% Superficie PS en cat. E ⁽²⁰⁾	9,6 \pm 2,3	16,5 \pm 5,0	11,9 \pm 2,3	0,151
Nº ganaderías de leche a ≤ 1 km	11,7 \pm 0,9	11,4 \pm 1,7	11,6 \pm 0,8	0,844
Nº ganaderías no leche a ≤ 1 km	11,0 \pm 0,8	11,1 \pm 1,3	11,1 \pm 0,7	0,967
Nº no ganaderos/as a ≤ 1 km	0,8 \pm 0,05	0,6 \pm 0,1	0,7 \pm 0,05	0,154
Superficie no declarada TA a ≤ 1 km (ha)	5,0 \pm 1,1	2,5 \pm 0,5	4,2 \pm 0,7	0,096
Superficie no declarada PS a ≤ 1 km (ha)	43,2 \pm 2,6	38,1 \pm 3,7	41,5 \pm 2,1	0,259
Sup. TA declarada leche a ≤ 1 km (ha)	18,2 \pm 3,4	4,3 \pm 1,4	13,6 \pm 2,4	0,007

(¹) NFV (<25 % FV); FV (≥ 25 % FV); (²) Número de ganaderías; (³) Significación estadística (en negrita $p < 0,05$); (⁴) Pastos permanentes; (⁵) Metros sobre el nivel del mar; (⁶) Tierras arables; (⁷) Los valores entre paréntesis corresponden a las explotaciones que presentan esa característica; (⁸) Una mancha es un recinto SIGPAC continuo (parcelas continuas), por lo que es posible que sean varias fincas; (⁹) Relación entre el número de manchas (parcelas continuas) de tipo PS entre la superficie total (PS+TA); (¹⁰) Longitud media del borde (perímetro) de las manchas de tipo PS; (¹¹) Relación entre longitud media del borde (perímetro, en m) de las manchas de tipo PS entre la superficie total (PS+TA); (¹²) Relación entre longitud media del borde (perímetro) de las manchas de tipo PS dividido por la longitud de un cuadrado con la misma superficie; (¹³) % de superficie de la mayor de las manchas de tipo PS con respecto a la superficie total (PS+TA); (¹⁴) Relación normalizada perímetro/área de una mancha, donde la complejidad de forma de una mancha se compara con una forma estándar (cuadrado) del mismo tamaño; (¹⁵) Mide el grado de complejidad de una mancha de tipo PS (1: poco compleja; 2: muy compleja); (¹⁶) Relación en % entre el número de adyacencias entre celdas de tipo PS y el número máximo de éstas que podría haber (mejor cuanto mayor sea el valor); (¹⁷) Probabilidad de que dos lugares del paisaje, elegidos al azar, no correspondan a la misma mancha PS (mejor cuanto más bajo sea); (¹⁸) Variación del grado de mecanización de la superficie (% de superficie PS con pendiente <20 % en 1 km de la explotación - % de superficie total PS con pendiente <20 %); (¹⁹) % Superficie PS de la explotación que está incluida en la categoría A (mejor calidad del suelo); (²⁰) % Superficie PS de la explotación que está incluida en la categoría E (peor calidad del suelo).

Fuente: Elaboración propia.

las parcelas a ≤ 1 km (18 variables), métricas espaciales (longitud de borde de las manchas, densidad de borde, índice de forma, relación perímetro/área, índices de agregación y división,...) (11 variables), calidad del suelo de los PS para uso agrícola (2 variables), presencia de explotaciones agroganaderas ≤ 1 km (con vacas de leche, con ganado y sin ganado) (3 variables) y posibilidad de incorporar superficie PS y TA a ≤ 1 km (3 variables).

Estimación de la dieta

La composición de la dieta de primavera de las vacas en lactación se expresó en porcentaje de ingesta de MS de cada componente de la ración por vaca y día, es decir: % hierba fresca (FV consumido en pesebre o en pastoreo), % ensilado de hierba, % ensilado de maíz, % forraje seco (heno, paja, alfalfa, etc.) y % concentrado.

En las ganaderías en las que las vacas en lactación no consumen FV, el porcentaje de MS de cada componente de la ración diaria se calculó en función de la información declarada. En el caso de ganaderías en las que las vacas consumen FV, bien en pastoreo o bien en pesebre, fue necesario estimar teóricamente esa ingesta en función de los requerimientos teóricos de energía neta total del ganado lechero y aplicando las ecuaciones de predicción del National Research Council (NRC, 2001), acorde a lo descrito por Villar et al. (2021b). Según estos mismos autores, la ingesta diaria de FV (Kg MS) se estimó restando la suma de la ingesta de MS de los demás ingredientes presentes con respecto al consumo total diario teórico de cada vaca.

Análisis estadísticos

Las ganaderías se clasificaron en dos grupos en función del porcentaje de FV, sobre la MS total, en la dieta de primavera de las vacas en lactación: ganaderías sin FV (NFV), con un

porcentaje de FV sobre la MS de la ración < 25 % y ganaderías con FV (FV), con un porcentaje ≥ 25 %, que en principio se asocian a aquellas que producen una leche en base a pasto. Esta cifra se seleccionó en función de los resultados obtenidos por Villar et al. (2021b), quienes con este umbral obtuvieron el mayor porcentaje de ganaderías bien clasificadas entre "pasto" y "no pasto" usando la ecuación de predicción del % FV en la dieta a partir del perfil de ácidos grasos. Una vez clasificadas las ganaderías según el sistema de alimentación se realizaron análisis estadísticos descriptivos (valores medios y número de casos) y análisis de la varianza (ANOVA de un factor, SPSS versión 21), con el objeto de llevar a cabo la caracterización tanto productiva como de la estructura territorial.

También se llevó a cabo un análisis de correspondencias múltiples (en adelante, ACM) para analizar las relaciones entre el tipo de dieta de las vacas en lactación (< 25 % FV y ≥ 25 % FV), las principales características productivas (superficie agraria útil-SAU, unidades de ganado mayor UGM, carga ganadera, producción leche, consumo de concentrado y horas de pastoreo). En el caso de las variables territoriales sólo se consideran las 10 variables significativas en el ANOVA ($p < 0,05$) (Tabla 1). Tres variables guardan relación con la altitud media de las parcelas PS, altitud media de las parcelas PS a ≤ 1 km de la explotación y altitud media de las parcelas TA a ≤ 1 km de la explotación; cuatro tienen relación con métricas del paisaje (índice de la mancha PS más grande, valor medio de índice de forma, porcentaje que representa la relación de la superficie de núcleo central de manchas PS dividido por la superficie total, es decir PS+TA, e índice de división del paisaje); las tres restantes guardan relación con el uso de la superficie (% de la superficie total dedicada a PS, superficie TA declarada por ganaderías de leche a ≤ 1 km de la explotación) y la calidad del suelo para uso

agrícola (% superficie PS en cat. A). Para esta última variable, se ha empleado una clasificación del gobierno de Cantabria en 5 niveles (A mejor calidad y E peor calidad), de acuerdo a su capacidad para soportar los cultivos agrarios usuales sin tratamiento previo (Alonso del Val et al., 2008).

El ACM (SPSS versión 21) permite representar de manera gráfica, en un espacio bidimensional, las principales asociaciones entre las variables estudiadas de tipo categórico (Le Roux y Rouanet, 2004; Díaz-Varela et al., 2011). Previamente a la realización del análisis, se transformaron las variables cuantitativas en categóricas, estableciendo tres grupos para las variables productivas (valor alto, medio y bajo), en función de los percentiles (25 y 75) y dos para las variables territoriales, en función de la mediana. En la representación gráfica, las categorías más alejadas del centro de coordenadas y más próximas entre sí tienen una mayor correspondencia y, por lo tanto, un mayor grado de asociación (Vázquez González et al., 2012; García-Arias et al., 2015).

Resultados y discusión

Relación entre dieta y sistema productivo

Caracterización productiva

Los resultados ponen de manifiesto la existencia de diferencias ($p < 0,05$) entre los dos grupos de ganaderías establecidos para la mayoría de los parámetros estudiados, tanto en relación al peso relativo de los componentes de la dieta como en relación a las variables productivas y el propio manejo de la alimentación (consumo de concentrado y horas de pastoreo) (Tabla 2).

Respecto a las características productivas, todas ellas muestran diferencias ($p < 0,05$). Las explotaciones FV tienen una menor dimensión territorial, ganadera, carga ganadera (2,4 UGM/ha), producción anual de leche por

explotación, por vaca en lactación, por superficie, y también un menor consumo de concentrado (7,6 kg/vaca-día). Por el contrario, las horas diarias dedicadas a pastoreo son mayores.

En el trabajo de Flores-Calvete et al. (2017) sobre ganaderías de la cornisa cantábrica y Galicia, las ganaderías con más FV en la dieta, que correspondían a las de los estratos productivos más bajos (<175 t de leche anuales), presentaban de media, menor número de vacas, UGM por explotación y carga ganadera (del orden de 1,6 UGM/ha), además de una menor producción de leche por vaca. Así mismo, en un trabajo posterior, Villar et al. (2021a) determinaron, en estas mismas regiones, que dietas ricas en FV están correlacionadas negativamente con las UGM, carga ganadera, producción anual de leche por ganadería y producción diaria de leche por vaca. Botana-Fernández et al. (2018) presentan resultados similares en las ganaderías gallegas; los grupos de pastoreo en ecológico y de pastoreo en convencional, que son los únicos que cuentan con FV en la dieta (45,5 % y 31,8 % respectivamente), tienen menor número de vacas, carga ganadera (1,3 y 1,8 UGM/ha, respectivamente), consumo de concentrado (3,1 y 5,7 kg/vaca-día, respectivamente) y producción de leche por explotación y vaca. Sineiro García et al. (2012), también en Galicia, asocian a las explotaciones de menor dimensión (<250 t de leche anuales) una menor producción de leche por ha de SAU y mayor relevancia de la actividad del pastoreo. Vemos, por lo tanto, cómo los valores de carga ganadera y consumo de concentrado que se han obtenido en la agrupación FV superan a los registrados en otras ganaderías del norte; en el caso de Flores-Calvete et al. (2017) la carga ganadera es 0,8 UGM/ha inferior, mientras en Botana-Fernández et al. (2018) los grupos de pastoreo en ecológico y pastoreo convencional tienen entre 0,6 y 1,1 UGM/ha menos de carga ganadera y un menor consumo de concentrado,

Tabla 2. Características productivas, manejo alimentario y composición de la dieta, según tipo de ganadería: con forraje verde (FV) y sin forraje verde (NFV). Valores medios y errores estándar. 2016-2017.
 Table 2. Percentage composition of the spring diet and productive characteristics, according to farm type: with green forage (FV) and without green forage (NFV). Mean values per farm and standard error. 2016-2017.

	NFV ⁽¹⁾	FV	Total	Sig. ⁽³⁾
	N ⁽²⁾ = 66	N = 33	N = 99	
Variables productivas (valores medios)				
SAU leche ⁽⁴⁾ (ha)	43,2 ± 2,9	29,1 ± 2,9	38,5 ± 2,3	0,003
UGM ⁽⁵⁾ leche (ud)	162,2 ± 14,2	59,5 ± 6,5	127,9 ± 10,9	0,000
Vacas en lactación (ud)	98,8 ± 8,3	38,9 ± 4,8	78,8 ± 6,4	0,000
Carga ganadera (UGM leche/ha SAU)	3,9 ± 0,2	2,4 ± 0,2	3,4 ± 0,2	0,000
Producción anual por explotación (miles l)	1.049,1 ± 100,4	294,7 ± 46,4	797,7 ± 77,4	0,000
Producción anual por vaca en lactación (l)	10.003 ± 318,8	7.565 ± 720,7	9.190 ± 339,1	0,000
Producción anual por ha de SAU (l)	24.225 ± 1.523	11.959 ± 1.703	20.137 ± 1.297	0,000
Consumo de concentrado (Kg/vaca-día)	10,9 ± 0,5	7,6 ± 0,6	9,8 ± 0,4	0,000
Horas de pastoreo diarias	1,1 ± 0,4	6,6 ± 1,1	2,9 ± 0,5	0,000
Manejo alimentario (% sobre total ganaderías)				
Utilizan carro mezclador	80,3	6,1	55,6	
Realizan pastoreo	12,1	63,6	29,3	
Composición dieta (% sobre materia seca total)				
Silo de hierba	17,0 ± 1,3	2,6 ± 1,1	12,2 ± 1,2	0,000
Silo de maíz	14,0 ± 1,6	0,6 ± 0,6	9,5 ± 1,3	0,000
Forraje verde	2,3 ± 0,8	52,0 ± 3,1	18,9 ± 2,6	0,000
Concentrado	49,1 ± 0,8	35,2 ± 2,2	44,5 ± 1,1	0,000
Forraje seco	17,8 ± 1,7	9,6 ± 1,7	15,0 ± 1,3	0,003

⁽¹⁾ NFV (<25 % FV); FV (≥25 % FV); ⁽²⁾ Número de ganaderías; ⁽³⁾ Significación estadística ($p < 0,05$);

⁽⁴⁾ Superficie agraria útil dedicada al ganado de leche; ⁽⁵⁾ Unidades de Ganado Mayor.

Fuente: Elaboración propia.

entre 1,9 y 4,5 kg/vaca-día. Este mayor consumo de concentrado de nuestra agrupación FV se puede deber a la mayor carga ganadera, también al hecho de que este grupo basa su alimentación, fundamentalmente y como se expone a continuación, en dos componentes

(FV y concentrado); otro posible factor explicativo es que en el caso de las explotaciones analizadas por Botana-Fernández *et al.* (2018) todas las explotaciones realizaban pastoreo y en nuestro caso hay un 36,4 % de explotaciones FV que no realizan pastoreo.

Respecto al manejo alimentario, en el grupo NFV la gran mayoría de las explotaciones utilizan carro mezclador (80,3 %); en este sentido, los modelos de carro mezclador (con y sin maíz forrajero), ligados a manejos intensivos, tienen resultados productivos superiores a los sistemas ganaderos basados en el pastoreo (Sineiro García *et al.*, 2012; Botana-Fernández *et al.*, 2018; Vázquez González *et al.*, 2019). Contrariamente, en la agrupación FV la actividad del pastoreo está presente en la mayoría de ganaderías (63,6 %). Cabe apuntar que al igual que el carro mezclador es residual entre las ganaderías FV, la realización de pastoreo alcanza un 12,1 % de las ganaderías NFV, por lo que algunas de estas explotaciones combinan el carro mezclador y el pastoreo. Los resultados reflejan una dinámica clara entre ambas variables, donde la utilización del carro mezclador es inversamente proporcional a la apuesta por el pastoreo.

Con relación a la composición de la dieta de primavera de las vacas en lactación, los resultados muestran diferencias ($p < 0,05$) entre los dos grupos de ganaderías para todos los parámetros indicados, siendo el FV el componente que establece las mayores diferencias. Para el conjunto de las explotaciones en estudio, el concentrado y el FV son los componentes mayoritarios en la dieta de los rebaños de bovino de leche en Cantabria, con un porcentaje medio de 44,5 % y 18,9 %, respectivamente. En las ganaderías NFV el concentrado es el componente mayoritario (49,1 %), mientras que en las ganaderías FV el elemento principal es el FV, constituyendo de media un 52 % de la MS, seguido por el concentrado con un importante porcentaje (35,2 %). Flores-Calvete *et al.* (2017) encontraron, al igual que en este trabajo, que las dietas de las ganaderías de la cornisa cantábrica de mayor dimensión productiva reducen el peso de FV en la dieta e incrementan el del concentrado; además, para el caso de Cantabria, se registran valores en estos dos componentes similares (21,1 % de FV y 39,6 % de concentrado).

Los otros componentes de la dieta aparecen en menor medida y en orden decreciente de importancia; son el forraje seco, silo de hierba y silo de maíz, éste último prácticamente ausente en las dietas de la agrupación FV. Por todo ello, se observan diferencias claras en la estructura de la composición de la dieta de primavera: por un lado, las ganaderías FV fundamentan su dieta en FV y concentrado, siendo las aportaciones de forraje seco y silo de hierba minoritarias, y el maíz residual; en cambio, la dieta de las ganaderías NFV tiene dos grandes aportes en forma de concentrado y la otra mitad en forraje conservado (en orden de importancia, forraje ensilado –de hierba y de maíz– y forraje seco). Estas diferencias en el uso de alimentos y cantidades entre los grupos tienen una correlación clara en las variables productivas señaladas anteriormente, donde las ganaderías FV tienen una producción anual por vaca en lactación un 24,4 % inferior.

Flores-Calvete *et al.* (2017) confieren al ensilado de maíz un menor peso en la dieta de las vacas de la Cornisa Cantábrica (para Cantabria es el componente minoritario con un 6,8 %) al tiempo que el silo de hierba tiene mayor peso proporcional (18,2 %) y el forraje seco tiene el mismo valor (14,3 %). En este trabajo y en el de Santiago *et al.* (2017) se aprecia cómo el maíz forrajero guarda una relación en positivo con la mayor dimensión productiva de las ganaderías, que puede deberse al mayor grado de intensificación productiva y relevancia del sistema de alimentación con carro mezclador.

Principales correspondencias entre dieta y variables productivas

En el ACM, la explotación que predomina, en cuanto a número de ganaderías, es aquella con valores medios en dimensión territorial, UGM, carga ganadera, producción y consumo de concentrado, que no realiza pastoreo (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de variables productivas del análisis de correspondencias múltiples.
 Table 3. Categories of productive variables of the multiple correspondence analysis.

Variable	Categoría (gráfico)	N ⁽¹⁾
% FV ⁽²⁾ s. materia seca total dieta primavera	<25 % FV	66
	≥25 % FV	33
SAU leche ⁽³⁾ (ha)	<20 ha	22
	20 a <50 ha	52
	≥50 ha	25
UGM ⁽⁴⁾ leche (ud)	<50 UGM leche	21
	50 <150 UGM leche	49
	≥150 UGM leche	29
Carga ganadera (UGM leche/ha SAU)	<2 UGM leche·ha SAU	21
	2 < 4UGM leche·ha SAU	45
	≥4 UGM leche ha SAU	33
Producción anual de leche (litros)	<250 mil l	26
	250 < 1000 mil l	41
	≥1000 mil l	32
Consumo de concentrado (kg/vaca/día)	<7 kg vaca día	23
	7 <13 kg vaca día	55
	≥13 kg vaca día	21
Dedicación al pastoreo (horas diarias)	No pastoreo	70
	<6 horas	2
	≥6 horas	27

⁽¹⁾ Número de ganaderías; ⁽²⁾ Forraje verde; ⁽³⁾ Superficie agraria útil dedicada al ganado de leche; ⁽⁴⁾ Unidades de Ganado Mayor.

Fuente: Elaboración propia.

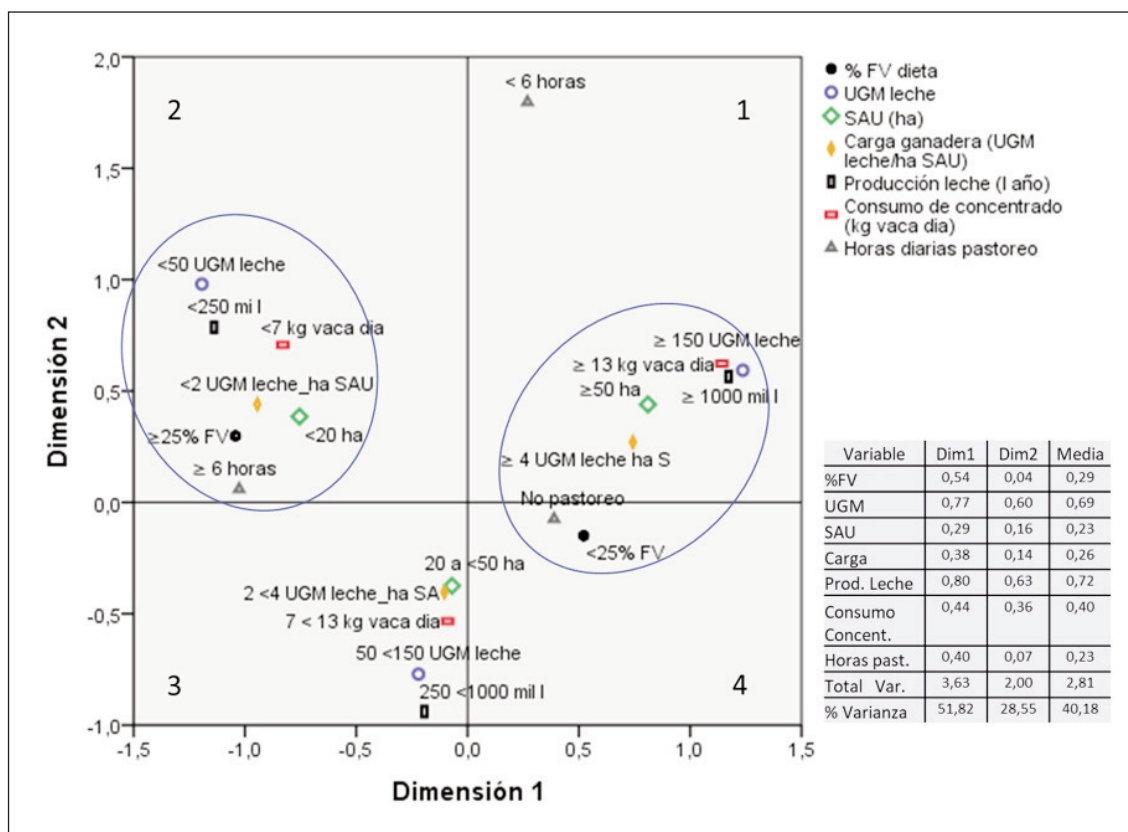
El análisis de correspondencias múltiples explica de media un 40,2 % de la variabilidad total de los datos (inercia media de 0,402) (Tabla 4). Estos valores pueden considerarse elevados y por encima de los obtenidos en otros trabajos similares en la metodología empleada (Díaz-Varela et al., 2011) y en la naturaleza de los datos (García-Arias et al.,

2015). El primer eje factorial, cuya interpretación se realiza en sentido horizontal, aporta una mayor inercia (0,518); por lo tanto, tiene un mayor poder discriminatorio y está definido por las variables estrato de las UGM, la producción de leche y el porcentaje de FV (tabla lateral de la figura 1 de medidas de discriminación). La figura 1 nos permite observar

Tabla 4. Resumen del Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) entre dieta y variables productivas.
 Table 4. Summary of the Multiple Correspondence Analysis (MCA) between diet and productive variables.

