

Correlaciones genéticas entre caracteres morfológicos y caracteres reproductivos, de crecimiento y calidad de la canal en la raza bovina Pirenaica

David López-Carbonell, Juan Altarriba, Marco Aurelio Ramírez, Houssemeddine Srihi y Luis Varona*

Unidad de Genética Cuantitativa y Mejora Animal. Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2). Universidad de Zaragoza. Avd. Miguel Servet 177. 50013, Zaragoza (España)

Resumen

La mejora genética en vacuno de carne se plantea generalmente a partir de los registros productivos de los animales, obtenidos tanto *in vivo* como en la canal. El desarrollo de una valoración morfológica lineal ofrece la posibilidad de una potencial fuente de información fenotípica en un gran número de animales a edades tempranas. Si estos caracteres muestran una elevada correlación genética con los caracteres incluidos en el objetivo de selección pueden ser utilizados para constituir criterios de selección que permitan una selección indirecta eficaz. Con el fin de evaluar esta posibilidad, se han utilizado los registros fenotípicos de los caracteres incluidos en la hoja de calificación morfológica de la Raza Pirenaica en hasta 16.350 animales. Los caracteres registrados incluyen 6 caracteres relacionados con el desarrollo muscular y su promedio, 6 caracteres relacionados con el desarrollo esquelético y su promedio, 8 caracteres asociados con la aptitud funcional y su promedio, 6 caracteres relacionados con la caracterización racial y su promedio. Adicionalmente, en esta hoja también aparece una valoración morfológica global, además de la condición corporal, el grosor de las cañas, la docilidad, la forma de las pezuñas, la profundidad de la ubre y el grosor y longitud de los pezones. Todos estos caracteres se han analizado mediante modelos bicarácter junto con los caracteres productivos (peso de la canal fría, conformación de la canal y engrasamiento de la canal) y reproductivos (edad al primer parto, intervalo entre partos y supervivencia al cuarto parto) disponibles en la base de datos de CONASPI (Confederación Nacional de Asociaciones de Ganado Pirenaico). Para ello, se ha utilizado la información procedente del libro genealógico de la raza consistente en 343.753 entradas individuo-padre-madre. Los resultados obtenidos confirman la existencia de heredabilidades medias en la mayoría de los caracteres morfológicos. A su vez, destacan las correlaciones genéticas existentes entre los caracteres morfológicos relacionados con el desarrollo esquelético y muscular y los caracteres de la canal. Entre los resultados obtenidos, algunas medias posteriores de la correlación genética alcanzaron valores superiores a 0,30; como entre la redondez de la nalga y la conformación de la canal (0,365) y entre el subtotal de desarrollo esquelético y el peso de canal (0,357). Además, se ha mostrado que la docilidad no se encuentra correlacionada genéticamente de manera importante con ninguno de los caracteres utilizados como criterio de selección.

Palabras clave: Vacuno de carne, correlaciones genéticas, heredabilidad, caracteres morfológicos.

* Autor para correspondencia: lvarona@unizar.es

Cita del artículo: López-Carbonell D, Altarriba J, Ramírez MA, Srihi H, Varona L (en prensa). Correlaciones genéticas entre caracteres morfológicos y caracteres reproductivos, de crecimiento y calidad de la canal en la raza bovina Pirenaica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria. Vol. xx: 1-19. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.002>

Genetic correlations between morphological and reproductive, growth and carcass quality traits in the Pirenaica beef cattle breed

Abstract

Genetic improvement in beef cattle is mainly based on the production records of the animals, obtained both *in vivo* and in the carcass. The development of a linear morphological evaluation offers the possibility of a potential source of phenotypic information in a large number of animals at early ages. If these characters show a high genetic correlation with the characters included in the selection objective, they can be used to create new selection criteria that allow an efficient indirect selection. To evaluate this possibility, phenotypic records from linear morphological evaluation of Pirenaica cattle breed have been used. It evaluates up to 16,350 animals per trait. Recorded traits included 6 traits related with muscular development and their average, 6 traits related with skeletal development and their average, 8 traits related with functional ability and their average, 6 traits related with breed morphology and their average. Additionally, this evaluation also tackles a global morphological evaluation, condition score, leg bone thickness, docility, hoof shape, udder depth and nipple length and thickness. All these traits have been analyzed using bivariate models that also included productive (Cold Carcass Weight, Carcass Conformation and Carcass Fatness) and reproductive (Age at First Calving, Calving Interval and Survival to Fourth Calving) characters, available at CONASPI (National Confederation of Pirenaica Breeders Associations) database. To do so, the pedigree information used contains 343,753 Individual-Sire-Dam records. The results obtained confirm the existence of moderate heritabilities in most of the traits. Moreover, genetic correlations between morphological characters related to skeletal and muscular development and carcass traits are highlighted. Among them, some posterior mean estimates were over 0.30, such as between round convexity and conformation (0.365) and between the subtotal for skeletal development and carcass weight (0.357). Furthermore, docility has been shown to not be highly genetically correlated with any of the characters used as selection criteria.