Dimensiones	Alfa de Cronbach	Varianza total (Autovalores)	Inercia	% de la varianza
1	0,845	3,627	0,518	51,817
2	0,583	1,998	0,285	28,545
Total		5,625	0,804	
Media	0,752	2,813	0,402	40,181

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Representación gráfica del Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) de variables productivas y medidas de discriminación.

Figure 1. Graphic representation in the Multiple Correspondence Analysis (MCA) of productive variables and discrimination measures.

cómo el eje 1 diferencia muy bien las categorías de las 6 variables productivas analizadas: en la parte negativa, se sitúan las ganaderías con menor dimensión productiva, grado de intensificación, dedicación al pastoreo y mayor contenido de FV en la dieta; y en la parte positiva, un grupo de ganaderías con características opuestas.

El segundo eje factorial, que se desplaza en sentido vertical y que tiene una menor inercia (0,285), está determinado (medidas de discriminación), sobre todo, por el estrato de las UGM y la producción de leche. Este eje ya no permite discriminar las anteriores características productivas y de manejo de las explotaciones, situándose en su parte negativa las ganaderías con características intermedias.

El ACM representa de forma clara una fuerte correspondencia, en el segundo cuadrante (parte positiva del eje 2 y negativa del 1; los cuadrantes se enumeran inversamente al sentido horario empezando por el cuadrante arriba a la derecha), entre las ganaderías FV que tienen una mayor dedicación diaria de horas al pastoreo y unos valores menores de dimensión ganadera, superficie, carga ganadera, producción de leche y consumo de concentrado. En el primer cuadrante y la parte superior del cuarto se observa una segunda correspondencia, de menor intensidad que la anterior por el hecho de rebasar un cuadrante. Se asocia a las ganaderías NFV la no realización del pastoreo y una mayor dimensión ganadera, superficie, carga ganadera, producción de leche y consumo de concentrado. Luego, en el tercer cuadrante, aparecen una serie de características productivas intermedias, no asociadas claramente a ninguno de los estratos; este hecho se atribuye a que el eje 2 está representando a este tipo de explotaciones con características productivas intermedias, que son más habituales (entre el percentil 25 y 75) y difíciles de vincular a un tipo de dieta determinado.

Relación entre dieta y estructura territorial

Caracterización territorial

De las 41 variables territoriales analizadas, en sólo 10 se han encontrado diferencias ($p < 0,05$) entre las explotaciones FV y NFV; por lo tanto, parece que en la producción de leche en base a pasto podrían estar influyendo otros factores socio-económicos además de las características territoriales (Lombardi et al., 2019).

En términos generales, las ganaderías analizadas tienen una altitud media de las parcelas PS en torno a 200 m sobre el nivel del mar, dedican la mayor parte de su superficie a PS siendo minoritaria la presencia de cultivos (TA), condicionado, entre otros factores, por la baja calidad agrícola de sus terrenos, al tiempo que tienen una notable disgregación en su estructura parcelaria (producto de la estructura territorial en Cantabria, caracterizada por una notable parcelación de las fincas). Estas características generales tienen matices importantes al descender al análisis por grupos. Una de las diferencias más notables entre los dos grupos de ganaderías considerados es la altitud de las parcelas dedicadas a PS (totales y a ≤ 1 km de la explotación) y las destinadas a TA, también a ≤ 1 km de la explotación. En las ganaderías del grupo FV, la altitud media de estas parcelas es mayor que en el NFV ($p < 0,05$), fundamentalmente, las correspondientes a PS. Esto indica que las ganaderías NFV, de mayor tamaño y grado de intensificación, se sitúan en zonas de valle y costa, con mejores condicionantes topográficos y edafoclimáticos (temperaturas, clima, altitud y pendiente), lo cual facilita su mecanización e incrementa la productividad; una de las variables analizadas (% de superficie PS con pendiente inferior al 20 %), indicativa del grado de mecanización, estaría confirmando esto pues muestra una tendencia significativa ($p < 0,1$), con un mayor porcentaje de superficie mecanizable (72,6 %) en

el grupo NFV. Vázquez González et al. (2012) y Sineiro García et al. (2012) encuentran una asociación entre la altitud de las ganaderías (zonas de montaña y de valle) la especialización productiva y el nivel de ingresos económicos, dándose en las zonas de valle una mayor especialización productiva y económica hacia la producción de leche.

En consecuencia, parece existir una relación entre el sistema de alimentación, la altitud de las parcelas y su aprovechamiento. Qi et al. (2018), quienes definen las tierras altas (uplands) en función del umbral de altitud (≥ 250 m), asocian a las mismas, al igual que en este trabajo, un menor rendimiento productivo y mayor aprovechamiento de los pastos permanentes por parte del ganado.

Por otro lado, son las ganaderías FV las que tienen un valor más alto de porcentaje de PS respecto a PS+TA ($p < 0,05$), por lo que pueden dedicar más horas al pastoreo y, en consecuencia, tienen mayor porcentaje de FV en la dieta. El menor valor del grupo NFV respecto a esta variable estaría indicando que las tierras arables tienen una mayor relevancia para la producción de cultivos forrajeros conservados, como hierba seca o ensilados (maíz o hierba). Además, relacionado con lo anterior, la variable superficie de TA declarada por ganaderías de leche a ≤ 1 km representa también diferencias ($p < 0,05$). Las ganaderías pertenecientes al grupo FV tienen menor valor (4,3 ha), frente a las 18,2 ha de la agrupación NFV, que podría estar relacionado con la apuesta por el pastoreo y escasa relevancia del maíz, pero también con peores características topográficas y del suelo para cultivos agrícolas (altitud y calidad).

El valor medio del índice de forma es otra variable que difiere entre los grupos ($p < 0,05$). Esta métrica establece la relación normalizada perímetro/área de una mancha, donde su complejidad de forma se compara con una forma estándar (cuadrado) del mismo ta-

maño; cuanto más próxima a la unidad, la parcela tendrá una mejor forma geométrica. Las ganaderías FV presentan un menor valor medio del índice de forma (1,6), lo cual indica una mejor geometría de las parcelas. A su vez, el índice de división del paisaje, definido como la probabilidad de que dos lugares del paisaje elegidos al azar no correspondan a la misma mancha (McGarigal, 2017), también es inferior en las ganaderías FV ($p < 0,05$), lo cual es indicativo de una mayor continuidad de parcelas, probablemente relacionado con la menor superficie de estas ganaderías FV y también en la unificación de los usos, casi en su totalidad destinada a PS.

El índice de mancha PS más grande (porcentaje que representa la mayor de las manchas de tipo PS con respecto a PS+TA) y el porcentaje de superficie de núcleo central de manchas PS (relación porcentual entre la superficie de núcleo central de manchas de tipo PS respecto a PS+TA de la explotación) también difieren, presentando valores mayores en el grupo FV ($p < 0,05$). Estos datos, relacionados con la variable valor medio de índice de forma, parecen indicar que detrás de la mejor forma geométrica de las parcelas y su menor índice de división está la mayor dimensión de las manchas en explotaciones FV. Almeida et al. (2016) estudiaron también la configuración del paisaje en diferentes aprovechamientos de la tierra, como los cultivos agrícolas o los pastos para el ganado, y llegaron a la conclusión de que estos últimos tienen unas formas más irregulares, algo contrario a lo que indican nuestros resultados y que puede venir condicionado por el hecho de que en nuestro caso estamos analizando la gestión de tierras para fines ganaderos, mientras que Almeida et al. (2016) comparaban la distribución de las tierras en función del aprovechamiento.

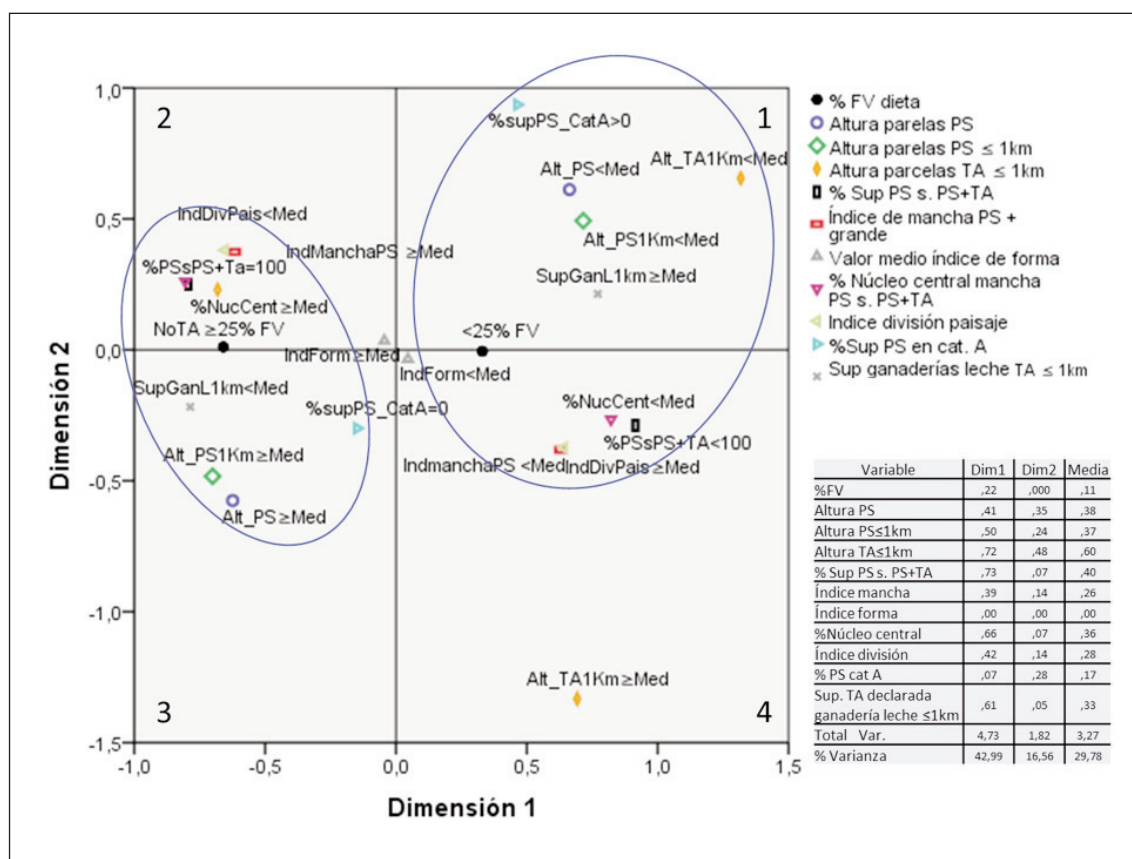
Respecto a la calidad agrícola del suelo de los PS (A mejor calidad y E peor calidad), las ganaderías FV tienen un menor porcentaje de

suelo categoría A y puede ser debido a que las parcelas de las ganaderías FV están localizadas en zonas de mayor altitud, apartadas de la costa, con topografía y climatología más adversa.

Principales correspondencias entre dieta y variables territoriales

En la Figura 2 se muestran las principales asociaciones entre categorías (Tabla 5), representadas gráficamente mediante dos ejes facto-

riales. El ACM explica de media un 29,8 % de la variabilidad total de los datos (inercia media de 0,298) (Tabla 6). Estos valores no son tan elevados como los del anterior ACM, pero son acordes a los obtenidos en el trabajo de Díaz-Varela et al. (2011). El primer eje, que aporta mayor inercia (0,43), está definido por las variables altitud de las parcelas TA y PS a ≤ 1 km, % superficie PS sobre PS+TA y porcentaje de superficie de núcleo central de mancha PS sobre PS+TA. Este primer eje factorial, al igual que en el anterior ACM de



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Representación gráfica del Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) de variables territoriales y medidas discriminación.

Figure 2. Graphic representation in the Multiple Correspondence Analysis (MCA) of territorial variables and discrimination measures.

Tabla 5. Categorías de variables territoriales consideradas en el Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM).
 Table 5. Categories of territorial variables considered in the Multiple Correspondence Analysis (MCA).

VARIABLES TERRITORIALES	Categoría (gráfico)	Descripción	N ⁽¹⁾
% FV ⁽²⁾ sobre materia seca total dieta primavera	<25 % FV	Inferior al 25 % forraje verde	66
	≥25 % FV	Mayor o igual al 25 % forraje verde	33
Altitud parcelas PS ⁽³⁾ (msnm) ⁽⁴⁾	Alt_PS<Med ⁽⁵⁾	Inferior a la mediana (121 m)	48
	Alt_PS≥Med	Mayor o igual a la mediana (121 m)	51
Altitud parcelas PS ≤1 km (msnm)	Alt_PS1Km<Med	Inferior a la mediana (110 m)	49
	Alt_PS1Km≥Med	Mayor o igual a la mediana (110 m)	50
Altitud parcelas TA ⁽⁶⁾ ≤1 km (msnm)	NoTA	No tienen tierras arables	59
	Alt_TA1Km<Med	Inferior a la mediana (58,5 m)	20
	Alt_TA1Km≥Med	Mayor o igual a la mediana (58,5 m)	20
% Superficie PS sobre (PS+TA) ⁽⁷⁾	%PSsPS+TA<100	Inferior al 100 %	46
	%PSsPS+Ta=100	Igual al 100 %	53
Índice de mancha PS más grande (%)	IndmanchaPS <Med	Inferior a la mediana (19,35 %)	49
	IndManchaPS ≥Med	Mayor o igual a la mediana (19,35 %)	50
Valor medio índice de forma	IndForm<Med	Inferior a la mediana (1,6525)	49
	IndForm≥Med	Mayor o igual a la mediana (1,6525)	50
% Sup de núcleo central manchas PS sobre sup. total (PS+TA)	%NucCent<Med	Inferior a la mediana (92,406)	49
	%NucCent≥Med	Mayor o igual a la mediana (92,406)	50
Índice división paisaje (%)	IndDivPais<Med	Inferior a la mediana (92,215)	49
	IndDivPais≥Med	Mayor o igual a la mediana (92,215)	50
% Superficie PS en cat. A ⁽⁸⁾⁽⁷⁾	%supPS_CatA=0	Igual a 0 %	75
	%supPS_CatA>0	Superior a 0 %	24
Sup TA ganaderías leche ≤1 km	SupGanL1km<Med	Inferior a la mediana (3,85ha)	49
	SupGanL1km≥Med	Mayor o igual a la mediana (3,85ha)	50

⁽¹⁾ Número de ganaderías; ⁽²⁾ Forraje verde; ⁽³⁾ Pastos permanentes; ⁽⁴⁾ Metros sobre nivel del mar; ⁽⁵⁾ Mediana; ⁽⁶⁾ Tierras arables; se establecen 3 categorías pues un grupo numeroso no tiene; ⁽⁷⁾ No es posible utilizar la mediana porque es igual a 100 (% superficie PS) o 0 (Cat. A); ⁽⁸⁾ Calidad del suelo (de mejor a peor, cat. A-E).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Resumen del Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) entre dieta y variables territoriales.
 Table 6. Summary of the Multiple Correspondence Analysis (MCA) between diet and territorial variables.

Dimensiones	Alfa de Cronbach	Varianza total (Autovalores)	Inercia	% de la varianza
1	0,867	4,729	0,430	42,993
2	0,496	1,822	0,166	16,560
Total		6,551	0,596	
Media	0,764	3,275	0,298	29,776

Fuente: Elaboración propia.

variables productivas, diferencia bien dos modelos: por un lado, en su parte positiva se sitúan las ganaderías con menor porcentaje de FV en la dieta, además de menor altitud de parcelas, presencia de TA, manchas de parcelas PS más pequeñas, mayor índice de división del paisaje, mejor calidad del suelo y mayor superficie TA declarada por ganaderías de leche en un entorno cercano; en su parte negativa, se situarían las ganaderías con características opuestas.

El segundo eje factorial, que tiene una menor inercia (0,166), está determinado, sobre todo, por altitud de las parcelas TA y PS. Este eje en su parte positiva sitúa explotaciones con menor altitud de parcelas (PS y TA), mejor calidad de suelo (mayor % superficie PS de cat. A) y una mayor superficie TA declarada; mientras que en su parte negativa se sitúan las ganaderías con mayor altitud de las parcelas (PS y TA), mayor índice de división del paisaje y manchas de parcelas PS más pequeñas.

Las principales correspondencias que se observan son 2, representadas por sendos círculos que sobrepasan la amplitud de un cuadrante. La primera correspondencia asociaría, en el segundo cuadrante, a las ganaderías con un mayor contenido de FV en la dieta (≥ 25 %) con las siguientes variables territo-

riales: índice de división del paisaje más bajo, lo cual indica continuidad de parcelas; índice de mancha PS más grande, lo cual significa parcelas más extensas; la totalidad de la superficie aprovechada a PS, por lo que no disponen casi de TA y núcleo de mancha PS más grande. Esta primera correspondencia también asocia, si ampliamos la selección al tercer cuadrante (parte negativa del eje 1), una menor superficie TA declarada por las ganaderías de leche en el entorno próximo (≤ 1 km de la explotación), una mayor altitud de las parcelas PS y menor calidad de la tierra (% sup. PS en cat. A).

La segunda correspondencia, más amplia y por lo tanto más difícil de visualizar, se observa en el cuarto cuadrante con una asociación entre las ganaderías que suministran un menor contenido de FV en la dieta de primavera (< 25 %) y las siguientes variables territoriales: manchas PS más pequeñas, mayor índice de división del paisaje, menor porcentaje de núcleo central de mancha PS y menor porcentaje de superficie PS sobre PS+TA. Si ampliamos la selección al primer cuadrante, se asocia con una mejor aptitud de las parcelas para cultivo agrícola, menor altitud, tanto para PS como para TA, y mayor superficie TA declarada por ganadería de leche.

Conclusiones

Este trabajo demuestra la existencia de diferencias significativas entre los dos grupos de ganaderías considerados, tanto en la caracterización realizada como en el análisis de correspondencias múltiples. La importancia de estos resultados estriba en que incorporan una mejor y más completa caracterización del bovino lechero en Cantabria, al tiempo que identifican la relación de dichas ganaderías con el territorio en función del sistema de alimentación.

En primer lugar, las ganaderías del grupo FV tienen menor dimensión territorial, rebaño, carga ganadera, producción anual de leche y utilización de concentrado mientras que destinan más horas al pastoreo.

En segundo lugar, las ganaderías FV muestran diferencias en la estructura territorial respecto a las ganaderías NFV, pero menos marcadas de lo esperable. El hecho de no existir una relación tan evidente, como en el caso de las variables productivas, nos anima a seguir investigando y a formular la hipótesis de que no existe un modelo único territorial para llevar a cabo este tipo de producción (leche en base a pasto) por lo que el factor territorial influye, pero no determina el modelo productivo. A pesar de ello, se observa que las ganaderías FV tienen mayor altitud, mejor geometría de las parcelas, peor calidad de suelo y dedicación casi exclusiva de la superficie a pastos permanentes, siendo residual el porcentaje dedicado a tierras arables.

En tercer lugar, el análisis de correspondencias múltiples demuestra la asociación entre el consumo de FV y las variables productivas y territoriales, siendo nuevamente más intensa para las primeras.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) [proyecto de investigación RTA2014-00086-C03 y contrato predoctoral FPI-INIA 2015-00016].

Referencias bibliográficas

- Agabriel C., Cornu A., Journal C., Sibra C., Grolier P., Martin B. (2007). Tanker milk variability according to farm feeding practices: vitamins A and E, carotenoids, colour, and terpenoids. *Journal of Dairy Science* 90(10): 4884-4896. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0171>.
- Aldezabal A., Moragues L., Odriozola I., Mijangos I. (2015). Impact of grazing abandonment on plant and soil microbial communities in an Atlantic mountain grassland. *Applied Soil Ecology* 96: 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.013>.
- Almeida C., Mourão M., Dessay N., Lacques A.E., Monteiro A., Durieux L., Venturieri A., Seyler F. (2016). Typologies and spatialization of agricultural production systems in Rondônia, Brazil: Linking land use, socioeconomic and territorial configuration. *Land* 5(2): 18. <https://doi.org/10.3390/land5020018>.
- Alonso del Val F.J., Cofiño A., Fernández J.M., Ferrer F., Francés E., Gutiérrez J.M., Fernández B., Domínguez M. (2008). La Zonificación Agroecológica como mecanismo para potenciar la diversificación de la producción agrícola en Cantabria. *Actas III Congreso de la asociación Hispano-Portuguesa de Economía de los Recursos naturales y Ambientales*, 4-6 de junio de 2008, Palma de Mallorca, España.
- Arnalte Alegre E. (2007). Economía política del proceso de ajuste estructural en la agricultura de los países desarrollados. En: *Políticas agrarias y ajuste estructural en la agricultura española* (Ed. Arnalte Alegre, E.), pp. 17-54. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.

- Beaufoy G., Ruiz-Mirazo J. (2013). Ingredientes para una nueva política agraria común en apoyo de los sistemas ganaderos sostenibles ligados al territorio. *Pastos* 43(2): 25-34.
- Bernués A., Ruiz R., Olaizola A., Villalba D., Casasús I. (2011). Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. *Livestock Science* 139(1-2): 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.018>.
- Botana-Fernández A., Pereira-Crespo S., Lorenzana-Fernández R., Veiga-López M., Resch-Zafra C., González-González L., Castro-Insua J., Dagnac T., Valladares-Alonso J., Flores-Calvete G. (2018). Estructura e sistemas de alimentación en explotaciones leiteiras de Galicia. *CIAM*. 80 pp.
- Bradfield T., Butler R., Dillon E.J., Hennessy T. (2020). The factors influencing the profitability of leased land on dairy farms in Ireland. *Land Use Policy* 95: 104649. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104649>.
- Calcedo Ordoñez V. (2013). Cantabria en el sector lácteo español: Un radical cambio estructural. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 234: 13-48.
- Fernández Rodríguez-Arango B. (2007). Los pastos en Cantabria y su aprovechamiento. CIFA (Centro de Investigación y Formación Agrarias). DG Desarrollo Rural. Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 91 pp.
- Díaz-Varela E.R., Vazquez-Gonzalez I., Marey-Pérez M.F., Álvarez-López C.J. (2011). Assessing methods of mitigating wildlife-vehicle collisions by accident characterization and spatial analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 16(4): 281-287. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.01.002>.
- Fariña S.R., Chilbroste P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems* 176: 102631. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.001>.
- Flores-Calvete G., Martínez-Fernández J., Doltra A., García-Rodríguez P., Eguinoa-Ancha P. (2017). Estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Informe Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 51 pp.
- García-Arias A.I., Vázquez-González I., Sineiro-García F., Perez-Fra M. (2015). Farm diversification strategies in northwestern Spain: Factors affecting transitional pathways. *Land Use Policy* 49: 413-425. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.08.011>.
- García-Martínez A., Bernués A., Riedel J.L., Olaizola A. (2006). Recent evolution of suckler cow farming systems in the Spanish Central Pyrenees. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens* 78: 97-102.
- García-Martínez A., Olaizola A., Bernués A. (2009). Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. *Animal* 3: 152-165. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003297>.
- García-Suárez E., García-Arias A.I., Vázquez-González I. (2019). Situación productiva reciente de las explotaciones con bovino en España: el caso de la Cornisa Cantábrica. *EARN: Economía Agraria y Recursos Naturales* 19(2): 93-113. <https://doi.org/10.7201/earn.2019.02.05>.
- García-Suárez E., Ruiz-Escudero F., García-Arias A.I., Vázquez-González I. (2020). Caracterización productiva y socioeconómica de las explotaciones con vacas de carne en Cantabria. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 256: 175-196.
- García-Suárez E. (2021). El sector bovino en Cantabria. Dinámica, caracterización y análisis de su sostenibilidad. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela.
- Hadjigeorgiou I., Osoro K., Fragoso de Almeida J.P., Molle G. (2005). Southern European grazing lands: production, environmental and landscape management aspects. *Livestock Production Science* 96(1): 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.05.016>.
- Hughner R.S., McDonagh P., Prothero A., Shultz C.J., Stanton J. (2007). Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. *Journal of Consumer Behaviour* 6: 94-110. <https://doi.org/10.1002/cb.210>.

- Herrera P.M. (ed.) (2020). Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo. 30 pp.
- Iraizoz B., Gorton M., Davidova S. (2007). Segmenting farms for analysing agricultural trajectories: a case study of the Navarra region in Spain. *Agricultural Systems* 93(1-3): 143-169. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.05.002>.
- Le Roux B., Rouanet H. (2004). Geometric data analysis: from correspondence analysis to structured data analysis. Springer Science & Business Media. 475pp. <https://doi.org/10.1007/1-4020-2236-0>.
- Lombardi G., Peira G., Cortese D. (2019). The supply chains of cow grass-fed milk. En: *Milk-based beverages*, volume 9: The Science of Beverages (Ed. Mihai Grumezescu A, Holban AM), pp. 297-330. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815504-2.00009-8>.
- MacDonald J.M., O'Donoghue E., McBride W.D., Nehring R.F., Sandretto C., Mosheim R. (2007). Profits, costs and the changing structure of dairy farming. *Economic Research Report* 47. USDA-ERS. 41 pp.
- MAPA (2022). Estructura del sector vacuno lechero en España y en la UE: 2017-2021. SG de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, DG de Producciones y Mercados Agrarios, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 61 pp.
- McGarigal K. (2017). Landscape metrics for categorical map patterns. *Lecture Notes*.
- NRC (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Research Council. 7th ed.; National Academies Press: Washington, DC, USA.
- Olaizola A., Bernués A., Blasco I., Sanz A. (2012). Perspectivas de una carne de calidad diferenciada: análisis exploratorio para la carne de vacuno "Serrana de Teruel". *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 108: 546-562.
- Pateiro M., Munekata P.E.S., Domínguez R., Lorenzo J.M. (2020). Ganadería extensiva frente al cambio climático en España. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 116(5): 444-460. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.024>.
- Qi A., Holland R.A., Taylor G., Richter G. (2018). Grassland futures in Great Britain-Productivity assessment and scenarios for land use change opportunities. *Science of The Total Environment* 634: 1108-1118. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.395>.
- Santiago C., Vicente F., Jiménez-Calderón J.D., Soldado A., Martínez-Fernández A. (2017). Caracterización de los actuales modelos de alimentación para la producción de leche de vaca en Asturias (España) y su influencia sobre la producción de la leche. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 113: 335-346. <https://doi.org/10.12706/itea.2017.021>.
- Sineiro García F., Lorenzana Fernández R., Vázquez González I. (2012). Situación actual y cambios previstos en la estructura y en el sistema productivo de las explotaciones de leche en Galicia. *Pastos* 42 (1): 67-92.
- Slots T., Butle G., Leifert C., Kristensen T., Skibsted L., Nielsen J. (2009). Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies. *Journal of Dairy Science* 92(5): 2057-2066. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1392>.
- Smit H.J., Metzger M.J., Ewert F. (2008). Spatial distribution of grassland productivity and land use in Europe. *Agricultural systems* 98(3): 208-219. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.07.004>.
- Vázquez González I., Marey Pérez M., Sineiro García F., Lorenzana Fernández R., García Arias A.I., Pérez Fra M. (2012). Caracterización productiva y relaciones con el territorio de las explotaciones de bovino en Galicia. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 233: 69-100.
- Vázquez González I. (2013). Situación actual, dinámica y estrategias de las explotaciones con bovino en el norte de España. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela.
- Vázquez-González I., García-Suárez E., Villar-Bonet A., Ruiz-Escudero F., García-Arias A.I. (2019). Caracterización productiva y manejo del territorio de una muestra de ganaderías con vacuno de leche en Cantabria según el sistema de alimentación. *Vaca Pinta* 13: 118-126.
- Vázquez-González I., Pérez-Fra M., García-Arias A.I., Valdés-Paços B., López-Iglesias E. (2021).

- Rendered agroecosystem services and dysservices of dairy farming: a bottom-up approach in Galicia (Spain). *Sustainability* 13(15): 8509. <https://doi.org/10.3390/su13158509>.
- Villar A., Moros R., Doltra J., Salcedo G., Vázquez I., Fernández B., Busqué J. (2016). Aplicación del análisis factorial a la tipificación de las explotaciones lecheras de Cantabria en función del manejo del territorio. Libro de actas de la 55 Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). 26-29 abril, Lugo-A Coruña. pp. 265-270.
- Villar A., Doltra J., Moros R., Salcedo G., Vázquez I., Busqué J. (2017). Relación entre manejo de la base territorial, modelos de dieta y perfil de ácidos grasos de la leche. Actas XVII Jornadas sobre Producción Animal. 30-31 mayo, Zaragoza.
- Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. pp. 669-671.
- Villar A., Vázquez-González I., Vicente F., Salcedo G., González L., Botana A., Royo L., Eguinoa P., Busqué J. (2021a). Study of the variability in fatty acids and carotenoid profiles: laying the ground for tank milk authentication. *Sustainability* 13(8): 4506. <https://doi.org/10.3390/su13084506>.
- Villar A., Salcedo G., Vázquez-González I., Suárez E., Busqué J. (2021b). Is it possible to estimate the composition of a cow's diet based on the parameters of its milk?. *Sustainability* 13(8): 4474. <https://doi.org/10.3390/su13084474>.
- (Aceptado para publicación el 28 de septiembre de 2023)

Importancia de la evaluación del espesor de grasa y de magro dorsal en cerdas hiperprolíficas

María José Carrión-López^{*,a}, Silvia Martínez-Miró y Juan Orengo

Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Campus Regional de Excelencia Internacional "Mare Nostrum", Universidad de Murcia, 30100 Murcia, España.

^a Dirección actual: Oficina de proyectos Genera PMO. Ctra. Nueva, 42, 30816 La Hoya-Lorca, Murcia, España.

Resumen

En los últimos años, las cerdas han experimentado una importante transformación genética (productiva y morfológica) que conlleva mayores necesidades nutricionales a lo largo del ciclo productivo. El objetivo de este estudio fue profundizar en el conocimiento sobre la gestión de las reservas corporales (grasa y magro) en cerdas hiperprolíficas de una granja comercial. Los días de la inseminación, 40 y 110 de gestación, y el del destete, se registraron el espesor de grasa dorsal (EGD) y el espesor de magro dorsal (EMD) en un total de 283 cerdas con diferente número de parto. Se analizaron el efecto de la paridad y de la ratio grasa:magro (EGD:EMD) sobre la evolución de las reservas a lo largo del ciclo productivo, tras categorizar las cerdas en 3 niveles en función de los percentiles 25 y 75 (Grupo Bajo, Medio y Alto), así como su potencial repercusión sobre los parámetros reproductivos. En comparación con las primíparas y las múltiparas, las nulíparas mostraron una menor deposición de grasa en la gestación, especialmente en el primer tercio, a la vez que presentaron una mayor movilización de magro en lactación y en el global del ciclo productivo. En cuanto a la relación grasa:magro, las nulíparas con mayor ratio frente a aquellas con menor ratio mostraron una mayor movilización de grasa y magro en lactación. En cerdas primíparas y múltiparas, la deposición de grasa a lo largo del ciclo productivo era menor en cerdas con mayor relación EGD:EMD respecto a las de menor ratio, mientras la movilización de magro fue menor en el segundo y tercer tercio de gestación. A su vez, los valores iniciales de grasa y magro mostraron una correlación positiva y alta o moderada con los valores de grasa y magro, respectivamente, a lo largo del ciclo productivo; sin embargo, la correlación cruzada entre la grasa y el magro fue baja o nula. Desde el punto de vista reproductivo, se observó que las cerdas primíparas y múltiparas con mayor relación EGD:EMD también presentaron una mayor tasa de eliminación. Los resultados evidencian la necesidad de un manejo específico de la alimentación según la paridad de la cerda (nulíparas vs. primíparas y múltiparas). El estudio también sugiere que las mediciones periódicas de grasa y magro podrían ser una herramienta práctica y sencilla que permitiría a los nutricionistas evaluar los planes de alimentación aplicados en cada granja. Así, el establecimiento de recomendaciones para la ratio EGD:EMD aportaría una unidad de medida más objetiva sobre el estado nutricional de las cerdas y permitiría ajustar un aporte de nutrientes adecuado en cada etapa del ciclo productivo en las líneas hiperprolíficas actuales.

Palabras clave: Gestación, lactación, reservas corporales, grasa dorsal, magro dorsal, nutrición, cerdas.

* Autor para correspondencia: mariajose.carrion@um.es

Cita del artículo: Carrión-López M.J., Martínez-Miró S., Orengo J. (2024). Importancia de la evaluación del espesor de grasa y de magro dorsal en cerdas hiperprolíficas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 120(1): 51-69. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.017>



Importance of assessing backfat thickness and loin depth with current hyperprolific sows

Abstract

In recent years, sows have undergone a great genetic transformation (productive and morphological), which leads to higher nutritional requirements during their productive cycle. The main objective of this study was to improve the knowledge about body reserves (backfat thickness and loin depth) in a commercial farm with hiperprolific sows. On a total of 283 sows of different parities, backfat thickness and loin depth were recorded at the day of insemination, at days 40 and 110 of gestation, and at weaning. Thus, the effect of parity and the effect of lean-to-fat ratio (categorized into three groups according to their 25th and 75th percentiles: Low, Medium and High) on body reserves during the whole period were evaluated; as well as its potential impact on some reproductive parameters. Gilts showed a lower fat deposition than primiparous and multiparous sows, mainly in early gestation; in addition, they had a greater loss of the loin during the lactation and the whole productive period. Regarding to lean-to-fat ratio, gilts with higher vs. lower ratio showed greater losses of backfat and loin depth during lactation. Backfat gain during the productive cycle was lower in primiparous and multiparous sows with the highest ratio; while during mid and late gestation, the loss of loin depth was lower than sows with the lowest ratio. Moreover, the initial values of backfat and loin depth presented a high and moderate positive correlation with their own backfat and loin depth values (during the whole period); however, the cross-correlation between backfat and loin depth was lower or null, highlighting the importance of measuring both. From a reproductive point of view, primiparous and multiparous sows with the highest lean-to-fat ratio showed the highest culling rate. The results underline the need for specific feeding management according to parity (nuliparous vs. primiparous and multiparous). The study also suggests that periodic measurements of backfat and loin depth are a useful tool that allows nutritionists to evaluate the feeding plan applied to each farm. Thus, the establishment of recommendations for the lean-to-fat ratio, on the one hand, would provide a more objective unit of measurement on the nutritional status of sows; and, on the other hand, would allow adjusting an adequate nutrient intake at each stage of the productive cycle of hyperprolific lines.

Keywords: Gestation, lactation, body reserves, backfat thickness, loin depth, nutrition, sows.

Introducción

En los últimos 30 años, las cerdas han experimentado una importante transformación genética que ha dado lugar a un aumento relevante en el tamaño de camada (Oliviero et al., 2019), altas tasas de crecimiento, mejor eficiencia alimentaria y mayor proporción del tejido muscular (con un mayor tamaño de las cerdas en la madurez) (Ferreira et al., 2021). Estos cambios implican variaciones metabólicas, fisiológicas y de necesidades ambientales, que conllevan mayores necesidades nutricionales durante la gestación, el parto y la lactación (De Blas, 2013; Oliviero et al., 2019). En las nuevas líneas genéticas, desde el nacimiento y durante todas las eta-

pas de su ciclo productivo, la cerda se expone a diferentes requerimientos que van a repercutir en su capacidad productiva y reproductiva.

A pesar de que las cerdas actuales son mucho más eficientes, no son capaces de compensar el incremento de las demandas metabólicas a través del aumento del consumo de pienso (Strathe et al., 2017). Durante la última fase de gestación y durante la lactación, las cerdas tienen mayores demandas nutricionales (principalmente en términos de lisina y energía) (Kim et al., 2016; Tokach et al., 2019; Costermans et al., 2020a). La cantidad de alimento ofrecido durante la gestación debe proporcionar cantidades suficientes de nutrientes para el mantenimiento o el aumento de peso

materno, el crecimiento fetal y placentario, y el desarrollo de la glándula mamaria (National Research Council, 2012), así como soportar la producción de leche para abastecer a camadas supernumerarias sin incurrir en pérdidas sustanciales de condición corporal que puedan perjudicar los siguientes rendimientos reproductivos.

Mantener una condición corporal óptima mejora la salud animal y es un prerequisite para lograr un nivel de producción adecuado (Maes et al., 2004). La puntuación de la condición corporal (CC), mediante escala del 1 (muy delgada) al 5 (muy gorda), ha sido extensamente utilizada para evaluar el estado nutricional de las cerdas en granja comercial. Sin embargo, estudios como el de Carrión-López et al. (2022b) revelan que las cerdas con una puntuación de condición corporal 3 tenían un amplio rango de medidas de espesor de grasa dorsal (EGD) y espesor de magro dorsal (EMD). Estos autores mostraron que, a su vez, la correlación entre estos parámetros resultó ser también baja ($r_{CC-EGD} = 0,30$ y $r_{CC-EMD} = 0,28$). En este sentido, el control del EGD y EMD en el punto P2 (última costilla, a 65 mm de la línea central del lomo) aporta un valor más objetivo que la condición corporal en una escala visual del 1 al 5 (Roongsitthichai y Tummaruk, 2014; Carrión-López, et al., 2022b). Por otra parte, Houde et al. (2010) mostraron que era más importante mantener un nivel óptimo de EGD a lo largo del ciclo productivo que en un momento puntual (al día 109 de gestación). Además, Roongsitthichai y Tummaruk (2014) recomendaron que el peso de la cerda debía ser controlado con el fin de evitar las pérdidas excesivas de grasa durante los periodos de gestación y lactación.

En esta línea, las empresas de genética recomiendan y fijan unos valores específicos de EGD para sus cerdas a la inseminación y al parto, según su paridad, con el objetivo de que puedan expresar todo su potencial productivo. Así, las recomendaciones actuales

para cerdas de genética DanBred en el momento de la inseminación son de 14-15 mm y 12-14 mm de EGD para cerdas nulíparas y múltiparas, respectivamente; y en el momento del parto de 14-17 mm, para cerdas nulíparas y múltiparas (DanBred, 2020). Sin embargo, en genéticas actuales con alto nivel de producción, alta proporción de tejido magro, y en las que los nutrientes son obtenidos de la alimentación y de la propia movilización de reservas corporales en momentos de estado catabólico (final de gestación y lactación) (Strathe et al., 2020), sería conveniente establecer recomendaciones no solamente para las reservas grasas, sino también para el espesor de magro en aras de preservar y evitar la movilización de tejido muscular. Por tanto, el estudio de la evolución de las reservas de grasa y magro o de la relación grasa:magro en las granjas comerciales, según la paridad, ayudaría a los técnicos a formular piensos con niveles de nutrientes objetivos y adecuados según las condiciones reales y actuales de producción. Así, el presente estudio se realizó con la finalidad de profundizar en el conocimiento sobre la gestión de reservas corporales (grasa y magro) en las líneas de cerdas hiperprolíficas actuales y su efecto sobre los parámetros reproductivos.

Material y métodos

Animales y datos registrados

El estudio se llevó a cabo en una granja comercial de Murcia (España) entre los meses de junio y octubre de 2022, incluyendo las cerdas de 3 bandas semanales consecutivas ($n = 283$; Danish Landrace \times Danish Yorkshire) de entre 1 y 6 partos (media \pm DE; $2,91 \pm 1,78$) (Nulíparas: $n = 91$, consideradas cerdas de primer parto hasta que se destetan; Primíparas: $n = 53$, cerdas que comienzan su segundo ciclo; y Múltiparas: $n = 139$, cerdas a partir de su tercer ciclo). Se estudió a las cerdas desde

la inseminación hasta el destete y, posteriormente, se las controló hasta el día 28 de gestación de su siguiente ciclo (Figura 1). Los datos y parámetros registrados el día de la inseminación (d0), el día 40 (d40) y 110 de gestación (d110), y el día del destete (dDTT), incluyeron el EGD y EMD. Estos parámetros se midieron mediante un equipo de ecografía con una sonda lineal (SF1, Wireless Backfat and Loin Depth Scanner, Sonivet, Pekín, China) en la posición P2. Las mediciones ecográficas se repitieron dos veces (en el lado de-

recho), y su media se utilizó para realizar los cálculos posteriores. Asimismo, se calculó la variación porcentual de grasa y magro respecto al valor inicial por etapas (primer tercio, segundo y tercer tercio de gestación, lactación, y cambios globales o acumulados durante el ciclo productivo). Además, se calculó la ratio EGD:EMD (d0) para cada cerda y éstas fueron categorizadas en tres niveles según los percentiles 25 y 75 (Grupo Bajo, Medio y Alto), diferenciando cerdas nulíparas de primíparas y multíparas (Tabla 1).

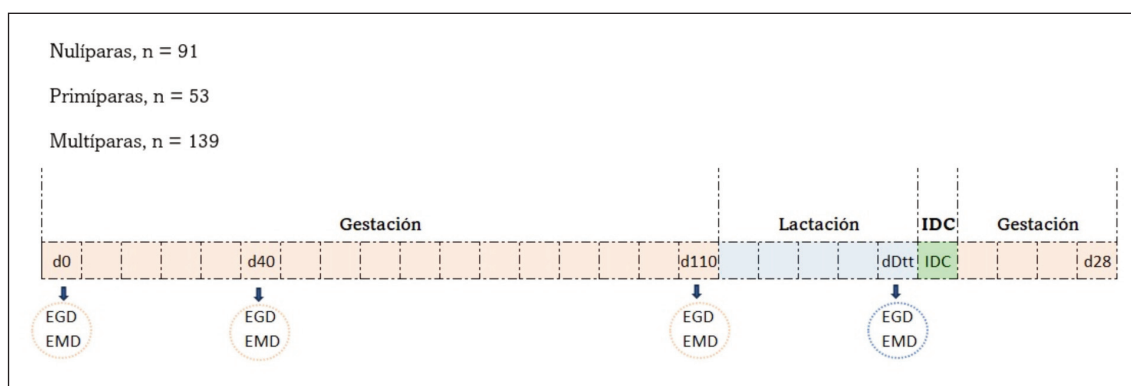


Figura 1. Representación gráfica del ciclo productivo por semanas de la cerda y de los momentos de medición de espesor de grasa dorsal (EGD) y espesor de magro dorsal (EMD).

Figure 1. Graphical representation of the sow's productive cycle by weeks and of time of measurements of backfat thickness (EGD) and loin muscle depth (EMD).

Tabla 1. Descripción de los niveles (rango de valores) para la ratio EGD:EMD el día de la inseminación en función de la paridad.

Table 1. Description of the levels (range of values) for the backfat:loin muscle depth ratio (EDG:EMD) on the day of insemination as a function of parity.

		Ratio EGD:EMD	
		Nulíparas	Primíparas Multíparas
Cuartil 1 (Q1)	Grupo Bajo	≤0,14	≤0,16
Rango Q1-Q3	Grupo Medio	0,14 – 0,19	0,16 – 0,26
Cuartil 3 (Q3)	Grupo Alto	≥0,19	≥0,26

Los niveles/grupos se establecieron según los percentiles 25 (Cuartil 1 (Q1)), 25-75 (Rango Q1-Q3) y 75 (Cuartil 3 (Q3)) para la ratio EGD:EMD.

Se registró el número de cerdas con diagnóstico ecográfico de gestación positivo y el número de cerdas que parieron sobre el total de cerdas inseminadas para el cálculo de la tasa de fertilidad y tasa de partos, respectivamente. También se controló el número de lechones nacidos totales, el intervalo de días entre el destete y la cubrición (IDC) y entre el destete y la cubrición fértil; así como, el número de cerdas con diagnóstico ecográfico de gestación positivo en el siguiente ciclo y el número y causa de cerdas destinadas a matadero (según el manejo habitual en granja) o cerdas muertas, para el cálculo de la tasa de fertilidad del siguiente ciclo y la tasa de eliminación durante el periodo de estudio.

Inseminación y manejo

Al destete, las cerdas se alojaron en la unidad de gestación y fueron receladas diariamente con verracos maduros para la detección del celo. Una vez que las cerdas mostraron el celo, fueron inseminadas cada 24 h y durante todo el periodo de celo (media \pm DE; $2,56 \pm 0,56$ inseminaciones por cerda). Las cerdas nulíparas fueron inseminadas usando la técnica de inseminación cervical con semen de una línea Duroc con $3,0 \times 10^9$ espermatozoides morfológicamente normales, mientras las múltiparas fueron inseminadas mediante inseminación intrauterina con dosis de $1,5 \times 10^9$ espermatozoides. Las cerdas se mantuvieron hasta el día 28 de gestación en alojamiento individual y después se trasladaron a corrales interiores (7,0 m \times 5,5 m), donde se mantuvieron en grupos de 16 cerdas hasta los 110 ± 2 días de gestación. A las hembras se les suministraba a menudo paja y, además, contaban con elementos de enriquecimiento ambiental en cada corral para evitar la aparición de estereotipias (taco de madera blanda sin tratar).