Keywords: Beef Cattle, genetic correlations, heritabilities, morphological traits.

Introducción

Los criterios de selección utilizados en los programas de mejora genética de las razas bovinas de vacuno de carne utilizan habitualmente caracteres productivos y reproductivos (Phocas *et al.*, 1998; Amer *et al.*, 2001; Altarriba *et al.*, 2009). Desafortunadamente, gran parte de estos caracteres no pueden ser registrados en los candidatos a la selección, ya que se expresan en fases avanzadas de la vida del animal o después del sacrificio. Especialmente en el caso de los caracteres reproductivos, que solamente se expresan en una parte de la población, las hembras reproductoras y su recogida puede resultar problemática en algunos sistemas productivos. Por este motivo, la disponibilidad de caracteres que se puedan medir en los animales jóvenes y que tengan una correlación

genética alta con los caracteres de interés puede permitir incrementar la precisión de la valoración genética de los candidatos a la selección y, de esta manera, contribuir al incremento de la respuesta a selección.

Los caracteres morfológicos han jugado un papel muy relevante en los procesos históricos de selección de las razas ganaderas. La formación de estas razas se realizó a partir de selección y apareamiento entre semejantes, es decir, individuos con parecido morfológico, con el objetivo de fijar los caracteres de interés (Feliuss *et al.*, 2014). Sin embargo, el grado de subjetividad implícito en la valoración morfológica de los animales (Goyache *et al.*, 2001) ha implicado que, actualmente, apenas sean utilizados en los criterios de selección de las poblaciones de vacuno de carne en España.

Los procedimientos de valoración morfológica lineal (Short y Lawlor, 1992; Doyle et al., 2018) atribuyen una puntuación más objetiva de las características morfológicas de cada animal y una proporcionalidad (linealidad) entre la escala observada y la escala valorada, facilitando su posible introducción en los índices compuestos de selección. Sin embargo, es imprescindible conocer las correlaciones genéticas entre las valoraciones morfológicas y los caracteres de interés económico directo para valorar su utilidad práctica. Por este motivo, el objetivo de este trabajo es estimar las heredabilidades de los caracteres incluidos en la valoración morfológica lineal de la raza bovina Pirenaica y sus correlaciones genéticas con caracteres productivos (Peso de la Canal fría, Conformación y Engrasamiento de la Canal) que forman parte de los criterios de selección del plan de mejora genética de la raza (MAPA, 2020) y reproductivos (Edad al Primer Parto, Intervalo entre Partos y Supervivencia al Cuarto Parto).

Material y métodos

El material utilizado en el desarrollo de este trabajo ha sido proporcionado por CONASPI (Confederación Nacional de Asociaciones de Ganado Bovino Pirenaico) y ha consistido en una genealogía de 343.753 entradas individuo-padre-madre, la información fenotípica de los caracteres de interés económico (Edad al Primer Parto –EPP–; Intervalo entre Partos –INT–; Supervivencia al Cuarto Parto –SUP–; Peso de la Canal Fría –PCF–; Conformación de la Canal –CON– y Engrasamiento de la Canal –ENG–) y la información procedente de los caracteres incluidos en la hoja de valoración morfológica de la raza. Los caracteres proporcionados por la valoración morfológica incluyen caracteres asociados con: 1) desarrollo muscular (Anchura de la Cruz –ANC-CRUZ–; Anchura del Dorso –ANCDOR–; Espe-

sor del Lomo –ESPLOM–; Redondez de la Nalga –REDNAL–; Anchura de la Nalga –ANC-NAL– y Longitud de la Nalga –LONNAL–). 2) desarrollo esquelético (Altura a la Cruz –ALT-CRUZ–; Longitud del Dorso –LONDOR–; Longitud de la Pelvis –LONPEL–; Anchura Interiliaca –ANCILI–; Anchura Intertrocantérica –ANCTRO– y Anchura Interisquiática –ANCISQ–). 3) aptitud funcional (Anchura del Hocico –ANCHOC–; Vista Delantera de los Aplomos Delanteros –VDAD–; Vista Lateral de los Aplomos Delanteros –VLAD–; Vista Trasera de los Aplomos Traseros –VTAT–; Vista Lateral de los Aplomos Traseros –VLAT–; Profundidad de Pecho –PROPEC–; Rectitud del Dorso –REC-DOR– e Inclinación de la Pelvis –INCPPEL–). 4) caracteres raciales (Color de la Capa –CAP–; Color de las Mucosas –MUC–; Morfología de la Cabeza –CAB–; Morfología de los Cuernos –CUE–; Armonía –ARM– y Color de Cuernos y Pezuñas –COLCP–). 5) otros caracteres (Condición corporal –COND–; Grosor de las Cañas –GRO–; Docilidad (comportamiento) –DOC–; Forma de las Pezuñas –PEZ–; Profundidad de la Ubre –PROUBR–; Grosor de los Pezones –GRO-PEZ– y Longitud de los Pezones –LONPEZ–). Todos estos caracteres han sido agrupados en cinco categorías (Desarrollo Muscular, Desarrollo Esquelético, Aptitudes Funcionales, Caracteres Raciales y Otros Caracteres). Los promedios de los caracteres que integran las cuatro primeras categorías (Subtotal Desarrollo Muscular –MUSC–; Subtotal Desarrollo Esquelético –ESQ–; Subtotal Aptitudes Funcionales –FUNC– y Subtotal Caracteres Raciales –RAC–), escalados de 1 a 100, y un promedio ponderado de todos ellos en función del sexo (Puntuación Final –TOT–) son también incluidos como caracteres adicionales en la hoja de calificación. Las ponderaciones utilizadas en TOT fueron $0,35 \times MUSC + 0,25 \times ESQ + 0,25 \times FUNC + 0,15 \times RAC$ para machos y $0,25 \times MUSC + 0,30 \times ESQ + 0,30 \times FUNC + 0,15 \times RAC$. Una descripción más detallada de los caracteres puede encontrarse en un artículo preliminar (Payás et al., 2021), en el que

se incluyeron adicionalmente dos caracteres registrados exclusivamente en machos (Prepucio y Descenso Testicular). Estos caracteres no se han incluido en este estudio a la espera de poseer un mayor número de registros para obtener estimaciones más fiables.

La Edad al Primer Parto, el Intervalo entre Partos y el Peso de la Canal Fría se expresaron en días, los dos primeros, y en kg, el tercero. La Supervivencia al Cuarto Parto se trata de un carácter categórico con dos categorías (sobrevive al cuarto parto o no). La Conformación de la Canal y el Engrasamiento de la Canal se obtuvieron del Sistema Integral de Trazabilidad Animal (SITRAN) y midieron en las escalas de valoración SEUROP (DOUE, 2013), que fueron

transformadas en 18 y 15 categorías (Altarriba et al., 2009), respectivamente. Finalmente, los caracteres de valoración morfológica se midieron en una escala de 1 a 9, y los subtotales para cada grupo de caracteres y la Puntuación Final se expresaron en una escala de 1 a 100. La cantidad de datos disponibles, así como su media, desviación típica y coeficiente de variación se presentan en la Tabla 1.

Los datos se han analizado mediante el desarrollo de modelos animales bicarácter. Los modelos que incluyeron a los caracteres morfológicos junto a Edad al Primer Parto, Peso de la Canal Fría, Conformación de la Canal y Engrasamiento de la Canal se analizaron mediante el siguiente modelo:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} W_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \end{pmatrix}$$

Donde y_1 es el vector del carácter de rendimiento productivo o reproductivo (Edad al Primer Parto, Peso de la Canal Fría, Conformación de la Canal, Engrasamiento de la Canal) e y_2 es el vector del carácter morfológico, b_1 es el vector de efectos sistemáticos para el carácter económico, b_2 es el vector de efectos sistemáticos para los caracteres morfológicos, p_1 es el vector de efectos aleatorios asociados con el rebaño año-estación en el carácter eco-

nómico, y u_1 y u_2 son los efectos genéticos para el carácter económico y morfológico, respectivamente. Finalmente, e_1 y e_2 son los vectores de residuos y X_1 , X_2 , W_1 , Z_1 , Z_2 son las correspondientes matrices de incidencia.

Los modelos utilizados para los análisis bivariantes del carácter Intervalo entre Partos (y_1) incluyeron un efecto aleatorio adicional asociado (v_1) con el efecto permanente de la vaca. Por lo tanto, el modelo de análisis fue:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} W_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \end{pmatrix}$$

Finalmente, para el carácter Supervivencia al Cuarto Parto se ha utilizado el siguiente modelo bivalente umbral-continuo mediante una transformación probit (Gianola, 1982; Sorensen et al., 1995):

Donde I_1 es el vector de observaciones en una variable subyacente normal que se relaciona con el vector de datos (y_1). Los efectos sistemáticos y los niveles incluidos para todos los caracteres analizados se presentan en la Tabla 2.

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} W_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \end{pmatrix}$$

Tabla 1. Número de datos (N), media, desviación típica (Dt) y coeficiente de variación (CV: relación entre la media y la variación del carácter) de los caracteres analizados (de interés económico y proporcionados por la calificación morfológica).
 Table 1. Number of records (N), mean (Media), standard deviation (Dt) and variation coefficient (CV: trait mean and variance ratio) of analyzed traits (economical interest and linear morphological evaluation).