El día 110 de gestación, las cerdas se trasladaron a la unidad de partos, donde fueron

alojadas de forma individual en una paridera con jaula (0,60-0,80 m \times 2,20-2,40 m, según el tamaño de la cerda) con suelo de rejilla y placa calefactora situada en la zona de descanso de los lechones. A las 24 h del parto, se igualaron las camadas según el tamaño y número, estandarizando las camadas a 14 lechones. Al destete (25 ± 4 días de lactación), las cerdas volvieron a las jaulas de gestación individuales. Todas las mediciones y prácticas de manejo se realizaron de acuerdo con la legislación europea (Consejo de la Unión Europea, 2008) y nacional (MPR, 2020).

Manejo de la alimentación

La granja disponía de un sistema de alimentación líquida (durante todo el ciclo productivo), en la que la relación pienso y agua era de 1:4,5. Durante el periodo de celo (2-3 días), las cerdas fueron alimentadas con 2,2 kg/día de pienso comercial de gestación (2.260 Kcal EN/kg; 125,1 g PB/kg y 6,6 g lisina/kg). La cantidad de alimento ofrecida se aumentó según la condición corporal con $3,0 \pm 0,5$ kg/día hasta el día 28 de gestación. Del día 29 al 110, las cerdas recibieron de nuevo 2,2 kg/día. A partir del día 110, a todos los animales se les ofreció la misma cantidad de un pienso de lactación comercial convencional (2.300 Kcal EN/kg; 162,4 g PB/kg y 10,4 g lisina/kg). Tras el parto, las cerdas fueron alimentadas tres veces al día, a las 06:00, 12:00 y 18:00 h. La cantidad inicial de alimento se ajustó para cada cerda lactante (2,5 kg/día) aumentando gradualmente la cantidad diaria suministrada en 0,5 kg/día hasta un máximo de 12 kg/día. A partir del destete, a todas las cerdas se les ofreció aproximadamente 3,0 kg/día del pienso de gestación. La base de los piensos era trigo, cebada, maíz y soja. No se registró el consumo de pienso de las cerdas.

Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS versión 28.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) utilizando la cerda como unidad experimental. En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de los valores iniciales de EGD y EMD de las cerdas a día 0 (a la inseminación). La evolución del EGD y el EMD a lo largo del ciclo productivo, y sus variaciones en porcentaje por etapa, se analizaron con un modelo lineal general ANOVA, considerando la variable independiente paridad (con 3 niveles: nulíparas, primíparas, y multíparas) (Tabla 1). Posteriormente, se realizó el análisis en función de los grupos de ratio EGD:EMD (Grupo Bajo, Medio y Alto), diferenciando cerdas nulíparas de primíparas y multíparas. Además, se determinó el coeficiente de Pearson para evaluar las relaciones lineales entre EGD, EMD y sus variaciones con respecto al valor inicial (expresadas en porcentaje).

La tasa de fertilidad, tasa de partos y tasa de eliminación de las cerdas fueron codificadas como variables binarias (0 y 1) y analizadas mediante una prueba de Chi cuadrado, estimando los porcentajes para cada grupo según la ratio EGD:EMD (Grupos Bajo, Medio y Alto). Por otro lado, el intervalo destete-cubrición (IDC) y el intervalo destete cubrición fértil (IDCF), que mostraron una distribución no normal, se analizaron con pruebas no paramétricas (test de la mediana y test de Kruskal-Wallis).

Para todos los análisis, las diferencias se consideraron como significativas con valores de $p \leq 0,05$ y se consideró como tendencia cuando los valores estaban entre 0,05 y 0,10.

Resultados

Evolución de las reservas corporales (EGD y EMD) a lo largo del ciclo productivo según la paridad

Las cerdas nulíparas presentaron menor EGD que primíparas y multíparas a lo largo de toda la gestación y al destete (Fig. 2A). Respecto a la variación de grasa según la etapa del ciclo (Fig. 2B), durante el primer tercio de gestación, las nulíparas tuvieron menor deposición de EGD que las primíparas y multíparas; sin embargo, durante el segundo y tercer tercio de gestación y durante la lactación (d110-d40), el balance fue similar entre paridades. En el balance global del ciclo inseminación-destete (dDtt-d0), éste fue positivo en primíparas y multíparas (+21 % y +24 %, respectivamente), mientras que en las nulíparas fue nulo.

Respecto a la evolución del EMD, aunque al inicio del ciclo (d0) fue mayor en nulíparas y multíparas que en primíparas, desde el día 40 hasta el destete, las cerdas nulíparas tuvieron el menor EMD (Fig. 3A); mientras que las primíparas mostraron valores intermedios entre nulíparas y multíparas a día 40 de gestación y al destete. En relación con las variaciones según la etapa del ciclo (Fig. 3B), durante el primer tercio de gestación, las nulíparas tuvieron menor ganancia de EMD que primíparas y multíparas. En el segundo y tercer tercio de gestación, aunque las cerdas de las 3 paridades perdieron EMD, las nulíparas perdieron más cantidad que las primíparas. Además, durante la lactación, las nulíparas también perdieron mayor EMD que primíparas y multíparas. Por lo tanto, el balance global resultó negativo en nulíparas y positivo o no diferente de cero para primíparas y multíparas (-17 % vs. +5 % y +2 %, respectivamente).

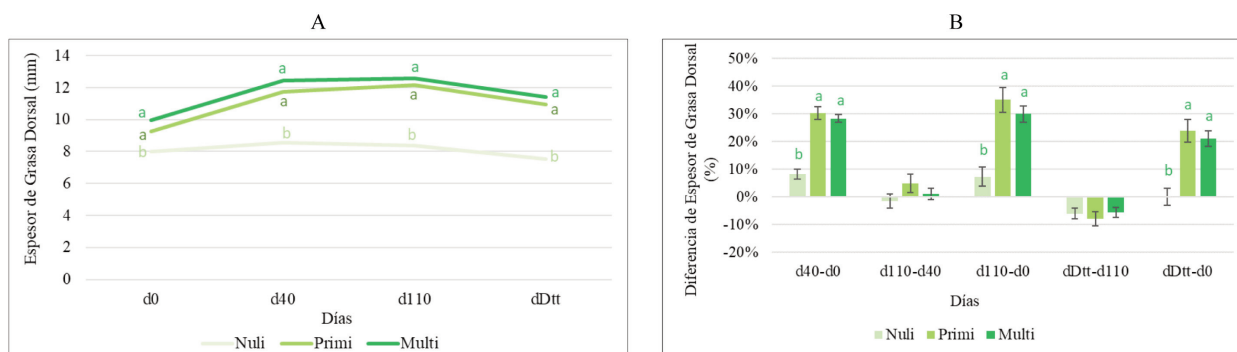


Figura 2. Evolución del Espesor de Grasa Dorsal (EGD) a lo largo del ciclo productivo y sus variaciones por etapa del ciclo (expresadas como porcentaje respecto al valor inicial) en cerdas hiperprolíficas según la paridad (nulíparas, primíparas y múltiparas) ($n = 283$). En el eje de la X se representa el día de control (Fig. 2A), donde d0 representa el inicio del ciclo, d40 (40 días de gestación), d110 (110 días de gestación) y (dDtt), el destete, o la etapa del ciclo (Fig. 2B): primer tercio de gestación (d40-d0), segundo y tercer tercio de gestación (d110-d40), el periodo completo de gestación (d110-0), la lactación (dDtt-d110) y ciclo productivo completo (dDtt-d0; en el eje de la Y se representa el EGD en milímetros (mm) (Fig. 2A) y las variaciones de EGD según la etapa del ciclo productivo en porcentaje (%) (Fig. 2B). ^{a,b}Diferentes letras dentro de día o etapa expresan diferencias significativas a $p \leq 0,05$.

Figure 2. Evolution of backfat thickness (EGD) throughout the productive cycle and its variations by stage of the cycle (expressed as a percentage with respect to the initial value) in hyperprolific sows according to parity (gilts, primiparous and multiparous) ($n = 283$). The X axis represents the control day (Fig. 2A), where d0 represents the beginning of the cycle, d40 (40 days of gestation), d110 (110 days of gestation) and (dDtt), weaning, or the stage of the cycle (Fig. 2B): first third of gestation (d40-d0), second and third third of gestation (d110-d40), the complete gestation period (d110-0), lactation (dDtt-d110) and complete productive cycle (dDtt-d0; on the Y-axis, EGD is represented in millimeters (mm) (Fig. 2A) and the variations of EGD according to the stage of the productive cycle in percentage (%) (Fig. 2B). ^{a,b}Different letters within day or stage mean significant differences at $p \leq 0.05$.

Evolución de las reservas corporales (EGD y EMD) a lo largo del ciclo productivo según la ratio EGD:EMD

Teniendo en cuenta las diferencias observadas entre las cerdas nulíparas y el resto de las cerdas (primíparas y múltiparas), y que las reservas corporales incluyen ambas variables: grasa y magro, se analizó la evolución de EGD y EMD según la etapa del ciclo y según la ratio entre ambas variables para nulíparas (Fig. 4), y primíparas y múltiparas (Fig. 5). En las cerdas nulíparas, no se encontraron diferencias en la evolución de EGD durante el periodo de gestación, pero sí durante la lactación, donde la movilización de EGD fue mayor en

las cerdas con mayor relación grasa:magro (Fig. 4A). Así, en el balance global del ciclo productivo, las cerdas en el Grupo Alto movilizaron EGD, mientras que las del Grupo Bajo aumentaron el EGD. En relación con la evolución de EMD a lo largo del ciclo productivo (Fig. 4B), se observaron diferencias opuestas entre grupos. Mientras en el periodo global de gestación, las cerdas en el Grupo Bajo y Medio perdieron mayor cantidad de EMD que las del Grupo Alto (-12 % y -14 % vs. -4 %), durante la lactación, las del Grupo Alto perdieron mayor cantidad de EMD que las del Grupo Medio (-15 % y -5 %, respectivamente); y, las del Grupo Bajo tuvieron una pérdida intermedia (-6 %). Por

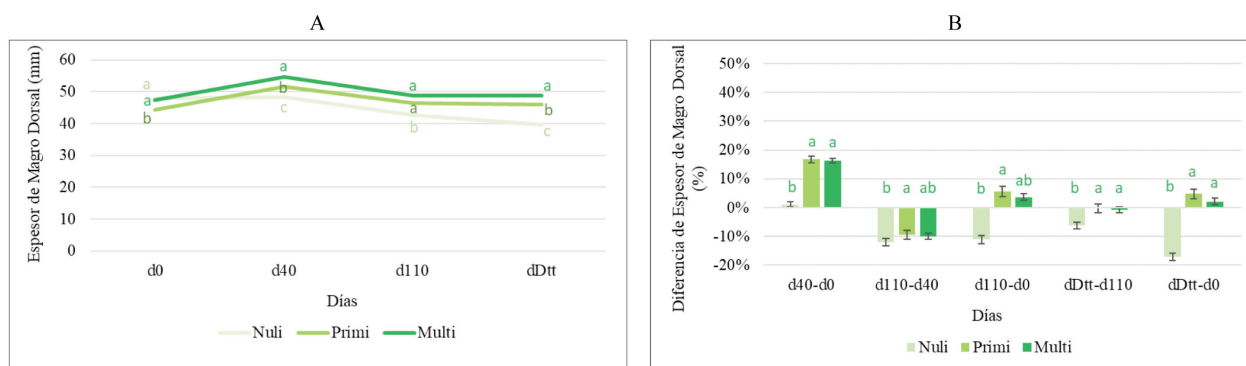


Figura 3. Evolución del Espesor de Magro Dorsal (EMD) a lo largo del ciclo productivo y sus variaciones por etapa del ciclo (expresadas como porcentaje respecto al valor inicial) en cerdas hiperprolíficas según la paridad (nulíparas, primíparas y múltiparas) ($n = 283$). En el eje de la X se representa el día de control (Fig. 3A), donde d0 representa el inicio del ciclo, d40 (40 días de gestación), d110 (110 días de gestación) y (dDtt), el destete, o la etapa del ciclo (Fig. 3B): primer tercio de gestación (d40-d0), segundo y tercer tercio de gestación (d110-d40), el periodo completo de gestación (d110-0), la lactación (dDtt-d110) y ciclo productivo completo (dDtt-d0; en el eje de la Y se representa el EMD en milímetros (mm) (Fig. 3A) y las variaciones de EMD según la etapa del ciclo productivo en porcentaje (%) (Fig. 3B). ^{a,b}Diferentes letras dentro de día o etapa expresan diferencias significativas a $p \leq 0,05$.

Figure 3. Evolution of loin muscle depth (EMD) throughout the productive cycle and its variations by stage of the cycle (expressed as a percentage with respect to the initial value) in hyperprolific sows according to parity (gilts, primiparous and multiparous) ($n = 283$). The X axis represents the control day (Fig. 3A), where d0 represents the beginning of the cycle, d40 (40 days of gestation), d110 (110 days of gestation) and (dDtt), weaning, or the stage of the cycle (Fig. 3B): first third of gestation (d40-d0), second and third third third of gestation (d110-d40), the complete gestation period (d110-0), lactation (dDtt-d110) and complete productive cycle (dDtt-d0; on the Y-axis is, EMD is represented in millimeters (mm) (Fig. 3A) and EMD variations according to the stage of the productive cycle in percentage (%) (Fig. 3B). ^{a,b}Different letters within day or stage mean significant differences at $p \leq 0.05$.

tanto, el balance del ciclo completo fue similar entre los grupos (alrededor del -18%).

Por otro lado, en las cerdas primíparas y múltiparas, la variación de EGD y EMD también fue dependiente de la ratio EGD:EMD. Durante el primer tercio de gestación, las cerdas del Grupo Bajo y Medio depositaron mayor porcentaje de grasa que las del Grupo Alto ($+37\%$ y $+31\%$ vs. $+19\%$) (Fig. 5A). Durante el resto de las etapas, las diferencias entre grupos no fueron estadísticamente significativas. El balance del ciclo completo fue positivo en todos los grupos, y las cerdas del Grupo Bajo depositaron mayor porcentaje

de EGD ($+33\%$) que las cerdas del Grupo Alto ($+11\%$). Respecto a la evolución del magro, el porcentaje de variación de EMD durante el primer tercio de gestación en las cerdas múltiparas no fue diferente entre los grupos (Fig. 5B). En el segundo y tercer tercio de gestación, las cerdas en el Grupo Bajo tuvieron una mayor pérdida de magro que las del Grupo Alto (-18% vs. -9%) y, por tanto, el balance de gestación fue diferente entre los Grupos Bajo y Alto ($-1,4\%$ y $+9\%$; respectivamente). El balance en lactación o de ciclo completo de múltiparas más primíparas no fue diferente entre los grupos con diferente relación grasa:magro.

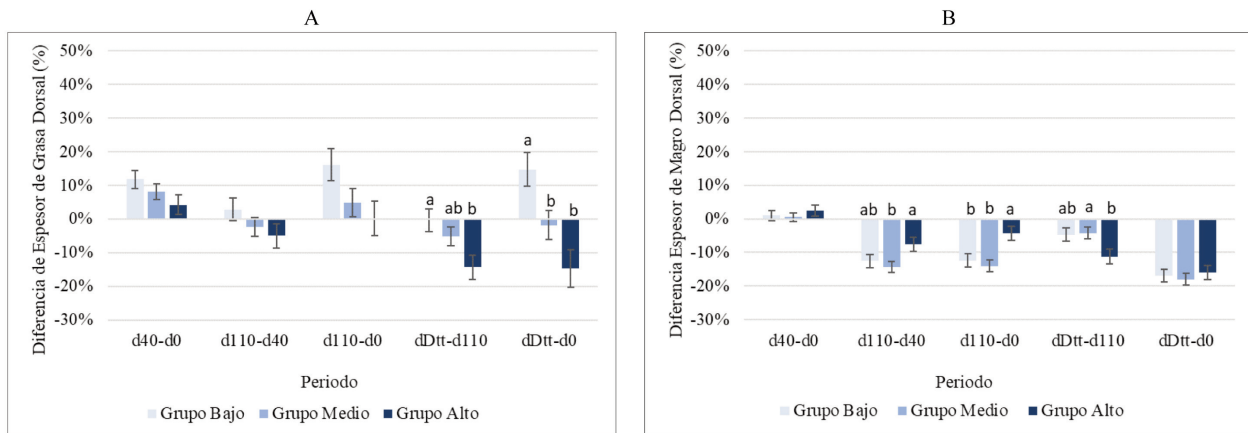


Figura 4. Evolución del Espesor de Grasa (EGD) y Magro Dorsal (EMD) en cerdas nulíparas hiperprolíficas (n = 91) según la ratio EGD/EMD al inicio del ciclo y la etapa del ciclo productivo: primer tercio de gestación (d40-d0), segundo y tercer tercio de gestación (d110-d40), el periodo completo de gestación (d110-0), lactación (dDtt-d110) y ciclo productivo completo (dDtt-d0). En el eje de la Y se representa la diferencia de EGD (Fig. 4A) y EMD (Fig. 4B) en porcentaje (%).^{a,b}Diferentes letras dentro de día o etapa expresan diferencias significativas a $p \leq 0,05$.
 Figure 4. Evolution of backfat thickness (EGD) and loin muscle depth (EMD) in hyperprolific gilts sows (n = 91) according to the ratio EGD/EMD at the beginning of the cycle and the stage of the productive cycle: first third of gestation (d40-d0), second and third third of gestation (d110-d40), the complete gestation period (d110-0), lactation (dDtt-d110) and complete productive cycle (dDtt-d0). The Y-axis represents the difference in EGD (Fig. 4A) and EMD (Fig. 4B) in percentage (%).^{a,b}Different letters within day or stage mean significant differences at $p \leq 0.05$.

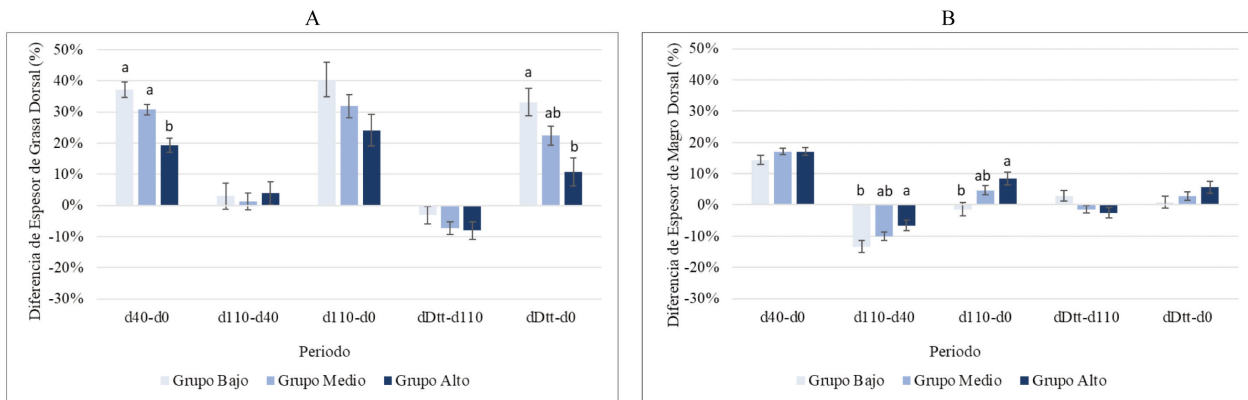


Figura 5. Evolución del Espesor de Grasa (EGD) y Magro Dorsal (EMD) en cerdas primíparas y multíparas hiperprolíficas (n = 243) según la ratio EGD/EMD al inicio del ciclo y la etapa del ciclo productivo: primer tercio de gestación (d40-d0), segundo y tercer tercio de gestación (d110-d40), el periodo completo de gestación (d110-d0), lactación (dDtt-d110) y ciclo productivo completo (dDtt-d0). En el eje de la Y se representa la diferencia de EGD (Fig. 5A) y EMD (Fig. 5B) en porcentaje (%).^{a,b}Diferentes letras dentro de día o etapa expresan diferencias significativas a $p < 0,05$.
 Figure 5. Evolution of backfat thickness (EGD) and loin muscle depth (EMD) in hyperprolific primiparous and multiparous sows (n = 243) according to backfat/loin muscle depth ratio at the beginning of the cycle and stage of the productive cycle: first third of gestation (d40-d0), second and third third of gestation (d110-d40), the complete gestation period (d110-d0), lactation (dDtt-d110) and complete productive cycle (dDtt-d0). The Y-axis represents the difference in EGD (Fig. 5A) and EMD (Fig. 5B) in percent (%).^{a,b}Different letters within day or stage mean significant differences at $p < 0.05$.

**Estudio de la correlación entre EGD y EMD.
¿Influye el EGD o EMD al inicio del ciclo
sobre su evolución a lo largo del ciclo
productivo?**

Teniendo en cuenta las diferencias observadas para la grasa y el magro, entre las cerdas nulíparas y el resto de las cerdas (primíparas y múltiparas), se estudiaron las correlaciones entre el EGD y el EMD a lo largo del ciclo productivo para ambos grupos (Tabla 2). De forma general, tanto en cerdas nulíparas como no nulíparas, el EGD al inicio del ciclo (d0) estaba alta y positivamente correlacionado con el EGD al final de la gestación (d110) y al destete (dDtt); y, a su vez, el EGD al final de la gestación (d110) con el EGD al destete (dDtt), con coeficientes de correlación lineal en torno a +0,7 (excepto entre d0 y dDtt para nulíparas, $r = 0,432$).

En el caso del EMD al inicio (d0), la correlación era positiva, aunque moderada, tanto con el EMD al final de la gestación (d110) como con el EMD al destete (dDtt) en nulíparas, siendo los coeficientes de correlaciones numéricamente mayores en múltiparas (coeficientes de correlación lineal mayores a +0,4). Asimismo, el EMD al final de la gestación (d110) también estaba positiva y de moderada a altamente correlacionado con el EMD al destete (dDtt) en nulíparas y no nulíparas, respectivamente (coeficientes de correlación lineal entre +0,5 y +0,7).