Grupo	Carácter	N	Media	Dt	CV
Reproductivo	Edad al Primer Parto (EPP; días)	54.061	1094,24	214,35	19,58
	Intervalo entre Partos (INT; días)	202.439	404,54	72,36	17,88
	Supervivencia al Cuarto Parto (SUP; categórico: sí / no) ¹	66.181	56%		
Productivos	Peso de la Canal Fría (PCF; kg)	102.149	300,62	59,06	19,64
	Conformación de la Canal (CON; escala SEUROP (1 a 18))	97.216	10,82	1,39	12,90
	Engrasamiento de la Canal (ENG; escala SEUROP (1 a 15))	97.447	5,33	1,27	23,94
	Anchura de la Cruz (ANCCRUZ; 1 a 9)	16.338	6,30	0,99	15,77
	Anchura del Dorso (ANCDOR; 1 a 9)	16.338	5,81	1,07	18,43
Desarrollo Muscular	Espesor del Lomo (ESPLOM; 1 a 9)	16.335	5,95	1,04	17,43
	Redondez de la Nalga (REDNAL; 1 a 9)	16.335	6,31	1,05	16,71
	Anchura de la Nalga (ANCNAL; 1 a 9)	16.336	6,50	1,07	16,41
	Longitud de la Nalga (LONNAL; 1 a 9)	16.335	6,53	1,11	16,94
	Subtotal Desarrollo Muscular (MUSC; 1 a 100)	16.279	61,90	8,72	14,09
	Altura de la Cruz (ALTCRUZ; 1 a 9)	16.329	6,37	0,92	14,37
	Longitud del Dorso (LONDOR; 1 a 9)	16.324	6,52	1,14	17,54
Desarrollo Esquelético	Longitud de la Pelvis (LONPEL; 1 a 9)	16.313	6,45	1,03	16,04
	Anchura Interiliaca (ANCLIL; 1 a 9)	16.275	6,58	1,07	16,29
	Anchura Intertrocantérica (ANCTRO; 1 a 9)	16.273	6,28	0,98	15,55
	Anchura Interisquiática (ANCISQ; 1 a 9)	16.275	6,06	0,94	15,49
	Subtotal Desarrollo Esquelético (ESQ; 1 a 100)	16.280	63,80	8,85	13,87

¹ El carácter SUP es categórico, por lo tanto, se expresa en forma de porcentaje.

Tabla 1. Número de datos (N), media, desviación típica (Dt) y coeficiente de variación (CV: relación entre la media y la variación del carácter) de los caracteres analizados (de interés económico y proporcionados por la calificación morfológica) (continuación).
 Table 1. Number of records (N), mean (Media), standard deviation (Dt) and variation coefficient (CV: trait mean and variance ratio) of analyzed traits (economical interest and linear morphological evaluation) (continuation).

Grupo	Carácter	N	Media	Dt	CV	
Aptitudes Funcionales	Anchura del Hocico (ANCHOC; 1 a 9)	16.297	6,78	1,09	16,12	
	Vista Delantera de los Aplomos Delanteros (VDAD; 1 a 9)	16.278	4,70	0,71	15,00	
	Vista Lateral de los Aplomos Delanteros (VLAD; 1 a 9)	16.276	4,95	0,56	11,39	
	Vista Trasera de los Aplomos Traseros (VTAT; 1 a 9)	16.266	4,79	0,69	14,40	
	Vista Lateral de los Aplomos Traseros (VLAT; 1 a 9)	16.263	4,96	0,73	14,72	
	Profundidad de Pecho (PROPEC; 1 a 9)	16.312	6,70	1,09	16,23	
	Rectitud del Dorso (RECDOR; 1 a 9)	16.320	6,93	1,33	19,17	
	Inclinación de la Pelvis (INCPVL; 1 a 9)	16.304	6,94	1,36	19,64	
	Subtotal Aptitudes Funcionales (FUNC; 1 a 100)	16.279	75,67	6,27	8,28	
Caracteres Raciales	Color de la Capa (CAP; 1 a 9)	16.322	6,82	1,33	19,58	
	Color de las Mucosas (MUC; 1 a 9)	16.310	6,93	1,35	19,50	
	Morfología de la Cabeza (CAB; 1 a 9)	16.259	6,69	1,17	17,48	
	Morfología de los Cuernos (CUE; 1 a 9)	11.438	6,24	1,43	22,88	
	Armonía (ARM; 1 a 9)	16.194	6,55	1,05	15,97	
	Color de Cuernos y Pezuñas (COLCP; 1 a 9)	15.976	6,92	1,49	21,49	
	Subtotal Caracteres Raciales (RAC; 1 a 100)	16.280	66,82	10,05	15,05	
	Otros	Condición Corporal (COND; 1 a 9)	16.212	5,91	1,12	18,90
		Grosor de las Cañas (GRO; 1 a 9)	16.275	4,69	1,41	30,13
Docilidad (DOC; 1 a 9)		12.109	6,12	1,54	25,14	
Forma de las Pezuñas; (PEZ 1 a 9)		15.980	7,08	2,07	29,22	
Profundidad de la Ubre (PROUBR; 1 a 9)		13.485	4,02	1,65	41,01	
Grosor de los Pezones (GROPEZ; 1 a 9)		13.487	3,68	1,69	45,99	
Longitud de los Pezones (LONPEZ; 1 a 9)		13.485	3,99	1,54	38,62	
Total Calificación Morfológica	Puntuación Final (TOT; 1 a 100)	16.346	67,32	7,08	10,52	

¹ El carácter SUP es categórico, por lo tanto, se expresa en forma de porcentaje.

Tabla 2. Efectos ambientales incluidos en el modelo de evaluación por carácter y número de niveles de cada uno.
 Table 2. Environmental effects included in the evaluation model for each trait and number of levels.

Grupo	Carácter	Media	Edad (Días)	Sexo	Matadero	Edad (años)	Controlador/ Explotación/ Fecha de control	Rebaño/ Año/ Estación	Permanente Vaca
Reproductivo	Edad al Primer Parto (EPP; días)	1	-	-	-	-	-	29.485	-
	Intervalo entre Partos (INT; días)	-	-	-	-	23	-	49.283	52.379
	Supervivencia al Cuarto Parto (SUP; categórico: si / no)	1	-	-	-	-	-	19.355	-
Productivo	Peso de la Canal Fría (PCF; kg)	-	1	2	31	-	-	19.003	-
	Conformación de la Canal (CON; escala SEUROP)	-	1	2	30	-	-	17.894	-
	Engrasamiento de la Canal (ENG; escala SEUROP)	-	1	2	30	-	-	17.993	-
Caracteres recogidos en la Hoja de Calificación Morfológica de la raza Pirenaica ¹									
		-	-	2 ⁽¹⁾	-	9	29	696	-

⁽¹⁾ En el caso de los caracteres Profundidad de la ubre, Grosor de los Pezones y Longitud de los Pezones el efecto sexo no fue incluido.

El análisis de los modelos se ha realizado mediante un análisis bayesiano implementado a través del muestreo de Gibbs (Gelfand y Smith, 1990), con un paso de aumento de datos (Tanner y Wong, 1987) en el caso del carácter Supervivencia al Cuarto Parto. Para el análisis se utilizó el software TM (Legarra et al., 2011) con una única cadena de 300.000 iteraciones y se descartaron las primeras 50.000.

Resultados y discusión

Los resultados de la estimación de los componentes de varianza y la heredabilidad de los caracteres de interés económico se presentan en la Tabla 3.

Las medias posteriores de la heredabilidad oscilaron entre 0,110 para el carácter Intervalo entre Partos y 0,531 para Conformación de la Canal. Los resultados para los caracteres de peso y calidad de la canal se encuentran dentro del rango de los valores obtenidos en otros estudios en poblaciones de vacuno de carne (Utrera y Van Vleck, 2004; Hickey et al., 2007), o en la misma población (Altarriba et al., 2009). Las heredabilidades estimadas para los caracteres reproductivos Edad al Primer Parto e Intervalo entre Partos fueron más bajas, aunque en el rango alto de los resultados obtenidos en otros estudios (Cammack et al., 2009; Berry et al., 2014). Finalmente, la estimación de la heredabilidad de Supervivencia al Cuarto Parto fue de 0,242; similar a los resultados obtenidos por Martínez et al. (2005) en la raza Hereford y por Jamrozik et al. (2013) en la raza Simmental, y ligeramente superior al obtenido por Boldt et al. (2018) en Red Angus.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las medias y desviaciones típicas posteriores de los componentes de varianza, heredabilidades y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres de desarrollo muscular.

Tabla 3. Medias y desviaciones típicas posteriores (entre paréntesis) de la varianza aditiva (σ_a^2), varianza asociada al rebaño año estación (σ_p^2), varianza permanente de la vaca (σ_v^2), varianza residual (σ_e^2) y heredabilidad (h^2) de los caracteres de interés económico.

Table 3. Posterior means and standard deviation (inside the brackets) of additive variance (σ_a^2), herd-year-season variance (σ_p^2), permanent cow variance (σ_v^2), residual variance (σ_e^2) and heritability (h^2) of economic interest traits.