Por otro lado, al estudiar la correlación entre el EGD o EMD y sus variaciones, se observó que el EGD al inicio del ciclo (d0) tenía una correlación negativa y baja con la diferencia de EGD en gestación (d110-d0) en nulíparas y no nulíparas. Sin embargo, el EGD al inicio (d0) solo correlacionó negativamente con la diferencia de EGD en lactación (dDtt-d110) en nulíparas. Asimismo, el EGD al final de la gestación (d110) tenía una correlación negativa y moderada con la diferencia de EGD en lactación (dDtt-d110) independientemente

de la paridad. Por su parte, la diferencia de EGD en gestación (d110-d0) también presentaba una correlación negativa y moderada con la diferencia de EGD en lactación (dDtt-d110) en cerdas no nulíparas, mientras que, en nulíparas la correlación era no significativa. Respecto al EMD, al inicio del ciclo (d0) presentó una correlación negativa y moderada con la diferencia de EMD únicamente durante la gestación (d110-d0). En el caso del EMD, al final de la gestación (d110), estaba correlacionado de forma moderada y negativa con la diferencia de EMD durante la lactación (dDtt-d110) (con coeficientes de correlación lineal próximos a -0,5). De forma análoga, la diferencia de EMD durante la gestación (d110-d0) estaba correlacionada de forma negativa y moderada con la diferencia de EMD durante la lactación (dDtt-d110).

Finalmente, se estudiaron las correlaciones cruzadas entre el EGD y el EMD a lo largo del ciclo. Así, se observó que el EGD al inicio (d0) y final de gestación (d110) estaban moderadamente correlacionados con el EMD al final de la gestación (d110) en nulíparas y no nulíparas (coeficientes de correlación lineal mayores a +0,4). Por su parte, el EMD al inicio del ciclo (d0) mostró una correlación muy baja o no significativa con el EGD al final de la gestación (d110). Además, el valor inicial de EGD presentó correlaciones bajas o no significativas con las diferencias de EMD durante la gestación y lactación; e, igualmente, el valor de EMD al inicio (d0) con los cambios de grasa (EGD) en ambos periodos (d110-d0 y dDtt-d110).

**Efecto de la ratio EGD:EMD al inicio
del ciclo productivo sobre los parámetros
reproductivos**

En las cerdas nulíparas, no se observó un efecto de la ratio EGD:EMD sobre el número de lechones nacidos totales o sobre los parámetros reproductivos fertilidad, tasa de par-

Tabla 2. Matriz de correlaciones entre Espesor de Grasa Dorsal (EGD) y Espesor de Magro Dorsal (EMD) en cerdas hiperprolíficas nulíparas (N) y no nulíparas (NN) a lo largo del ciclo reproductivo.

Table 2. Matrix of correlations between backfat thickness (EGD) and loin muscle depth (EMD) in gilts (N) and non-gilts (NN) hyperprolific sows throughout the reproductive cycle.

	EGD (d0)	EGD (d110)	EGD (dDtt)	DifEGD (d110-d0)	DifEGD (dDtt-d110)	EMD (d0)	EMD (d110)	EMD (dDtt)	DifEMD (d110-d0)	DifEMD (dDtt-d110)
EGD (d0)	1,000	0,724	0,432	-0,335	-0,360	0,266	0,453	0,139	0,235	-0,234
EGD (d110)	1,000	0,692	0,704	-0,246	-0,087	0,395	0,410	0,322	0,107	-0,121
EGD (dDtt)	1,000	1,000	0,736	0,366	-0,502	0,074	0,468	0,211	0,429	-0,180
DifEGD (d110-d0)	1,000	1,000	0,818	0,485	-0,414	0,173	0,549	0,319	0,457	-0,297
DifEGD (dDtt-d110)	1,000	1,000	1,000	0,375	0,193	-0,004	0,160	0,244	0,184	0,085
EMD (d0)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,429	0,425	0,301	-0,053
EMD (d110)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,031	0,112	0,240	0,061
EMD (dDtt)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,275	0,044	0,495	-0,235
DifEMD (d110-d0)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,342	0,003	-0,296	0,349
DifEMD (dDtt-d110)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,285	0,072	-0,283	0,475
DifEMD (d110-d0)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,458	0,463	-0,354	0,021
DifEMD (dDtt-d110)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,530	0,578	-0,302	0,016
DifEMD (d110-d0)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,556	0,664	-0,446
DifEMD (dDtt-d110)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,712	0,643	-0,469
DifEMD (d110-d0)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,191	0,487
DifEMD (dDtt-d110)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,236	0,280
DifEMD (d110-d0)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,462
DifEMD (dDtt-d110)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,530
DifEMD (d110-d0)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
DifEMD (dDtt-d110)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Los coeficientes de correlación marcados en negrita fueron significativamente diferentes de cero ($p < 0,05$). Tamaño muestral nulíparas (n = 91) y no nulíparas (n = 192).

tos, IDC, IDCF, fertilidad a los 28 días de gestación del siguiente ciclo y tasa de cerdas eliminadas (Tabla 3). Sin embargo, en las cerdas múltiparas, la tasa de eliminación fue menor en el grupo de menor ratio que en el de mayor ratio (4,6 % vs. 24,1 %). En la tabla 4 se muestra el número de cerdas por causa de baja según el ratio EGD:EMD y la paridad.

Discusión

El programa de alimentación debe conseguir un ritmo de desarrollo corporal y del sistema reproductivo adecuado antes de la inclusión de la nulípara en el rebaño (Belkova y Rozkot, 2022). En este sentido, se ha observado que alcanzar un peso óptimo a la primera cubrición proporciona a la cerda una buena condición corporal para afrontar la gestación y la lactación y, además, mejora la productividad (Carrión-López et al., 2022b). Cerdas con mayores reservas al parto tienen más energía y metabolitos disponibles para movilizar, que pueden ser utilizados para soportar un alto nivel de producción de leche (Costermans et al., 2020b). Por otro lado, Costermans et al. (2020a) observaron que la movilización de tejido magro durante la lactación también afectaba al desarrollo de los folículos. Así, el registro y el análisis de la información sobre el estado de salud de las cerdas, las reservas corporales (en términos de peso, EGD y EMD) y, el rendimiento productivo individual de las cerdas de la granja, son aspectos clave. Estas mediciones podrían utilizarse para optimizar la alimentación en las cerdas gestantes y lactantes a fin de promover un mejor resultado reproductivo. Además, permitiría ajustar las cantidades de pienso ofrecidas evitando excesos y, con ello, reducir costes de producción.

En este estudio, la menor cantidad de grasa a lo largo del ciclo y, menor deposición de grasa y magro durante el primer tercio de gesta-

ción que presentaron las nulíparas podrían ser explicadas por ser cerdas con menores reservas grasas, menor capacidad de ingesta y mayores requerimientos nutricionales para el crecimiento (Koketsu et al., 2017). Durante el segundo y tercer tercio de gestación y durante la lactación, la pérdida de grasa fue similar entre paridades, sin embargo, para estos mismos periodos, la pérdida de magro en porcentaje fue también mayor en nulíparas. Se ha demostrado que al final de la gestación y durante la lactación, las cerdas jóvenes presentan balance energético negativo (por un aumento de los requerimientos para lograr un adecuado desarrollo del útero, fetos, tejido mamario para la producción de calostro y leche, y un crecimiento óptimo) (Gaillard et al., 2019). Ello, unido a que la dinámica de utilización de nutrientes a lo largo de la gestación es distinta entre la cerda joven y la adulta (la cerda joven necesita de un aporte más alto de nutrientes al final de la gestación, mientras que la cerda adulta requiere de un aporte superior para recuperar la condición corporal después de la lactación), justificaría el manejo diferenciado de la alimentación entre nulíparas y resto de cerdas durante los periodos de gestación y lactación.

Los beneficios de incrementar la cantidad de pienso al final de la gestación sobre los rendimientos productivos son controvertidos (Ferreira et al., 2021), puesto que el desarrollo del tejido mamario prevalece al desarrollo del útero y, por tanto, su efecto sobre el peso de los lechones al nacer es complicado de observar en condiciones comerciales (Mallmann et al., 2018), especialmente en la cerda actual (>14,5 lechones nacidos/cerda) (Gonçalves et al., 2016). Igualmente, definir un plano de nutrición según la CC de la cerda en una granja comercial no parece suficiente. Los resultados del presente estudio, junto a los resultados obtenidos en trabajos anteriores (Carrión-López et al., 2022a y 2022b), mostraron que la alimentación de las cerdas

Tabla 3. Efecto de la ratio grasa:magro sobre los parámetros reproductivos en cerdas nulíparas y no nulíparas hiperprolíficas actuales de una granja comercial.

Table 3. Effect of *backfat:loin muscle depth ratio* on reproductive parameters in current hyperprolific gilts and non-gilts sows from a commercial farm.

	Nulíparas				P valor	No nulíparas			
	Grupo Bajo	Grupo Medio	Grupo Alto	Grupo Alto		Grupo Bajo	Grupo Medio	Grupo Alto	P valor
Tamaño muestral (n)	27	40	24	43		43	106	43	
Nacidos totales (n)	14,48	15,59	15,23	20,18	0,512	20,18	19,35	19,27	0,173
Tasa de fertilidad (%)	92,59	92,50	95,83	95,35	0,857	95,35	97,17	93,02	0,511
Tasa de partos (%)	92,59	85,00	91,67	90,70	0,557	90,70	89,62	79,07	0,164
Intervalo-destete-celo (días)	6,83	8,68	9,52	7,62	0,541	7,62	5,92	4,93	0,315
Tasa de fertilidad 28d (%)	95,65	94,12	90,48	100,00	0,774	100,00	98,86	100,00	0,687
Intervalo destete cubrición fértil (días)	5,0	5,0	4,0	4,0	0,546	4,0	4,0	4,0	0,315
Tasa de eliminación (%)	7,41	2,50	8,33	4,65b	0,538	4,65b	15,79	24,07	0,033

Los grupos fueron realizados según la ratio grasa:magro al inicio del ciclo (día de la inseminación) en el punto P2 (a la altura de la última costilla). En las cerdas nulíparas, los rangos fueron para el Grupo Bajo ($\leq 0,14$), para el Grupo Medio ($0,14 - 0,19$) y para el Grupo Alto ($\geq 0,19$). En las cerdas multiparas los rangos fueron para el Grupo Bajo ($\leq 0,16$), para el Grupo Medio ($0,16 - 0,26$) y para el Grupo Alto ($\geq 0,26$).

Tabla 4. Número de cerdas eliminadas por causa de eliminación según la ratio grasa:magro en nulíparas y no nulíparas.

Table 4. Number of culled sows by removal cause and backfat:loin muscle depth ratio in gilts and non-gilts sows.

	N° de cerdas eliminadas					
	Nulíparas			No nulíparas		
	Grupo Bajo	Grupo Medio	Grupo Alto	Grupo Bajo	Grupo Medio	Grupo Alto
Baja productividad	0	0	1	2	8	8
Muerte	1	0	0	0	3	4
Fallo reproductivo	1	1	0	0	4	0
Cojera	0	0	1	0	1	0

Los grupos fueron realizados según la ratio grasa:magro al inicio del ciclo (día de la inseminación) en el punto P2 (a la altura de la última costilla), En las cerdas nulíparas, los rangos fueron para el Grupo Bajo ($\leq 0,14$), para el Grupo Medio ($0,14 - 0,19$) y para el Grupo Alto ($\geq 0,19$). En las cerdas múltiparas los rangos fueron para el Grupo Bajo ($\leq 0,16$), para el Grupo Medio ($0,16 - 0,26$) y para el Grupo Alto ($\geq 0,26$).

según la condición corporal desde la cubrición hasta el parto no era suficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de la cerda al final de la gestación o en lactación. En esta línea, piensos más específicos, con suficiente energía para preparar a la cerda para el propio proceso de parto y, niveles adecuados de aminoácidos para el desarrollo del tejido mamario y la producción de calostro (Theil et al., 2022b), junto con un control objetivo de los niveles de grasa y magro, ayudarían a modular las pérdidas excesivas de reservas; y, a su vez, mejorar la productividad y la relación coste/eficiencia de la alimentación de las cerdas.

En nutrición humana, el estudio de la composición corporal (relación EGD:EMD) es un elemento importante para la valoración del estado nutricional. Por un lado, puede ayudar a detectar y corregir problemas de obesidad, cuando existe un exceso de grasa o, por el contrario, trastornos de desnutrición, en las que la masa grasa y muscular podrían verse sustancialmente reducidas (García et

al., 2018). Tomando como referencia la experiencia en nutrición humana, en las nuevas líneas genéticas, más magras, la valoración del estatus corporal de la cerda basada únicamente en la medición de las reservas de grasa puede ser insuficiente. Las recomendaciones de la mayoría de las casas de genética también están basadas en EGD. Sin embargo, ya se ha demostrado que, en periodos de balance energético negativo, en cerdas lactantes con consumo reducido, se pueden dar pérdida de peso y de EMD, y no observar movilización de EGD (Sulabo et al., 2010; Costermans et al., 2020b). Por tanto, la valoración exclusiva del EGD puede no proporcionar una correcta valoración del estado nutricional de la cerda actual. En este sentido, en los genotipos modernos (con más magro y menos grasa) y, considerando la importancia del tejido graso sobre el funcionamiento del sistema hormonal y el desarrollo del tejido mamario de la cerda (De Rensis et al., 2005; Farmer et al., 2016), establecer objetivos de composición corporal en términos de EGD y

EMD sería una forma más objetiva de valorar si la ingesta de energía y de los diferentes nutrientes (proteína, lisina, etc.) es adecuada. Por ello, uno de los objetivos de este trabajo se centró en el efecto de la relación de ambas variables a través de su ratio (EGD:EMD).

Los resultados mostraron que la relación EGD:EMD en nulíparas marcó la evolución de las reservas corporales, tanto en gestación como en lactación. Las diferencias observadas podrían ser explicadas por el hecho de que los animales con una menor ratio EGD:EMD, al tener menor cantidad de grasa y alimentación restringida durante el periodo de gestación, necesitaron, por un lado, depositar mayor cantidad de grasa para asegurar unos niveles mínimos al parto; y, por otro, movilizar mayor cantidad de magro para suplir el aumento de requerimientos nutricionales de final de gestación (crecimiento de los fetos y desarrollo del tejido mamario) (Farmer et al., 2016; Tokach et al., 2019). Por otra parte, cerdas nulíparas con una mayor ratio grasa:magro podrían haber tenido mayor peso corporal al parto que las de menor ratio y, por tanto, menor capacidad de ingesta en lactación (Mallmann et al., 2018). Asimismo, cuando la ingesta de pienso es reducida, el incremento relativo de los requerimientos nutricionales para mantenimiento y crecimiento en nulíparas (Kim et al., 2015; Strathe et al., 2017), o para la producción de calostro y leche durante la fase de lactación, pudo ser compensado con la movilización de reservas corporales (Theil et al., 2012b).

La deposición y/o movilización de las reservas corporales en cerdas múltiparas según la relación EGD:EMD durante la fase de lactación fue diferente a la observada en las nulíparas. Así, la ausencia de diferencias en la movilización de grasa y magro durante la lactación y el periodo global, entre los grupos de cerdas múltiparas, podría ser justificada tanto porque la diferencia en el consumo de pienso durante la fase de lactación no fuera lo sufi-

cientemente alta como para observar diferencias en movilización de tejido corporal, como porque las cerdas de este estudio tenían un EGD inferior a 16 mm al parto; muy inferior a los 26 mm que describen Højgaard y Bruun (2021) y, por tanto, en las que la pérdidas de grasa y peso podrían haber sido menores. De hecho, estos autores observaron que las cerdas con un espesor de grasa de 9 mm al parto perdían menos grasa y peso que las de 26 mm durante la lactación (1,2 mm y 7,9 kg vs. 5,4 mm y 18,4 kg, respectivamente). Asimismo, mostraron que las cerdas con niveles de grasa en el rango 14-17 mm perdían menos grasa en lactación y, además, restablecían mejor su condición corporal durante el primer mes de gestación.

En esta línea, la selección genética en base a tejido magro conlleva una menor cantidad de grasa en la cerda actual y resalta la importancia de la ratio grasa:magro como marcador de estatus corporal, como ya remarcaban en su día Coma y Gasa (2007). Su estimación periódica también facilitaría el desarrollo de métodos prácticos y objetivos de manejo de la alimentación en granja y el diseño de piensos adecuados a las necesidades de la cerda.

El conocimiento de la correlación de la grasa y el magro a lo largo de un ciclo completo, en cerdas nulíparas y múltiparas de genotipos modernos, permitiría el ajuste del manejo de la alimentación y establecer la periodicidad de las mediciones a realizar en una granja comercial. Así, como era de esperar, los resultados de este estudio mostraron correlaciones moderadas entre el EGD al inicio, al final de gestación y al destete e, igualmente, entre las mediciones de EMD a lo largo del ciclo productivo. Esto está en concordancia con observaciones previas (Carrión-López et al., 2022a) en las que se encontró que un aumento del nivel de alimentación durante el primer tercio de gestación conllevaba una recuperación de las reservas corporales. Costermans et al. (2020b) observaron que cerdas

con mayor EGD y EMD al parto (d110) presentaron mayor movilización de EGD y EMD durante la lactación; probablemente asociada a una mayor necesidad para el mantenimiento (mayor peso) y/o una mayor eficiencia alimentaria resultante de la selección (mejor índice de conversión con menor capacidad de ingesta) (Bergsma *et al.*, 2009). En este sentido, la medición del EGD y EMD al inicio y durante la gestación podría ser una herramienta útil para establecer los niveles de alimentación en la cerda y garantizar niveles óptimos de reservas corporales al parto. Sin embargo, en este estudio, las correlaciones cruzadas entre grasa y magro iban de bajas a nulas. Resultado que podría ser parcialmente explicado, además de por ser diferentes rutas catabólicas, por la mayor variabilidad del magro respecto a la grasa en las cerdas actuales, tanto al inicio como final de gestación. Por tanto, subrayaría la importancia de la medición de ambos parámetros para la estimación de la grasa:magro, a la vez que permitiría mejorar la interpretación de los resultados obtenidos en los diferentes estudios y, por tanto, la aplicabilidad de los datos (Gonçalves *et al.*, 2016).

Entre las consecuencias de una deficiente gestión de reservas corporales se encuentra la penalización de los resultados reproductivos, tales como la tasa de fertilidad, tasa de partos e intervalo destete cubrición fértil. De hecho, los datos sobre el efecto de las estrategias de alimentación de cerdas gestantes se basan en el análisis de los rendimientos reproductivos y productivos (Theil *et al.*, 2022a). Mallmann *et al.* (2018), al evaluar dos niveles de alimentación desde el día 90 hasta el día 112 de gestación, observaron que ninguno de los parámetros analizados (número de lechones nacidos totales, porcentaje de lechones nacidos muertos, intervalo destete celo o tasa de eliminación) se vieron afectados. Sin embargo, estos resultados inmediatos podrían no reflejar las consecuencias reales de una alimentación inadecuada, ya que las cerdas priorizan el desarrollo de los lechones y

utilizan sus propias reservas para proporcionar nutrientes (Theil *et al.*, 2022a). Aunque, desde el punto de vista productivo, las cerdas actuales toleran mejor las pérdidas de proteína corporal que las cerdas más grasas, ya que son capaces de movilizar tejido magro sin repercutir negativamente sobre parámetros reproductivos (Coma y Gasa, 2007), la capacidad de movilización de magro para la producción de leche es limitada (Clowes *et al.*, 2003). En nuestro estudio, solo las cerdas multíparas con mayor ratio EGD:EMD tuvieron mayor tasa de eliminación, donde las principales causas fueron la pérdida de gestación o pérdida de lechones lactantes. Además, tuvieron una tendencia a una mayor movilización de magro durante la lactación, corroborando su importancia como reserva de nutrientes durante esta fase catabólica. En esta línea, los rendimientos productivos de cerdas y lechones se podrían penalizar en circunstancias de catabolismo prolongado. De manera que los efectos negativos sobre los resultados productivos derivados de unas reservas corporales deficientes serían más una consecuencia a largo plazo que puntual. En definitiva, la mejora de los rendimientos reproductivos y productivos basada en el mantenimiento de un nivel adecuado de reservas corporales necesitaría de estudios más extensos y prolongados en el tiempo.

Conclusiones

Hoy en día, el registro y el análisis de la información sobre el estado de salud de las cerdas, las reservas corporales (en términos de peso, EGD y EMD) y, el rendimiento productivo individual de las cerdas de la granja, son aspectos clave. Asimismo, las mediciones periódicas de grasa y magro, tarea práctica y sencilla, permitirían a los técnicos de campo y/o nutricionistas evaluar los programas de alimentación aplicados en cada granja. La mayor movilización de tejido magro en cerdas nulíparas

hace evidente que, desde el punto de vista nutricional, sea necesaria la diferenciación de los planes de alimentación y manejo entre cerdas nulíparas y no nulíparas en las granjas comerciales. En este sentido, las mediciones de grasa y magro podrían utilizarse para optimizar la alimentación en las cerdas gestantes y lactantes a fin de promover un mejor resultado reproductivo y, además, permitirían ajustar las cantidades de pienso ofrecidas evitando excesos y, con ello, reducir costes de producción. El conocimiento de la correlación de la grasa y el magro a lo largo de un ciclo completo permitiría el ajuste del manejo de la alimentación y establecer la periodicidad de las mediciones a realizar en una granja comercial.