Carácter	σ_a^2	σ_p^2	σ_v^2	σ_e^2	h^2
EPP	19.474,08 (681,63)	31.295,41 (603,34)	–	36.623,01 (524,64)	0,223 (0,007)
INT	584,62 (20,81)	1.207,61 (19,60)	161,76 (13,89)	3.371,48 (13,84)	0,110 (0,004)
SUP	0,380 (0,016)	0,194 (0,010)	–	1,000	0,242 (0,008)
PCF	919,73 (24,88)	246,62 (6,90)	–	674,66 (15,66)	0,500 (0,011)
CON	0,901 (0,021)	0,267 (0,007)	–	0,530 (0,013)	0,531 (0,010)
ENG	0,450 (0,016)	0,382 (0,008)	–	0,591 (0,011)	0,316 (0,010)

EPP: Edad al Primer Parto; INT: Intervalo entre Partos; SUP: Supervivencia al Cuarto Parto; PCF: Peso de la Canal Fría; CON: Conformación de la Canal; ENG: Engrasamiento de la Canal.

Las medias posteriores de las heredabilidades de los caracteres de desarrollo muscular oscilaron entre 0,140 de Espesor del Lomo y 0,268 de Redondez de la Nalga y fueron similares a las obtenidas por otros autores en poblaciones diferentes de vacuno de carne (Forabosco et al., 2005; Mazza et al., 2014; Doyle et al., 2018). Los resultados de la estimación de la correlación genética con los caracteres de interés económico confirmaron que los caracteres morfológicos asociados al desarrollo muscular están correlacionados positivamente con Peso de la Canal Fría y Conformación de la Canal, y de manera negativa con Engrasamiento de la Canal, aunque las medias posteriores de las correlaciones siempre fueron inferiores a 0,4. Las estimas de las correlaciones fueron en la misma dirección que las obtenidas por Bouquet et al. (2010) en las razas Blonde de Aquit-

taine y Limousin y Berry et al. (2019) en ganado multirraza irlandés, aunque de menor magnitud. Es interesante mencionar que estos últimos autores (Berry et al., 2019), encuentran correlaciones genéticas algo más elevadas cuando se analizan estas medidas de desarrollo muscular junto con el peso de algunos cortes concretos de la canal, de los cuales no se dispone información actualmente en la raza Pirenaica. En cuanto a las correlaciones genéticas con los caracteres reproductivos, merece la pena destacar que la Anchura del Dorso, Espesor del Lomo y el Subtotal del Desarrollo Muscular parecen estar asociados con un ligero incremento de la Edad al Primer Parto, y que la Redondez de la Nalga tiene una ligera correlación negativa con la capacidad de las hembras de alcanzar el cuarto parto (Supervivencia al Cuarto Parto).

Tabla 4. Medias y desviaciones típicas posteriores (entre paréntesis) de los componentes de varianza aditiva (σ_a^2) y residual (σ_e^2), heredabilidades (h^2) y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres de desarrollo muscular.
 Table 4. Posterior means and standard deviation (inside the brackets) of additive variance (σ_a^2) and residual components (σ_e^2), heritabilities (h^2) and genetic correlations between economical interest traits and muscular development traits.

Carácter	σ_a^2	σ_e^2	h^2	Correlación Genética					
				EPP	INT	SUP	PCF	CON	ENG
ANCCRUIZ	0,125 (0,011)	0,539 (0,010)	0,189 (0,016)	0,104 (0,060)	-0,011 (0,042)	-0,108 (0,076)	0,181 (0,043)	0,303 (0,048)	-0,201 (0,047)
ANCDOR	0,130 (0,011)	0,519 (0,010)	0,200 (0,016)	0,221 (0,058)	-0,003 (0,042)	-0,109 (0,076)	0,201 (0,044)	0,168 (0,050)	-0,142 (0,048)
ESPLOM	0,078 (0,009)	0,476 (0,009)	0,140 (0,015)	0,168 (0,074)	0,041 (0,049)	-0,060 (0,106)	0,169 (0,057)	0,198 (0,053)	-0,118 (0,064)
REDNAL	0,160 (0,011)	0,427 (0,009)	0,268 (0,017)	0,084 (0,053)	0,018 (0,046)	-0,206 (0,076)	0,177 (0,043)	0,365 (0,039)	-0,183 (0,050)
ANCNAL	0,132 (0,009)	0,409 (0,008)	0,245 (0,016)	0,071 (0,055)	0,030 (0,048)	-0,067 (0,076)	0,227 (0,048)	0,324 (0,046)	-0,135 (0,049)
LONNAL	0,143 (0,011)	0,483 (0,010)	0,228 (0,016)	0,089 (0,056)	0,019 (0,046)	0,068 (0,072)	0,223 (0,047)	0,106 (0,044)	-0,096 (0,056)
MUSC	8,956 (0,670)	25,082 (0,549)	0,263 (0,018)	0,140 (0,052)	0,028 (0,041)	-0,102 (0,067)	0,217 (0,039)	0,273 (0,036)	-0,158 (0,044)