Finalmente, el establecimiento de recomendaciones según la ratio grasa:magro, por una parte, aportaría una unidad de medida objetiva sobre el estado nutricional de las cerdas y, por otra, ayudaría a optimizar la gestión de las reservas, así como reducir la movilización de magro al final de gestación. En cualquier caso, teniendo en cuenta que las necesidades nutricionales a lo largo del ciclo productivo (primer tercio, segundo y tercer tercio de gestación, lactación y destete), son dinámicas y, a su vez, dependientes de la genética y manejo de la alimentación en cada granja, serían necesarios otros estudios de mayor duración, con mayor número de cerdas, que engloben estos y otros factores, como los estacionales, para estudiar la posibilidad de establecer pautas y recomendaciones concretas en torno a la relación grasa:magro.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las empresas Genera PMO y Juan Jiménez García S.A.U. el apoyo técnico y la disponibilidad de sus animales e instalaciones para la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

- Belkova J., Rozkot M. (2022). Gilt rearing impacts on sow performance and longevity – a review. *Journal of Swine Health and Production* 30(1): 10-16. <https://doi.org/10.54846/jshap/1254>
- Bergsma R., Kanis E., Verstegen M.W.A., van der Peet-Schwering C.M.C., Knol E.F. (2009). Lactation efficiency as a result of body composition dynamics and feed intake in sows. *Livestock Science* 125(2-3): 208-222. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.011>
- Carrión-López M.J., Madrid J., Martínez S., Hernández F., Orengo J. (2022a). Effects of the feeding level in early gestation on body reserves and the productive and reproductive performance of primiparous and multiparous sows. *Research in Veterinary Science* 148: 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.05.002>
- Carrión-López M.J., Orengo J., Madrid J., Vargas A., Martínez-Miró S. (2022b). Effect of sow body weight at first service on body status and performance during first parity and lifetime. *Animals* 12(23): 3399. <https://doi.org/10.3390/ani12233399>
- Clowes E.J., Aherne F.X., Foxcroft G.R., Baracos V.E. (2003). Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. *Journal of Animal Science* 81(3): 753-764. <https://doi.org/10.2527/2003.813753x>
- Coma J., Gasa J. (2007). Alimentación de la reposición y de la cerda primeriza. XXIII Curso de Especialización FEDNA, 25-26 octubre, Madrid, España, pp 133-178.
- Consejo de la Unión Europea (2008). Directiva 2008/120/CE, de 18 de diciembre, relativa a las normas para la protección de cerdos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, núm. 47, de 18 de febrero de 2009, pp. 5-13.
- Costermans N.G.J., Teerds K.J., Middelkoop A., Roelen B.A.J., Schoevers E.J., Van Tol H.T.A., Laurensen B., Koopmanschap R.E., Zhao Y., Blokland M., Van Tricht F., Zak L., Keijer J., Kemp B., Soede N.M. (2020a). Consequences of negative energy balance on follicular development and oocyte quality in primiparous sows. *Biology of Reproduction* 102(2): 388-398. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioz175>

- Costermans N.G.J., Soede N.M., Middelkoop A., Laurensen B.F.A., Koopmanschap R.E., Zak L.J., Knol E.F., Keijer J., Teerds K.J., Kemp B. (2020b). Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. *Animal* 14(12): 2543-2553. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001536>
- DanBred (2020). Manual de cerdas y nulíparas DanBred en la unidad de apareamiento. Disponible en: <https://danbred-manual.com/es/cerdas-mayores-jovenes/unidad-de-cubriciones/> (Consultado: 30 marzo 2023).
- De Blas C., Gasa J., Mateos G.G., Madrid U.P., Barcelona U.A. (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino normas FEDNA (2ª edición). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, 109 pp.
- De Rensis F., Gherpelli M., Superchi P., Kirkwood R.N. (2005). Relationships between backfat depth and plasma leptin during lactation and sow reproductive performance after weaning. *Animal Reproduction Science* 90(1-2): 95-100. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.01.017>
- Farmer C., Duarte C.R.A., Vignola M., Parlin M.F. (2016). Body condition of gilts at the end of gestation affects their mammary development. *Journal of Animal Science* 94(5): 1897-1905. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0336>
- Ferreira S.V., Rodrigues L.A., Ferreira M.A., Alkmin D.V., Dementshuk J.M., Almeida F.R.C.L., Fontes D.O. (2021). Plane of nutrition during gestation affects reproductive performance and retention rate of hyperprolific sows under commercial conditions. *Animal* 15(3): 100153. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100153>
- Gaillard C., Gauthier R., Cloutier L., Dourmad J.Y. (2019). Exploration of individual variability to better predict the nutrient requirements of gestating sows. *Journal of Animal Science* 97(12): 4934-4945. <https://doi.org/10.1093/jas/skz320>
- García Almeida JM, García García, Bellido Castañeda V, Bellido Guerrero D (2018). Nuevo enfoque de la nutrición. Valoración del estado nutricional del paciente: función y composición corporal. *Nutrición Hospitalaria* 35(3-extra): 1-14. <https://doi.org/10.20960/nh.2027>
- Gonçalves M.A.D., Gourley K.M., Dritz S.S., Tokach M.D., Bello N.M., DeRouchey J.M., Woodworth J.C., Goodband R.D. (2016). Effects of amino acids and energy intake during late gestation of high-performing gilts and sows on litter and reproductive performance under commercial conditions. *Journal of Animal Science* 94(5): 1993-2003. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0087>
- Højgaard C.K., Bruun T.S. (2021). Baggrund for ændring af anbefalet rygspæktykkelse hos søer omkring faring. SEGES Report No.: 2130. Axelborg, Copenhagen, Denmark; 28 pp.
- Houde A.A., Méthot S., Murphy B.D., Bordignon V., Palin M.F. (2010). Relationships between backfat thickness and reproductive efficiency of sows: A two-year trial involving two commercial herds fixing backfat thickness at breeding. *Canadian Journal of Animal Science* 90(3): 429-436. <https://doi.org/10.4141/CJAS09115>
- Kim J.S., Yang X., Pangeni D., Baidoo S.K. (2015). Relationship between backfat thickness of sows during late gestation and reproductive efficiency at different parities. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Sciences* 65(1): 1-8. <https://doi.org/10.1080/09064702.2015.1045932>
- Kim J.S., Yang X., Baidoo S.K. (2016). Relationship between body weight of primiparous sows during late gestation and subsequent reproductive efficiency over six parities. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29(6): 768-774. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0907>
- Koketsu Y., Tani S., Iida R. (2017). Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porcine Health Management* 3(1): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0049-7>
- Maes D.G.D., Janssens G.P.J., Delputte P., Lamertyn A., de Kruif A. (2004). Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: Relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. *Livestock Production Science* 91(1-2): 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.06.015>
- Mallmann A.L., Betiolo F.B., Camilloti E., Mellagi A.P.G., Ulguim R.R., Wentz I., Bernardi M.L., Gonçalves M.A.D., Kummer R., Bortolozzo F.P. (2018). Two different feeding levels during late

- gestation in gilts and sows under commercial conditions: Impact on piglet birth weight and female reproductive performance. *Journal of Animal Science* 96(10): 4209-4219. <https://doi.org/10.1093/jas/sky297>
- Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática (MPR) (2020). Real Decreto 306/2020, de 13 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de granjas porcinas intensivas, y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 38, de 13 de febrero de 2020, pp. 13761-13791.
- National Research Council (2012). *Nutrients requirements of Swine*, 11th. Ed. National Academy Press, Washington, DC, USA, pp 420.
- Oliviero C., Junnikkala S., Peltoniemi O. (2019). The challenge of large litters on the immune system of the sow and the piglets. *Reproduction in Domestic Animals* 54(53): 12-21. <https://doi.org/10.1111/rda.13463>
- Roongsitthichai A., Tummaruk P. (2014). Importance of backfat thickness to reproductive performance in female pigs. *The Thai Journal of Veterinary Medicine* 44(2): 171-178. <https://doi.org/10.56808/2985-1130.2557>
- Strathe A.V., Bruun T.S., Hansen C.F. (2017). Sows with high milk production had both a high feed intake and high body mobilization. *Animal* 11(11): 1913-1921. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000155>
- Strathe A.V., Bruun T.S., Tauson A.H., Theil P.K., Hansen C.F. (2020). Increased dietary protein for lactating sows affects body composition, blood metabolites and milk production. *Animal* 14(2): 285-294. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001678>
- Sulabo R.C., Jacela J.Y., Tokach M.D., Dritz S.S., Goodband R.D., Derouchey J.M., Nelssen J.L. (2010). Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. *Journal of Animal Science* 88(9): 3145-3153. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2131>
- Theil P.K., Farmer C., Feyera T. (2022b). Review: Physiology and nutrition of late gestating and transition sows. *Journal of Animal Science* 100(6): skac176. <https://doi.org/10.1093/jas/skac176>
- Theil PK, Krogh U, Bruun TS, Feyera T (2022a). Feeding the modern sow to sustain high productivity. *Molecular Reproduction and Development* 90(7): 517-532. <https://doi.org/10.1002/mrd.23571>
- Theil P.K., Nielsen M.O., Sørensen M.T., Lauridsen C. (2012). Lactation, milk and suckling. En: *Nutritional physiology of pigs* (Ed. Knudsen K.E., Kjeldsen N.J., Poulsen H.D., Jensen B.B.), pp. 1-47. Danish Pig Research Centre, Copenhagen, Denmark.
- Tokach M.D., Menegat M.B., Gourley K.M., Goodband R.D. (2019). Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. *Animal* 13(12): 2967-2977. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001253>
- (Aceptado para publicación el 11 de octubre de 2023)

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^{1,*}, Begoña Panea^{2,3}, María de Guía Córdoba⁴, Anastasio Argüello⁵ y María J. Alcalde¹

¹ Departamento de Agronomía, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km. 1, 41013 Sevilla, España.

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

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

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

⁵ 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 et 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°) 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. (2024). 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 120(1): 70-92. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.019>



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 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 et 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°) 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 que 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°) 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 α -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 ^b ± 0,27	31,92 ^c ± 0,69	30,07 ^d ± 0,44	47,44 ^a ± 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 ^a ± 0,18	4,30 ^b ± 0,15	5,26 ^a ± 0,16	4,95 ^a ± 0,16	0,002
pH _{24h}	5,77 ^a ± 0,02	5,55 ^b ± 0,01	5,67 ^a ± 0,04	5,80 ^a ± 0,04	<0,001
L*	48,04 ^{bc} ± 0,94	54,29 ^a ± 0,91	45,68 ^c ± 0,77	51,36 ^{ab} ± 1,00	<0,001
a*	2,78 ^a ± 0,59	1,06 ^b ± 0,28	2,99 ^a ± 0,39	2,24 ^{ab} ± 0,36	0,009
b*	10,80 ^{ab} ± 0,44	12,14 ^a ± 0,56	10,00 ^b ± 0,55	11,39 ^{ab} ± 0,41	0,026
h°	76,40 ^b ± 2,74	85,19 ^a ± 1,36	73,93 ^b ± 1,53	79,40 ^{ab} ± 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). ^{a, b, c} 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°) 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°) 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 ^a ± 1,30	16,52 ^b ± 1,63	15,99 ^b ± 1,31	<0,001
Nitrógeno (%)	2,99 ^{ab} ± 0,19	3,36 ^a ± 0,08	3,42 ^a ± 0,14	<0,001
Proteína (%)	20,12 ^a ± 0,65	21,13 ^a ± 0,50	21,39 ^a ± 0,86	<0,001
Grasa intramuscular (%)	1,13 ^b ± 0,13	4,90 ^a ± 0,48	4,81 ^a ± 0,53	<0,001
Nitrógeno no proteico (mg/g carne fresca)	2,78 ^b ± 0,16	6,73 ^a ± 0,62	5,23 ^a ± 0,51	<0,001
Nitrógeno aminoacídico (mg/g carne fresca)	0,65 ^b ± 0,07	1,67 ^a ± 0,15	1,36 ^a ± 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). ^{a, b} 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 ^a ± 236,03	1025,49 ^c ± 74,48	664,90 ^c ± 74,32	1912,26 ^b ± 113,46		<0,001	
Adhesividad (g x s)	-34,44 ^a ± 3,96	-9,83 ^b ± 0,96	-9,80 ^b ± 1,02	-29,42 ^a ± 2,57		<0,001	
Elasticidad	0,842 ^a ± 0,01	0,802 ^b ± 0,02	0,798 ^b ± 0,03	0,862 ^a ± 0,01		0,036	
Cohesividad	0,42 ^b ± 0,01	0,55 ^a ± 0,005	0,57 ^a ± 0,01	0,43 ^b ± 0,01		<0,001	
Gomosidad (g)	1442,02 ^a ± 126,75	564,65 ^c ± 40,75	381,31 ^c ± 46,73	892,64 ^b ± 42,11		<0,001	
Masticabilidad (g x cm)	1129,75 ^a ± 72,03	455,29 ^b ± 34,15	310,43 ^b ± 43,95	693,87 ^a ± 36,20		<0,001	
Resiliencia	0,237 ^b ± 0,008	0,242 ^a ± 0,009	0,216 ^b ± 0,009	0,242 ^{ab} ± 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). ^{a, b, c} 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 (β -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

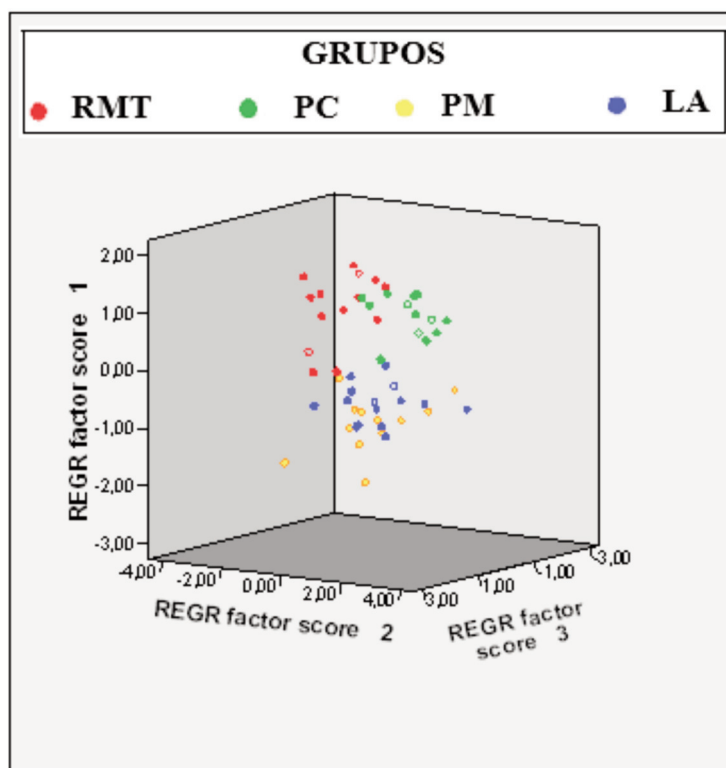
Tabla 4. Componentes principales, varianza total y acumulada, componentes y cargas factoriales para los parámetros en los cuatro grupos sistemas de cría.

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., Sahlu 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 de 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/uploads/archivos/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 β -carotene on levels of β -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 β -carotene, lutein and α -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 α -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 α -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)

Atributos valorados por consumidores mexicanos sobre el queso enriquecido con harina de frijol: técnicas de decisión multicriterio

Rafael García-Vázquez¹, Blanca Isabel Sánchez-Toledano², Marco Andrés López-Santiago^{3,*}, Ramón Valdivia-Alcalá¹ y Andrés Aurelio López-Santiago¹

¹ Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Económico-Administrativas. Km. 38,5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México.

² Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México.

³ Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Carretera Gómez Palacio-Chihuahua km 40. Bermejillo, Durango, México.

Resumen

El frijol negro es uno de los cultivos más importantes en México. Si bien es una legumbre con un alto contenido de propiedades nutritivas beneficiosas para la salud, su consumo ha disminuido en los últimos años. Por tanto, una forma de incrementar su consumo es mediante la transformación agroindustrial del grano para diversificar su oferta y agregar valor. Se elaboró harina de frijol con la finalidad de incorporarla a un producto con gran demanda en México, como es el queso. El objetivo de la presente investigación consistió en analizar los atributos que los consumidores tienen en cuenta a la hora de comprar queso enriquecido con harina de frijol. Los consumidores se segmentaron con base en sus características socioeconómicas y hábitos de compra. De acuerdo con los resultados, los atributos más valorados por los consumidores son el sabor (62,50 %), origen nacional (49,11 %), marca de calidad (57,46 %) y los beneficios a la salud (49,62 %). Al generarse una segmentación de consumidores, se hallaron cuatro grupos que calificaron los atributos de manera similar. En el grupo tres se encontró una diferencia, pues estos tuvieron mayor afinidad por un producto sin marca (41 %) en comparación con una marca de calidad (38,98 %). Se logró dar significancia al análisis de múltiples criterios comparando atributos, lo que funciona como guía sobre decisiones estratégicas.

Palabras clave: Innovación tecnológica, alimento funcional, segmentación, proceso analítico jerárquico.

Attributes valued by Mexican consumers about cheese enriched with bean flour: multicriteria decision techniques

Abstract

Black beans are one of the most important crops in Mexico. Even though it is a legume with a high content of nutritional properties that benefit health, its consumption has decreased in recent years. Therefore, one way to increase its consumption is through the agro-industrial transformation of the grain

* Autor para correspondencia: marcoandres@chapingo.uruza.edu.mx

Cita del artículo: García-Vázquez R., Sánchez-Toledano B.I., López-Santiago M.A., Valdivia-Alcalá R., López-Santiago A.A. (2024). Atributos valorados por consumidores mexicanos sobre el queso enriquecido con harina de frijol: técnicas de decisión multicriterio. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 120(1): 93-108. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.016>



to diversify its offer and add value. Bean flour was elaborated with the purpose that it be incorporated into a product with great demand in Mexico, such as cheese. The objective of this research was to analyze the attributes that consumers consider when buying cheese enriched with bean flour and to segment them based on their socioeconomic characteristics and purchasing habits. The results showed that the attributes most valued by consumers are flavor (62.50 %), national origin (49.11 %), quality brand (57.46 %), and health benefits (49.62 %). When generating a segmentation of consumers, four groups were found that qualified the attributes in a similar way, only a difference was found in terms of group three, since they had a greater affinity for a product without a brand (41 %) compared to a brand of quality (38.98 %). It was possible to give significance to the analysis of multiple criteria by comparing attributes, which works as a guide on strategic decisions.

Keywords: Technological innovation, functional food, segmentation, hierarchical analytical process.

Introducción

El frijol es la leguminosa de mayor producción y consumo en el mundo (Borja-Bravo y García-Salazar, 2022). En México, la producción anual osciló en 1,2 millones de toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2022). El estado de Zacatecas fue el principal productor y uno de los principales consumidores (Ramírez-Jaspeado et al., 2020).

Pese a la importancia de este cultivo, se ha evidenciado una disminución en la competitividad, lo que genera periodos de volatilidad y ejercen presión sobre las etapas de la cadena productiva (Coordinación General de Evaluación, Modernización y Desarrollo Administrativo [CGMA], 2022). Además, su consumo ha disminuido en los últimos años, pasó de 18,9 a 8,8 kg *per cápita* en el periodo de 2000 a 2017 (Sánchez-Toledano et al., 2021). Ante este escenario, la diversificación de productos agroindustriales con características funcionales es una de estas medidas que se han buscado aprovechar.

En esta directiva, en México se destina el 29,4 % del gasto de los hogares a la adquisición de alimentos, bebidas y tabaco. De ese total, 9,5 % corresponde a la compra de productos lácteos, del cual el 24 % se destina al consumo de quesos (Vega, 2020).

Por otra parte, el consumo de queso en México forma una parte importante de la cultura culinaria nacional, en promedio se consumen de 2,1 a 6 kg por persona (Vega, 2020). El tamaño del mercado mexicano del queso alcanzó un valor de USD 3070 millones en 2021, se espera que el mercado crezca a una tasa compuesta anual del 7,6 % entre 2023 y 2028 para alcanzar un valor de USD 4950 millones en 2027 (Expert Market Research [EMR], 2023).

Dicho producto contiene proteínas, grasas y calcio, así como altas cantidades de vitaminas A y B12, zinc, fósforo y riboflavina (Olveira y González-Molero, 2016).

Los alimentos funcionales se definen como aquellos que aportan nutrientes básicos y que tienen una función adicional gracias a algunos ingredientes diferenciados que optimizan el funcionamiento fisiológico de quienes los consumen (Barazarte Barazarte et al., 2015).

Actualmente, los alimentos funcionales han ganado terreno en América Latina. Durante el año 2019 estos alimentos alcanzaron ventas por 19,8 millones de dólares. Las ventas presentaron un aumento del 27 % en el periodo 2014-2019 y México destaca como uno de los mercados emergentes más importantes en este ámbito (Rojas Rivas et al., 2018).

El frijol posee propiedades potenciales para su transformación en alimentos funcionales (Rojas-Rivas et al., 2020). Bajo este esquema, el lanzamiento de nuevos alimentos desarrollados mediante la adición de ingredientes funcionales a los alimentos portadores ofrece beneficios nutricionales potenciales para consumidores y nuevas oportunidades comerciales para productores (Curutchet et al., 2023).

En este contexto, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en particular, el Campo Experimental Zacatecas, desarrolló una harina de frijol para ser incorporada al queso a través de microcápsulas. En este sentido, es necesario analizar el comportamiento del consumidor en cuanto a la aceptación de nuevos productos. Se han realizado investigaciones que han evaluado la aceptación y preferencias de compra de diferentes productos. No obstante, no se tienen estudios sobre los factores que incluyen en la decisión de compra en el caso específico del queso enriquecido con microcápsulas de harina de frijol (Kraus et al., 2017; Sánchez-Toledano et al., 2021).

El objetivo de la presente investigación consistió en analizar los atributos que los consumidores tienen en cuenta a la hora de comprar queso enriquecido con harina de frijol y segmentarlos con base en sus características socioeconómicas y hábitos de compra.

Material y métodos

Área de estudio

El estudio fue realizado en la ciudad de Zacatecas, México. De acuerdo con estadísticas nacionales, el lugar se caracteriza por ser el principal productor de frijol y uno de los consumidores más importantes (Ramírez-Jaspeado et al., 2020). Estudios para la valorización de atributos de harina de frijol se han llevado

a cabo en el área mostrando buenos resultados (Sánchez-Toledano et al., 2021). Por ello, el espacio se consideró idóneo para analizar los atributos que los consumidores valoran en quesos funcionales. También se consideró contribuir al enriquecimiento del conocimiento científico en el campo de la valorización de productos agroalimentarios a base de frijol.

Desarrollo del queso enriquecido con harina de frijol utilizado en la investigación

Primero, se calentaron cinco litros de leche pasteurizada a una temperatura de 82 °C en una olla de acero inoxidable con agitación constante. Se retiró del fuego y se añadieron gradualmente tres partes iguales de ácido acético alimentario diluido 1:10. También se agregó agua purificada agitando constante para inducir la coagulación de las proteínas de la leche. Se dejó reposar la cuajada durante 30 min hasta que se endureció y gelificó.

Posteriormente, la cuajada se cortó con un cuchillo de acero inoxidable y se filtró, separando el suero de la cuajada mediante un cedazo y una manta natural cruda. La cuajada obtenida se colocó en un recipiente de acero inoxidable y se le agregó sal en una concentración de 5 g/kg de queso. Además, se añadieron 20 g de microcápsulas de frijol por kg de queso. Estas microcápsulas de frijol común fueron seleccionadas por su valor nutricional y sus beneficios para la salud. Por último, el producto se vertió en recipientes especiales para queso y se aplicó presión constante durante 24 h. Pasado este tiempo, los quesos fueron desmoldados y enfriados durante 24 h.