EPP: Edad al Primer Parto; INT: Intervalo entre Partos; SUP: Supervivencia al Cuarto Parto; PCF: Peso de la Canal Fría; CON: Conformación de la Canal; ENG: Engrasamiento de la Canal; ANCCRUIZ: Anchura de la Cruz; ANCDOR: Anchura del Dorso; ESPLOM: Espesor del Lomo; REDNAL: Redondez de la Nalga; ANCNAL: Anchura de la Nalga; LONNAL: Longitud de la Nalga; MUSC: Subtotal Desarrollo Muscular.

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos para las medias y desviaciones típicas posteriores de los componentes de varianza, heredabilidades y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres de desarrollo esquelético.

Las medias posteriores de las heredabilidades para los caracteres de desarrollo esquelético han oscilado entre 0,177 para la Longitud de la Pelvis y 0,276 para el Subtotal de Desarrollo Esquelético (ESQ). Se trata de estimaciones cercanas a las obtenidas en estudios similares en otras poblaciones de vacuno de carne (Gutiérrez y Goyache, 2002; Forabosco et al., 2005; Doyle et al., 2018). Las estimaciones de las correlaciones genéticas muestran que los caracteres de desarrollo esquelético pueden predecir el Peso de la Canal Fría, ya que las medias posteriores de la correlación genética fueron alrededor de 0,35, con la salvedad de Anchura Interilíaca cuya estimación de la correlación genética fue únicamente de 0,20. Sin embargo, las medias posteriores de las correlaciones genéticas con la Conformación de la Canal y el Engrasamiento de la Canal fueron cercanas a cero, salvo entre la Anchura Interisquiática y Conformación de la Canal (0,151). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Berry et al. (2019) en ganado multiraza irlandés, aunque estos autores también encuentran correlaciones positivas con Conformación de la Canal y ligeras correlaciones negativas con Engrasamiento de la Canal. Pueden resultar de interés, además, los resultados para las correlaciones genéticas entre el Intervalo entre Partos y Anchura Interilíaca (-0,160) y las de la Anchura Interilíaca y Anchura del Dorso con la Edad al Primer Parto (0,120 y 0,165; respectivamente), ya que pueden ser informativos en machos y en animales jóvenes.

Las estimaciones posteriores de los componentes de varianza, heredabilidades y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres de aptitudes funcionales se presentan en la Tabla 6.

Las medias posteriores de la heredabilidad de los caracteres relacionados con aptitudes funcionales presentaron un rango entre 0,088 para Vista Delantera de los Aplomos Delanteros y 0,274 para Anchura del Hocico. Entre ellas, es destacable que las heredabilidades de los caracteres relacionadas con la morfología de los aplomos son más reducidas, ya que oscilan entre 0,088 (Vista Delantera de los Aplomos Delanteros) y 0,154 (Vista Lateral Aplomos Traseros) y similares a las obtenidas por otros autores en las razas Roja Noruega (Ødegård et al., 2014), Holstein Finlandesa (Häggman y Juga, 2013) y Red Angus (Giess et al., 2021). La mayoría de las correlaciones genéticas fueron cercanas a cero, aunque los caracteres relacionados con los aplomos traseros (Vista Trasera Aplomos Traseros y Vista Lateral Aplomos Traseros) tendían a presentar una correlación negativa con Edad al Primer Parto y Engrasamiento de la Canal y positiva con la Supervivencia al Cuarto Parto. La relación con la supervivencia de la morfología de los aplomos traseros ha sido reportada previamente en vacuno de leche (Zavadilová et al., 2011; Khansefid et al., 2021) y se atribuye a la tendencia a desarrollar laminitis en este mismo tipo de ganado (Boettcher et al., 1998). Por otra parte, la Inclinación de Pelvis y la Valoración Funcional Global están correlacionadas negativamente con la Conformación de la Canal y positivamente con el Engrasamiento de la Canal.

Las medias y desviaciones típicas posteriores de los componentes de varianza, heredabilidades y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres raciales se presentan en la Tabla 7.

Los resultados de estimación de la heredabilidad presentaron medias posteriores en un rango entre 0,170 para Armonía y 0,280 para Color de las Mucosas, en consonancia con los valores obtenidos por Abreu et al. (2018) en Guzerat, y Reimann et al. (2018) y Souza et al. (2020) en Hereford y Bradford, respec-

Tabla 5. Medias y desviaciones típicas posteriores (entre paréntesis) de los componentes de varianza aditiva (σ_a^2) y residual (σ_e^2), heredabilidades (h^2) y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres de desarrollo esquelético.
 Table 5. Posterior means and standard deviation (inside the brackets) of additive variance (σ_a^2) and residual components (σ_e^2), heritabilities (h^2) and genetic correlations between economical interest traits and skeletal development traits.