Selección de la muestra

La información se obtuvo mediante la técnica de encuesta personalizada a consumidores de alimentos funcionales. La información fue recabada en centros comerciales, universidades e instancias de gobierno en noviembre

de 2022. El cuestionario se aplicó a una muestra de 100 consumidores estratificados por edad, el tamaño se validó con la ecuación de muestreo para poblaciones finitas, lo que implicó un error muestral del 8 %, con un nivel de confianza del 90 % (Díaz, 2013).

Para el cálculo de la muestra se tomó como referencia los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022). El criterio de selección fueron personas de 18 a 65 años, lo cual aseguró la representatividad de diferentes grupos demográficos en el estudio. También se utilizó el muestreo por conveniencia que funciona como una primera prospección al objeto de estudio. Tiende a usarse en investigaciones exploratorias, su uso se justifica por la disponibilidad y disposición a participar de los consumidores (Martín-Crespo Blanco y Salamanca Castro, 2007). Esta técnica permitió una interacción directa con los participantes, lo que facilitó una mayor comprensión de sus percepciones y preferencias.

La combinación mixta del muestreo para poblaciones finitas y el de conveniencia ha sido validada en investigaciones sobre el estudio del consumidor (Sánchez-Toledano et al., 2021).

Debido al carácter exploratorio del estudio, la cantidad de queso que se obtuvo fue limitado, lo que a su vez restringió la cantidad de encuestas realizadas. A pesar de la cantidad limitada de queso del que se dispuso, fue importante presentarlo y que los encuestados tuvieran la oportunidad de consumirlo para evaluar con mayor precisión sus propiedades sensoriales. De esta manera, la degustación y la aplicación de encuestas se llevaron a cabo en el mismo momento.

Fuentes de información

Se diseñó un cuestionario para analizar los hábitos de consumo, características socioeconómicas y la evaluación de los atributos del

queso enriquecido con harina de frijol. Así, el cuestionario aplicado incluyó preguntas de tipo cerrado, el cual primero se validó con una muestra piloto de consumidores ($n = 15$). Las preguntas buscaron recabar información sobre conocimiento del producto, hábitos de consumo, características sociodemográficas y evaluación sensorial de atributos sobre el producto en cuestión.

Evaluación sensorial

La degustación se realizó bajo un enfoque de evaluación sensorial de condición ciega. Este procedimiento se ha validado en investigaciones previas como la de Sánchez-Toledano et al. (2021), Grandini et al. (2022) y Ballesteros et al. (2023). Con este procedimiento, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Las muestras de queso se cubrieron con papel aluminio para preservar algunos atributos como el olor, los consumidores participantes evaluaron la aceptabilidad del queso enriquecido con harina de frijol en comparación con un queso comercial. Para ello, la evaluación se basó en la observación de atributos como la apariencia en donde se incluyeron aspectos de color, textura y aspecto general, asimismo, en pruebas de sabor, aroma, suavidad y consistencia.

Las muestras de queso fueron presentadas de manera monódica (Figura 1), es decir, cada consumidor probó un queso a la vez, con el uso de un diseño en bloque completo y equilibrado se evitó cualquier sesgo que pudo haberse producido por el orden de presentación de las muestras. También, se solicitó a los consumidores enjuagarse la boca entre muestras para la eliminación de posibles sabores residuales.

Cada consumidor calificó la aceptabilidad del queso utilizando la escala de Likert a 5 puntos: 1 significó "no me gusta nada", 2 "no me gusta", 3 "me gusta más o menos", 4 "me gusta" y 5 "me gusta mucho".



Figura 1. Muestras de quesos funcionales en el proceso de evaluación sensorial.
 Figure 1. Functional cheese samples in the sensory evaluation process.

La evaluación sensorial se generó para que el consumidor se familiarizara con el producto a evaluar y así, sus respuestas dentro del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) tuvieran una mayor fundamentación.

Análisis estadístico

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El AHP se ha utilizado para la definición de criterios y el cálculo en la evaluación de alternativas. Con este método pueden definirse criterios principales y criterios secundarios, calculando su peso relativo para realizar evaluaciones de opciones disponibles adecuadas (de FSM Russo y Camanho, 2015).

En este estudio, los atributos principales evaluados fueron: sensorial, origen, marca y atributos diferenciadores. Los subniveles fueron: olor, color, sabor, origen internacional, nacional (México), región de Zacatecas, sin marca, marca comercial y marca de calidad, ingredientes, beneficios a la salud y precio. Los atributos y los subniveles fueron analizados

por un grupo de expertos del INIFAP y también a través de fuentes secundarias.

A continuación, se describen los pasos para la aplicación del AHP.

Para cada nivel de la jerarquía, el encuestado emitió una serie de juicios por medio de comparaciones pareadas simples sobre todas las posibles combinaciones de los atributos principales y secundarios, los elementos del mismo atributo se evaluaron comparativamente dos a dos.

La evaluación fue por medio de la Escala Fundamental para comparaciones por pares de Saaty. Según esta escala, el valor de 1 muestra que se posee el mismo nivel de importancia, 3 corresponde al favorecimiento leve de un atributo sobre otro, 5 sugiere que se favorece de manera superior una variable sobre otra, 7 apunta a que un atributo tiene un mayor favorecimiento, mientras que 9 indica que existe una variable con un impacto superior. Los valores 2, 4, 6 y 8, se utilizan para indicar el nivel de importancia relativa de los atributos trabajados (Nantes, 2019).

Con la estimación de prioridades y ponderaciones de los subnodos en relación con los nodos principales (atributos principales y secundarios) se compararon para determinar su importancia en cada uno.

Para ello, se utilizó una matriz llamada "matriz de Saaty" o de juicios, en la que se evaluó cada atributo de manera individual. Definiéndose de la siguiente manera:

$$A_k = \begin{bmatrix} a_{11k} & a_{12k} & \dots & a_{1nk} \\ a_{21k} & a_{22k} & \dots & a_{2nk} \\ \dots & \dots & a_{ijk} & \dots \\ a_{n1k} & a_{n2k} & \dots & a_{nnk} \end{bmatrix} \quad [1]$$

De acuerdo con Sánchez-Toledano et al. (2017), se puede delimitar del siguiente modo: a_{ijk} = valor de comparación (razón) entre el subnodo i y el subnodo j . A manera de explicación, este valor representa cuantas veces el subnodo i es preferido sobre el subnodo j para la satisfacción del objetivo establecido por el nodo principal.

Sucesivamente, se empleó el método de la media geométrica para estimar el vector de las ponderaciones propias \hat{W}_{ik} . Para ello, Saaty y Vargas (1984) proponen el cálculo de la siguiente forma:

$$\hat{W}_{ik} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{i=n} \hat{a}_{ijk}} \quad \forall i, j \in n \quad [2]$$

Donde: \hat{W}_{ik} = peso o prioridad del subnodo i para el decisor k , \hat{a}_{ijk} : juicios o valores de comparación expresados para el subnodo i respecto al subnodo j , n = número total de subnodos a comparar.

Por último, una vez que se realizaron las comparaciones por pares entre los diferentes objetivos y que en estos se hallaran los pesos locales, se localizaron las asociaciones con el

objetivo principal de la jerarquía. Los pesos locales calculados se convirtieron en pesos globales gracias al uso de la media geométrica (\hat{W}_i), la cual, ha demostrado ser una opción viable en decisiones de grupo para investigaciones sociales (Sánchez-Toledano et al., 2017). Con los datos, se utilizó la matriz de Saaty agregada:

$$(\hat{A} = \hat{a}_{ij} \sqrt[m]{\prod_{k=1}^{k=m} \hat{a}_{ijk}}) \quad [3]$$

La matriz generó un vector que le dio criterios representativos al conjunto de pesos globales (\hat{W}_i) (Sánchez-Toledano et al., 2017), es decir, se contabilizaron todas las respuestas de los consumidores. Esta matriz toma en consideración al número total de individuos (m) y los juicios o valores de comparación expresados por \hat{a}_{ij} .

Análisis de varianza Kruskal-Wallis y conglomerados

Secuencialmente, se utilizó un análisis de varianza por rangos ($p \leq 0,05$) de Kruskal-Wallis (Díaz, 2013) para determinar las variables socioeconómicas que fueron significativas en la muestra. Con los resultados obtenidos, se generó un análisis de datos mediante el uso de conglomerados no jerárquicos. Se empleó el método K (medias como forma de encadenamiento) y la distancia euclídea al cuadrado como medida de similitud entre individuos (Peña, 2002).

Con los datos estimados, se establecieron grupos por características similares y entonces fueron analizados los atributos que estos prefieren empleándose nuevamente el AHP. Los grupos formados funcionaron como ejemplos de variables de segmentación para caracterizar perfiles de consumidores. Las estimaciones se realizaron en hojas de cálculo Excel 2022, versión 16,69,1 (23011600) y el software estadístico Infostat 2022.

Resultados y discusión

Descripción de la muestra

En la descripción de la muestra (Tabla 1), se observa que el 59 % de los encuestados fueron hombres y 41 % mujeres. Estos porcentajes pueden atribuirse al contexto en el que se llevaron a cabo las encuestas (centros comerciales, universidades e instancia de gobierno). En dichos lugares, parece haber una mayor presencia de hombres en comparación con las mujeres. Este fenómeno puede tener múltiples causas, una posible explicación podría encontrarse en la distribución desigual de la población económicamente activa, según los datos proporcionados por el INEGI (2022), se observa que los hombres representan el 63,9 % y las mujeres el 36,1 %.

En cuanto al rango de edades, las proporciones mayores se encontraron en los 18 años (26 %) y 45 a 49 años (13 %). La edad es una variable importante en el área de estudio principalmente porque las personas mayores son consumidores potenciales en comparación con los encuestados jóvenes (Sánchez-Toledano et al., 2021).

A nivel educativo se observó una diferencia en cuando a la proporción de personas con mayor educación universitario y de posgrado (61 % y 37,9 %, respectivamente). El número de personas con estudios universitarios, cuyo porcentaje supera a los de la población de Zacatecas, posiblemente se debe a la selección de los lugares en donde se recopiló la información (Sánchez-Toledano, 2021). Normalmente, estos espacios son frecuentados por personas con mayor nivel educativo.

Aunque, en concordancia con otras investigaciones, se encontró que la educación se relaciona con un mayor consumo de alimentos funcionales (Baker et al., 2022). Un nivel educativo más alto conduce a un estilo de vida saludable, lo que permite una receptividad para comprar este tipo de productos (Endrizzi

et al., 2021). Las variables socioeconómicas como el género, nivel educativo, edad y el ingreso juegan un papel determinante en la aceptación de un alimento funcional (Kraus et al., 2017; Baker et al., 2022).

Atributos valorados por consumidores sin segmentación

La Figura 2 muestra esquemáticamente los resultados derivados del AHP de manera general. El principal atributo que los consumidores toman en cuenta es el sabor (62,50 %). Algunas investigaciones como la de Lima Ribeiro et al. (2021) se han enfocado en analizar la adición de ingredientes innovadores al queso (avena o biomasa de frutas) y establecieron que el sabor es un atributo que determina su aceptabilidad. Por otra parte, en estudios relacionados con la elaboración de harina de cereales se demostró que el sabor es un factor determinante para su inclusión en algún producto innovador (Roland et al., 2017). Por ello, se ha discutido que la calidad de este atributo debería optimizarse para mejorar la aceptación que tiene el consumidor (Ramírez-Jiménez et al., 2018).

Por otra parte, el atributo de origen nacional (49,11 %) también fue una variable que influyó en la aceptación del producto. Para el queso, se ha demostrado que el resultado de adquirir un producto nacional diferenciado crea una mayor confiabilidad.

Autores como Endrizzi et al. (2021) explicaron que la información de origen tuvo un efecto sobre los consumidores, forjando que en las evaluaciones se establezcan puntuaciones de gusto más altas. También, con el estudio de otros productos se ha confirmado un resultado positivo de asimilación entre la aceptación de un producto y la información de origen. La razón principal fue el aumento de las expectativas, lo cual, destacó un claro efecto positivo (Piqueras-Fizman y Spence, 2015).

Tabla 1. Características socioeconómicas de Zacatecas, México.
 Table 1. Socioeconomic characteristics of Zacatecas, Mexico.

Características generales		
Número total de personas		149,607
Número de personas mayores de 18 años		114,299
	Muestra	Población de Zacatecas
Sexo (%)		
Población total hombres	59	48,1
Población total mujeres	41	51,9
Nivel de estudios (%)		
Sin escolaridad	0	2,0
Primaria y secundaria	17	38
Bachillerato	22	21,5
Universidad y posgrado	61	37,9
No especificado	0	0,01
Edad (%)		
18 años	26	11
20 a 24 años	9	13
25 a 29 años	9	10
30 a 34 años	5	9
35 a 39 años	8	8
40 a 44 años	10	9
45 a 49 años	13	9
50 a 54 años	7	8
55 a 59 años	8	7
Más de 60 años	5	16
Características económicas del lugar de estudio (%)		
Población económicamente activa		59,5
Población no económicamente activa		39,7

Fuente: INEGI (2022).

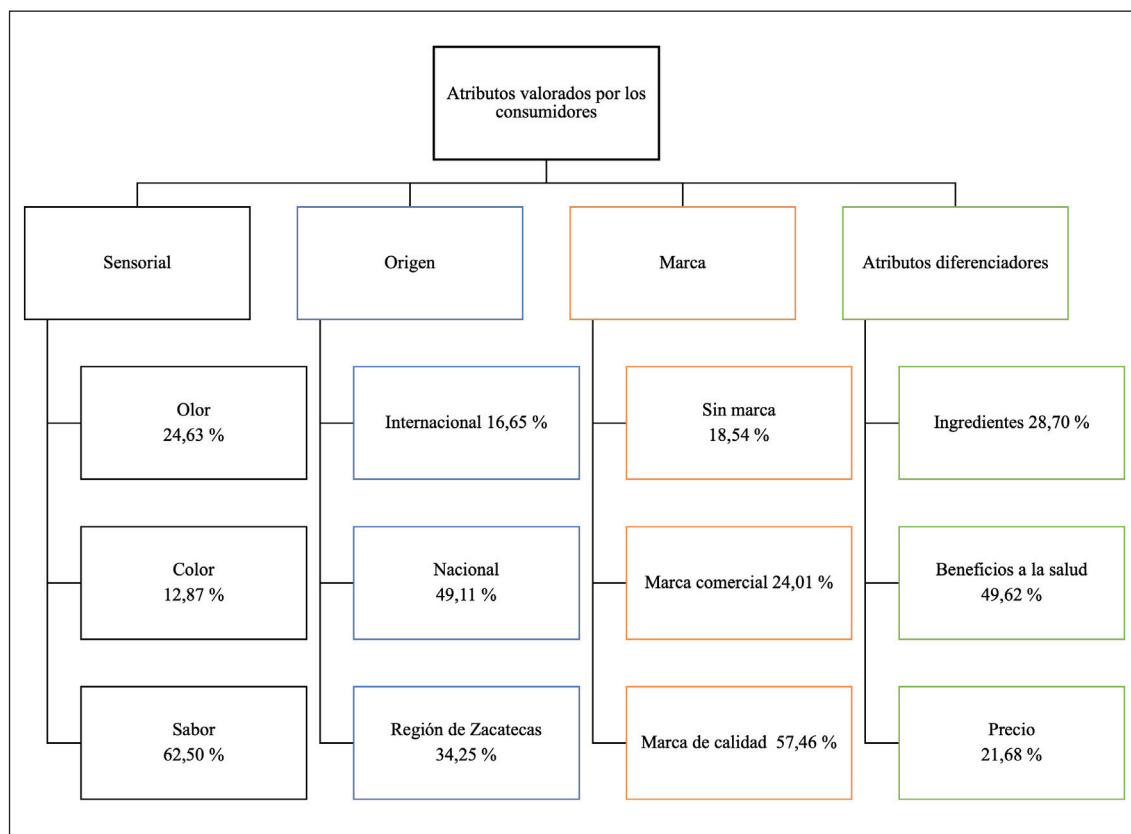


Figura 2. Atributos valorados por los consumidores en quesos con harina de frijol.
 Figure 2. Attributes valued by consumers in cheeses with bean flour.

La preferencia por un producto de origen nacional y no regional puede deberse a la falta de marcas locales de productos similares y los bajos niveles de comercialización. De acuerdo con Sánchez-Toledano *et al.* (2021), en el lugar de estudio (Zacatecas) no se cuentan con programas estratégicos que promuevan marcas comerciales locales para este tipo de productos.

La preferencia por una marca de calidad (57,46 %) es importante para la construcción de un factor confianza. La marca de un producto diferenciado consigue analizarse y valorarse como un atributo que al consumidor le otorga satisfacción. La información que se

tiene de un alimento funcional como la marca, en conjunto con el origen sugieren la aparición de efectos asimétricos, lo que creará expectativas benéficas o en su caso, negativas (Piqueras-Fizman y Spence, 2015). El etiquetado de una marca de calidad y origen mejora la percepción sensorial y que los consumidores estén dispuestos a pagar un mayor precio (Ballesteros *et al.*, 2023).

Del mismo modo, el atributo sobre el beneficio a la salud (49,62 %) fue importante para los consumidores. Se observó un aumento paulatino de este atributo, principalmente debido a los estragos provocados por la pandemia SARS-CoV-2 (COVID19). A partir del

acontecimiento, los consumidores generaron una mayor conciencia no solo por alimentos saludables sino también por ciertas características. Por ejemplo, que los quesos sean obtenidos de sistemas de producción sostenibles y cuenten con cadenas de comercialización cortas (Brum et al., 2021). Entonces, el comportamiento de compra ha cambiado significativamente, lo que ha dado paso a la preferencia de compras en línea, a domicilio y el consumo local (Larios-Gómez et al., 2021).

De esta manera, la implementación de nuevos productos en el desarrollo agronómico y económico podría provenir de una capitalización de cadenas cortas que compensaría gradualmente la dependencia por los grandes procesadores de lácteos (Brumă et al., 2021).

La literatura ha mostrado una correlación positiva entre los beneficios nutricionales y la probabilidad de adquirir este tipo de productos (Curutchet et al., 2023). Algunos casos han tenido éxito presentando resultados que renuevan la funcionalidad, los beneficios a la salud y la calidad nutricional (Hamdy et al., 2021).

En este tenor, la propuesta del queso enriquecido con harina de frijol se localiza en un mercado complejo. Los consumidores nece-

sitan ser caracterizados como actores clave y reconocer los atributos que tienen una mayor valoración, además, saber cómo influyen en el comportamiento de compra.

Por lo que, analizar la importancia que le dan a los alimentos en temas relacionados con atributos sensoriales (olor, color, sabor), origen (internacional, nacional, región Zacatecas), marca (sin marca, marca comercial, marca de calidad) y atributos diferenciadores (ingredientes, beneficios a la salud, precio) se ha vuelto necesario. Para enriquecer esta sección, fueron categorizados los consumidores de la muestra en grupos.

Segmentación de consumidores a partir de variables socioeconómicas

Se utilizaron variables socioeconómicas significativas para generar grupos de consumidores con características similares. Las variables resultantes fueron: nivel de estudios, el gasto que destinan al consumo de quesos y la edad, la variable de agrupación fue el ingreso (Tabla 2). El uso de esta prueba ha funcionado para posteriormente, formar conglomerados con una mayor certeza de las variables significativas y diferenciadoras en los grupos que se forman (López-Santiago et al., 2022).

Tabla 2. Estadísticos de prueba Kruskal-Wallis con la variable de agrupación "ingresos".
Table 2. Kruskal-Wallis test statistics with the grouping variable "income".

	Nivel de estudios	Gasto que destinan al consumo de quesos	Edad
H ¹	20,69	25,49	24,81
P ²	0,0003	0,0001	0,0001
GI ³	5	5	5

¹Es el estadístico de prueba para la prueba de Kruskal-Wallis. ²Probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. ³Grados de libertad.

En cuanto al uso de conglomerados como forma de segmentación, la Figura 3 muestra los grupos obtenidos. En este sentido, se encontraron cuatro, el primero fue el más numeroso con un 65 % de consumidores, el segundo registró un 11 %, el tercero un 17 % y el último 9 %. A continuación, se desarrolla la caracterización de cada uno y los atributos que cuentan con una mayor valoración en cada conjunto.

En el grupo uno contó con los consumidores que presentaron dos niveles de ingresos, menos de USD 244,25 y entre USD 244,30 a USD 488,50. También se caracterizaron por una edad promedio entre 15 y 29 años, mientras que el nivel de educación fluctuó principalmente entre secundaria y bachillerato. El ingreso destinado a la compra de queso fue de USD 2,44 llegando a los USD 4,89 mensuales.

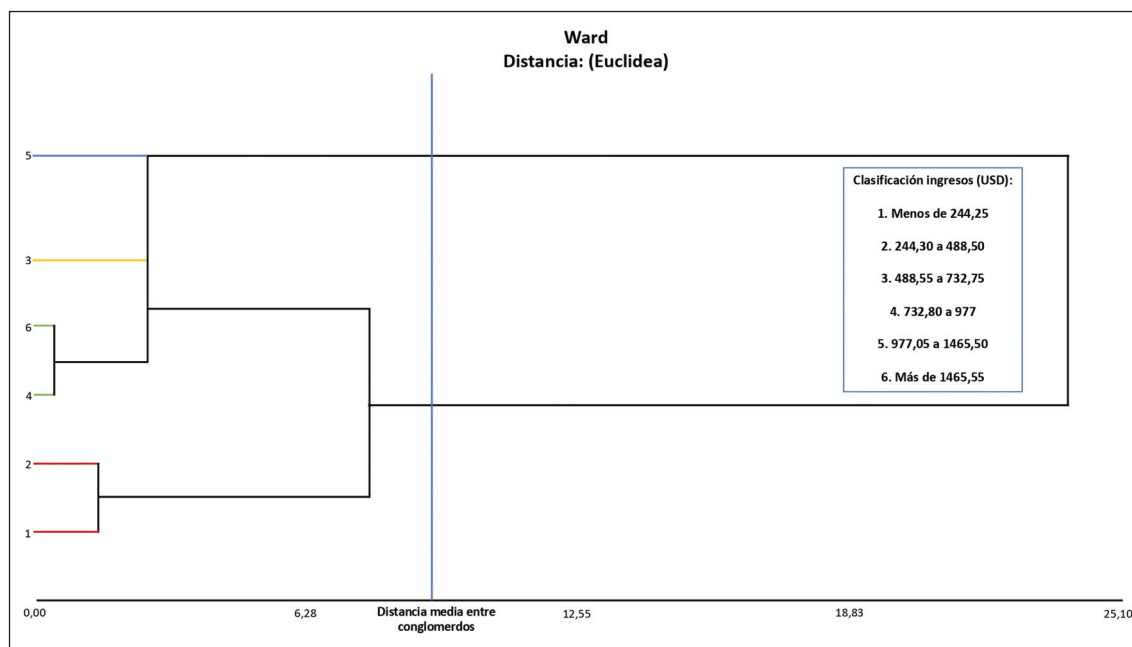


Figura 3. Dendrograma de grupos característicos socioeconómicos a partir de la variable de clasificación "ingresos".

Figure 3. Dendrogram of characteristic socioeconomic groups based on the classification variable "income".

El grupo dos incluyó a consumidores con ingresos clasificados en los estratos cuatro y seis, correspondiente a montos entre USD 732,80 y USD 1465,50. Como se observó, los ingresos fueron mayores a los que presentó el primer grupo. La edad se ubicó entre 40 y 60 años. Asimismo, el nivel educativo fluctuó en un grado más alto ya que alberga a consumidores universitarios y con posgrados. Mientras que el gasto para la adquisición de quesos

osciló en los USD 4,93 hasta los USD 12,21. Se observó una inversión más alta para este tipo de productos en comparación con el primer segmento formado.

En el grupo tres el ingreso osciló entre USD 488,55 y USD 732,75. Este tipo de consumidor contó con una edad de 35 a 49 años. El nivel educativo se situó en grado universitario. El gasto destinado a la compra de queso se ubicó en los USD 4,93 a USD 9,77. En

comparación con el grupo dos, este segmento contó con un menor porcentaje de ingresos destinados al consumo de queso.

El grupo cuatro albergó a personas con ingresos entre USD 977,05 y USD 1465,50. La edad del consumidor osciló entre los 45 a más de 60 años. El nivel de estudios se ubicó en personas universitarias y con posgrados. Los gastos que efectuaron en la adquisición queso se encontraron entre los USD 4,93 hasta los USD 14,66. Este segmento presentó mayores gastos para la adquisición de quesos. Lo anterior, se explicó por el nivel de ingresos y la edad, ya que este tipo de consumidores prefieren alimentos que beneficien su salud.

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en la valoración de atributos a partir de los grupos formados. En general, la clasificación de consumidores tuvo un comportamiento similar en cuestión de los atributos que tuvieron una mayor relevancia en la evaluación del AHP sin segmentación. Sin embargo, el grupo tres encontró una mejor afinidad por la preferencia de un queso nacional (53,27 %), sin marca (41 %) y que beneficien la salud (50,11 %). Lo anterior significa que las marcas que garantizan la calidad del producto son menos relevantes para este segmento.

Por otro lado, el grupo uno en cuestión de los atributos mostró un porcentaje mayor en

Tabla 3. Atributos valorados por los consumidores a partir de la segmentación de grupos.
Table 3. Attributes valued by consumers from the segmentation of groups.

Atributos (%)	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Sensorial				
Olor	27,53	15,53	13,06	23,2
Color	11,66	14,13	20,15	13,91
Sabor	60,81	70,34	66,79	62,57
Origen				
Internacional	20,50	14,66	7,09	10,24
Nacional	45,29	51,72	53,27	60,78
Regional	34,22	33,62	39,64	28,97
Marca				
Sin marca	17,54	14,01	41,00	17,76
Marca comercial	24,56	24,03	20,02	29,41
Marca de calidad	57,83	61,96	38,98	52,83
Atributos diferenciadores				
Ingredientes	31,91	20,87	20,63	28,39
Beneficios a la salud	42,02	69,44	50,11	62,50
Precio	26,07	9,69	29,26	9,12

sabor (60,81 %), marca de calidad (57,38 %), origen nacional (45,29 %) y producto que beneficie la salud (42,02 %).

Con respecto al grupo dos, los integrantes del grupo prefirieron un producto que beneficie la salud (69,44 %). Es decir, para este tipo de consumidores el cuidado de la salud por medio de alimentos funcionales es un factor decisivo para su adquisición. Otros atributos importantes fueron marca de calidad (61,96 %) y origen nacional (51,72 %). Datos similares fueron obtenidos en el grupo cuatro.

Algunas investigaciones sugieren que los consumidores aceptan nuevos alimentos si observan un beneficio tangible. El aumento por el cuidado de la salud del consumidor ha abierto un nuevo campo de investigación científica, en donde el mercado de alimentos funcionales tiene oportunidades de evolucionar, a través de diferentes estrategias (Vicentini et al., 2016). Por esta razón, muchos estudios se han centrado en el análisis del consumidor y el entendimiento de las razones que lo hace elegir un alimento funcional.

Un resultado común es que la aceptación está directamente influenciada por una variedad de factores. Baker et al. (2022) a través del análisis de 75 estudios diferentes encontraron que las características socioeconómicas y sensoriales del producto son determinantes para su consumo. Resultados similares se observaron en este estudio al hallarse que son diversos atributos englobados en estos estratos los que se toman en cuenta.

El uso de conglomerados para segmentar consumidores ha sido una herramienta útil para trabajos similares. En este eje, Curutchet et al. (2023) publicaron resultados sobre el cambio de interés en los consumidores por quesos con beneficios a la salud y diferentes tipos de fabricación. En sus hallazgos, apuntan a que se deben conocer los estratos socioeconómicos para una generalización de resultados con mayor eficacia.

Con respecto al uso del AHP, estudios han demostrado la efectividad desde enfoques heterogéneos y en campos diversos. Algunas investigaciones han empleado la metodología para estudiar el comportamiento de los consumidores. Por ejemplo, Lambarraa-Lehnhardt et al. (2021) demostraron la efectividad del etiquetado de origen en las preferencias de los consumidores utilizando estimaciones de la importancia de atributos en subniveles. Padillo et al. (2021) utilizaron la metodología e identificaron atributos prioritarios para desarrollar la lealtad en clientes de restaurantes. Por su parte, Dogan et al. (2016) presentaron un estudio para evaluar atributos sensoriales bajo un enfoque de AHP.

Conclusiones

El estudio presentó una combinación de métodos para la evaluación de atributos valorados por consumidores en un queso enriquecido con harina de frijol.

Se analizó la importancia relativa de considerar la opinión del consumidor en el desarrollo de un nuevo producto a partir de un escenario de cambio donde diferentes factores influyen en esta percepción. También, se logró dar significancia al análisis de múltiples criterios comparando atributos, lo que funciona como guía sobre decisiones estratégicas.

Los productores y las industrias alimentarias pueden utilizar los resultados obtenidos para analizar los atributos valorados por consumidores, de este modo, adaptar su producción e industrialización.

La segmentación logró dar una explicación más amplia de cómo los consumidores aceptarían un producto nuevo y con ello, formar estrategias diferenciadas.

En este sentido, la estrategia del grupo uno debe considerar el precio como factor deter-

minante, el dos y cuatro pueden trabajarse desde la promoción de un queso funcional con alto valor nutricional. Finalmente, una estrategia adecuada para el grupo tres podría ser una marca local. Es importante mencionar que se requiere de una mayor integración de variables para establecer un modelo explicativo más desarrollado. Además, se precisa ampliar la muestra para conocer la profundidad del efecto de la segmentación en el comportamiento del consumidor. Las aportaciones principales se encuentran en el empleo de las diferentes metodologías que pueden ser replicadas para el análisis de investigaciones con enfoques similares. No obstante, una de las limitaciones del presente estudio es que la muestra se limita a ser relevante dentro de una región geográfica específica, por lo que se deben tomar precauciones al momento de generalizar los resultados.

Referencias bibliográficas

- Baker M.T., Lu P., Parrella J.A., Leggette H.R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(3): 1217. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>
- Ballesteros J.F., Schouteten J.J., Otila A., Ramirez R.I., Gellynck X., Casaul J., De Steur H. (2023). Does award and origin labeling influence consumers' willingness-to-pay beyond sensory cues? An experimental auction on improved Philippine tablea (cocoa liquor). *Journal of Behavioral and Experimental Economics* 102: 101965. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2022.101965>
- Barazarte Barazarte H.E., Sangronis E., Moreno Pérez I.M., Garmendia Guedez C.A., Mujica Y.J. (2015). Laminados de guayaba (*Psidium guajava* L.) enriquecidos con inulina y calcio. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 65(4): 225-233.
- Borja-Bravo M., García-Salazar J.A. (2022). El Programa de Fertilizantes para el Bienestar y el mercado de frijol en México. *Agronomía Mesoamericana* 33(2): 47216. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47216>
- Brum I.S., Vasiliu C.D., Rodino S., Butu M., Tanas L., Dobo S., Butu A., Coca O., Stefan G. (2021). The behavior of dairy consumers in short food supply chains during COVID-19 pandemic in Suceava area, Romania. *Sustainability* 13(6): 3072. <https://doi.org/10.3390/su13063072>
- CGMA (2022). Reporte del mercado de frijol. Disponible en: <https://gcma.com.mx/reportes/mercado-del-frijol-2/> (Consultado 30 de enero 2023).
- Curutchet A., Tárrega A., Arcia P. (2023). Changes in consumers interest on cheeses with health benefits and different manufacture types over the last decade. *CyTA-Journal of Food* 21(1): 72-81. <https://doi.org/10.1080/19476337.2022.2162973>
- de FSM Russo R., Camanho R. (2015). Criteria in AHP: a systematic review of literature. *Procedia Computer Science* 55: 1123-1132. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>
- Díaz A. (2013). *Estadística aplicada a la administración y la economía*. Ed. Díaz, McGraw-Hill, Interamericana. 609 pp.
- Dogan M., Aslan D., Aktar T., Goksel Sarac M. (2016). A methodology to evaluate the sensory properties of instant hot chocolate beverage with different fat contents: multi-criteria decision-making techniques approach. *European Food Research and Technology* 242: 953-966. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2602-z>
- EMR (2023). Mercado Lácteo de México, Crecimiento, Análisis 2023-2028. Disponible en: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-lacteo-de-mexico> (Consultado: 21 mayo 2023).
- Endrizzi I., Clicerì D., Menghi L., Aprea E., Gasperi F. (2021). Does the 'Mountain Pasture Product' claim affect local cheese acceptability?. *Foods* 10(3): 682. <https://doi.org/10.3390/foods10030682>
- Grandini M., Medici M., Canavari M., Palmioli E., Mercati F., Catorci A., Scocco P. (2022). Consumer liking and value perception of mountain cheese from different pasture periods: evidence for mountain systems supporting policies. *Mountain Research and Development* 42(3): R1-R7. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00066.1>

- Hamdy S.M., Hassan M.G., Ahmed R.B., Abdelmontaleb H.S. (2021). Impact of oat flour on some chemical, physicochemical and microstructure of processed cheese. *Journal of Food Processing and Preservation* 45(9): e15761. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15761>
- INEGI (2022). México en Cifras. Disponible en: <https://lc.cx/iKokmZ> (Consultado: 26 enero 2023).
- Kraus A., Annunziata A., Vecchio R. (2017). Socio-demographic factors differentiating the consumer and the motivations for functional food consumption. *Journal of the American College of Nutrition* 36(2): 116-126. <https://doi.org/10.1080/07315724.2016.1228489>
- Lambarraa-Lehnhardt F., Ihle R., Elyoubi H. (2021). How successful is origin labeling in a developing country context? Moroccan consumers' preferences toward local products. *Sustainability* 13(15): 8433. <https://doi.org/10.3390/su13158433>
- Larios-Gómez E., Fischer L., Peñalosa M., Ortega-Vivanco M. (2021). Purchase behavior in COVID-19: A cross study in Mexico, Colombia, and Ecuador. *Heliyon* 7(3): e06468. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06468>
- Lima Ribeiro A.P., Souza Guimarães J., Teixeira Lago A.M., de Angelis Pereira M.C., de Abreu L.R., Pinto S.M. (2021). Oat bran and sweeteners in petit-suisse cheese: Technological and nutritional properties and consumer acceptance. *LWT-Food Science and Technology* 146: 111318. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111318>
- López-Santiago M.A., García R., Valdivia R., Sánchez B.I. (2022). Plan estratégico de desarrollo para una comunidad totonaca en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 19(3): 370-386. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i3.1510>
- Martín-Crespo Blanco C., Salamanca Castro A.B. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *NURE investigación: Revista Científica de enfermería* 27(10).
- Nantes E.A. (2019). El metodo Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa* 27(46): 54-73.
- Olveira G., González-Molero I. (2016). An update on probiotics, prebiotics and symbiotics in clinical nutrition. *Endocrinología y Nutrición* 63(9): 482-494. <https://doi.org/10.1016/j.endoen.2016.10.011>
- Padillo J.C., Go N., Manreal P., Samson S., Galli B., Yamagishi K., Promentilla M.A., Ocampo L. (2021). Modelling the priority attributes of customer loyalty in Philippine single-dish restaurants. *Journal of Modelling in Management* 17(4): 1432-1455. <https://doi.org/10.1108/JM2-09-2020-0243>
- Peña D. (2002). Análisis de datos multivariantes. Ed. Peña, McGraw-hill, Madrid, España. 515 pp.
- Piqueras-Fizman B., Spence C. (2015). Sensory expectations based on product-extrinsic food cues: An interdisciplinary review of the empirical evidence and theoretical accounts. *Food Quality and Preference* 40: 165-179. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.013>
- Ramírez-Jaspeado R., Palacios-Rojas N., Nutti M., Pérez S. (2020). Estados potenciales en México para la producción y consumo de frijol biofortificado con hierro y zinc. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43(1): 11-23. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.11>
- Ramírez-Jiménez A.K., Gaytán-Martínez M., Morales-Sánchez E., Loarca-Piña G. (2018). Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *LWT-Food Science and Technology* 89: 674-680. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.043>
- Rojas Rivas E., Espinoza Ortega A., Martínez García C.G., Moctezuma Pérez S., Thomé Ortiz H. (2018). Exploring the perception of Mexican urban consumers toward functional foods using the Free Word Association technique. *Journal of Sensory Studies* 33(5): e12439. <https://doi.org/10.1111/joss.12439>
- Rojas-Rivas E., Espinoza-Ortega A., Thomé-Ortiz H. (2020). Consumo e intención de compra de amaranto (*Amaranthus* sp.) en México; un grano ancestral con propiedades funcionales. *Agro Productividad* 13(3): 65-70. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1669>

- Roland W.S.U., Pouvreau L., Curran J., van de Velde F., de Kok P.M.T. (2017). Flavor aspects of pulse ingredients. *Cereal Chemistry* 94(1): 58-65. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI>
- Saaty T.L., Vargas L.G. (1984). Comparison of eigenvalue, logarithmic least squares and least squares methods in estimating ratios. *Mathematical Modelling* 5(1): 309-324. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(84\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0270-0255(84)90008-3)
- SADER (2022). Estima Agricultura crecimiento de 11.4% de la producción de frijol en 2021; mantiene tendencia al alza. Disponible en: <https://lc.cx/3BeAkl> (Consultado: 26 enero 2023).
- Sánchez-Toledano B.I., Kallas Z., Gil J.M. (2017). Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 49(2): 269-287.
- Sánchez-Toledano B., Cuevas-Reyes V., Cruz-Bravo R., Zegbe J.A. (2021). Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarín enriquecido con harina de cotiledón de frijol. *Revista Fito-tecnia Mexicana* 44(1): 95-95. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.95>
- Sánchez-Toledano B.I. (2021). Variedades de melocotón con mayor potencial económico: un estudio de caso en el norte de México. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 117(5): 598-617. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.009>
- Vega G. (2020). ¿Cuál es el consumo de queso de los mexicanos? *The Food Tech*. Disponible en: <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/cual-es-el-consumo-queso-mexicanos/> (Consultado: 21 de mayo 2023).
- Vicentini A., Liberatore L., Mastrocola D. (2016). Functional foods: Trends and development of the global market. *Italian Journal of Food Science* 28(2): 338-351. <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v211>

(Aceptado para publicación el 29 de septiembre de 2023)



itea

Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2023 DE AIDA

Presidenta

Albina Sanz Pascua

Secretaria

Paula Gaspar García

D^a Paula Gaspar García, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2023 de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que, reunido el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2023 el día 31 de enero de 2024, en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte la Presidenta de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, la Directora de Investigación del CITA del Gobierno de Aragón, el Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, el Director de la Estación Experimental de Aula Dei y el Vicedirector del Instituto Pirenaico de Ecología, han decidido por unanimidad que el **Premio Prensa Agraria 2023** ha recaído en **David Martínez-Granados, Ricardo Martínez-Bastida y Javier Calatrava** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **Caracterización técnico-económica y rentabilidad del cultivo de la quinoa en regadío en España**. Del mismo modo, y por unanimidad, se ha concedido un **accésit al Premio Prensa Agraria 2023** que ha recaído en **José Antonio Albadalejo-García, José Ángel Zabala, María Isabel Rodríguez-Valero, Francisco Alcon y José Miguel Martínez-Paz** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **Percepción social de la calidad estética del paisaje agrícola mediterráneo: los frutales en floración de la Región de Murcia**.

Zaragoza, a 31 de enero de 2024

LA PRESIDENTA DE AIDA
Albina Sanz Pascua

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2024 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) otorga un premio anual de Prensa Agraria para destacar aquel artículo de los publicados en ITEA en el año 2024 que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo y de transferencia al sector, así como un impacto relevante de sus resultados. El artículo deberá reflejar el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario. Se concederá un premio, pudiendo quedar desierto.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2024. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidencia de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Dirección de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Dirección del CITA (Gobierno de Aragón).
 - d) Dirección del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Dirección de la Estación Experimental de Aula Dei.
 - f) Dirección del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación debe rellenar esta ficha de inscripción y la siguiente hoja sobre Protección de datos.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación rellene la ficha de inscripción y envíela a la siguiente dirección:

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA). Avenida Montañana, 930, 50059 Zaragoza.

Si elige como forma de pago la domiciliación bancaria adjunte a esta hoja de inscripción el impreso de domiciliación sellado por su banco.

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (Caixabank, Ag. Zuera (Zaragoza), España, nº ES70 2100 8687 2702 0001 2107) por el importe de la cuota anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

Apellidos:		Nombre:	
NIF:			
Dirección Postal:			
Teléfono:		Fax:	e-mail:
Empresa:			
Área en que desarrolla su actividad profesional:			
En _____, a ___ de _____ de 20__			
Firma:			

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

<input type="checkbox"/>	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
<input type="checkbox"/>	Transferencia a la cuenta de AIDA ES70 2100 8687 2702 0001 2107 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja	
Muy Sr. mío,	
Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)	
que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) .	
Atentamente,	
En _____, a ___ de _____ de 20__	Sello de la Entidad:
Firmado:	

PROTECCIÓN DE DATOS

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO, de ahora en adelante AIDA, le informa de que los datos facilitados durante su relación con la Asociación serán tratados para gestionar el alta de socio, así como para las gestiones administrativas de la Asociación. La base legal para el tratamiento de sus datos es la relación contractual y su consentimiento. Sus datos podrán ser cedidos a las entidades que sea necesarias para el cumplimiento de nuestras obligaciones legales, y si así lo autoriza, a las empresas colaboradoras de la Asociación. Tiene derecho a acceder, rectificar, suprimir, oponerse al tratamiento de sus datos, así como retirar el consentimiento prestado y pedir su portabilidad.

AUTORIZACIONES

- * – Autoriza a que AIDA le envíe información a través de medios postales y/o electrónicos (correo electrónico, SMS, etc.) sobre noticias de la asociación, así como información de servicios de sus patrocinadores y/o colaboradores.
- Autoriza a que AIDA pueda facilitar sus datos de contacto a las empresas patrocinadoras o colaboradoras con fines comerciales. Sí No *

* Debe responder a estas cuestiones obligatoriamente.

Por último, en aras a dar cumplimiento al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y siguiendo las Recomendaciones e Instrucciones emitidas por la Agencia Española de Protección de Datos (A.E.P.D.),

SE INFORMA

- Los datos de carácter personal solicitados y facilitados por usted, son incorporados un fichero de titularidad privada cuyo responsable y único destinatario es AIDA, con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 - Zaragoza.
- Solo serán solicitados aquellos datos estrictamente necesarios para prestar adecuadamente los servicios solicitados, pudiendo ser necesario recoger datos de contacto de terceros, tales como representantes legales, tutores, o personas a cargo designadas por los mismos.
- Todos los datos recogidos cuentan con el compromiso de confidencialidad, con las medidas de seguridad establecidas legalmente, y bajo ningún concepto son cedidos o tratados por terceras personas, físicas o jurídicas, sin el previo consentimiento del socio, tutor o representante legal, salvo en aquellos casos en los que fuere imprescindible para la correcta prestación del servicio.
- Una vez finalizada la relación entre la Asociación y el socio, los datos seguirán archivados y conservados mientras sean necesarios para dar cumplimiento a las obligaciones legales o, en su defecto, serán devueltos íntegramente al socio (o autorizado legal) o suprimidos si así se solicita por su parte.
- Los datos que facilito serán incluidos en el Tratamiento denominado Socios de AIDA, con la finalidad de gestión del alta de socio, la gestión del servicio contratado, pago de cuotas, contacto, etc., y todas las gestiones relacionadas con los socios y manifiesto mi consentimiento.
- Tiene derecho a acceder a sus datos personales, a solicitar su rectificación, cancelación y oposición, indicándolo por escrito a AIDA con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 – Zaragoza, o al correo electrónico de la Asociación: administracion@aidaitea.org.
- Los datos personales serán cedidos por AIDA a las entidades que prestan servicios a la misma siempre que sea estrictamente necesario para llevar a cabo los servicios ofrecidos por la Asociación. Igualmente, sus datos serán cedidos si existe una obligación legal.

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____, a ___ de _____ de 20__

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES

Puede encontrar toda la información sobre como hacer los envíos,
las directrices de como hacer los manuscritos y las licencias
bajo las que se publican los artículos en nuestra web, en la URL
<https://www.aida-itea.org/index.php/revista-itea/envio-de-articulos>

Volumen 120

Número 1

Marzo 2024

itea

información técnica económica agraria
www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