Carácter	σ_a^2	σ_e^2	h^2	Correlación Genética						
				EPP	INT	SUP	PCF	CON	ENG	
ALTCRUZ	0,143 (0,010)	0,415 (0,008)	0,256 (0,016)	0,029 (0,051)	0,025 (0,041)	0,048 (0,069)	0,349 (0,039)	-0,085 (0,043)	-0,023 (0,042)	
LONDOR	0,123 (0,010)	0,408 (0,008)	0,231 (0,017)	0,028 (0,054)	-0,004 (0,043)	-0,027 (0,075)	0,326 (0,042)	-0,050 (0,048)	0,033 (0,049)	
LONPEL	0,081 (0,008)	0,381 (0,007)	0,177 (0,017)	0,037 (0,063)	-0,020 (0,049)	-0,011 (0,074)	0,312 (0,049)	0,008 (0,055)	-0,037 (0,056)	
ANCILI	0,139 (0,009)	0,387 (0,007)	0,265 (0,016)	0,120 (0,055)	-0,160 (0,045)	0,015 (0,064)	0,200 (0,043)	-0,062 (0,044)	0,038 (0,049)	
ANCTRO	0,093 (0,008)	0,348 (0,007)	0,212 (0,016)	0,165 (0,062)	0,041 (0,049)	-0,043 (0,070)	0,346 (0,046)	0,097 (0,050)	-0,082 (0,053)	
ANCISQ	0,101 (0,008)	0,370 (0,007)	0,214 (0,017)	0,027 (0,062)	0,007 (0,046)	-0,034 (0,070)	0,332 (0,045)	0,151 (0,048)	-0,056 (0,053)	
ESQ	8,250 (0,567)	21,642 (0,465)	0,276 (0,017)	0,081 (0,050)	-0,006 (0,348)	-0,024 (0,063)	0,357 (0,044)	0,009 (0,037)	-0,026 (0,047)	

EPP: Edad al Primer Parto; INT: Intervalo entre Partos; SUP: Supervivencia al Cuarto Parto; PCF: Peso de la Canal Fría; CON: Conformación de la Canal; ENG: Engrasamiento de la Canal; ALTCRUZ: Altura de la Cruz; LONDOR: Longitud del Dorso; LONPEL: Longitud de la Pelvis; ANCILI: Anchura Interiliaca; ANCTRO: Anchura Intertrocantérica; ANCISQ: Anchura Interisquiática; ESQ: Subtotal Desarrollo Esquelético.

Tabla 6. Medias y desviaciones típicas posteriores (entre paréntesis) de los componentes de varianza aditiva (σ_a^2) y residual (σ_e^2), heredabilidades (h^2) y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres de aptitudes funcionales.
 Table 6. Posterior means and standard deviation (inside the brackets) of additive variance (σ_a^2) and residual components (σ_e^2), heritabilities (h^2) and genetic correlations between economical interest traits and functional aptitudes traits.

Carácter	σ_a^2	σ_e^2	h^2	Correlación Genética					
				EPP	INT	SUP	PCF	CON	ENG
ANCHOC	0,211 (0,015)	0,560 (0,012)	0,274 (0,018)	-0,005 (0,053)	0,051 (0,042)	-0,066 (0,063)	-0,019 (0,041)	-0,051 (0,043)	0,018 (0,043)
VDAD	0,021 (0,003)	0,212 (0,003)	0,088 (0,013)	-0,006 (0,079)	0,018 (0,062)	0,122 (0,097)	0,016 (0,053)	-0,063 (0,063)	0,068 (0,056)
VLAD	0,020 (0,002)	0,125 (0,002)	0,135 (0,014)	-0,021 (0,073)	-0,070 (0,067)	0,126 (0,094)	-0,026 (0,061)	-0,113 (0,061)	0,012 (0,021)
VTAT	0,020 (0,004)	0,197 (0,004)	0,091 (0,017)	-0,130 (0,088)	-0,093 (0,056)	0,200 (0,105)	-0,146 (0,069)	-0,040 (0,067)	-0,157 (0,086)
VLAT	0,047 (0,005)	0,262 (0,005)	0,154 (0,016)	-0,196 (0,065)	-0,039 (0,056)	0,239 (0,083)	-0,056 (0,050)	-0,049 (0,051)	-0,113 (0,060)
PROPEC	0,123 (0,009)	0,424 (0,008)	0,225 (0,014)	-0,012 (0,057)	-0,053 (0,048)	-0,180 (0,082)	0,057 (0,053)	-0,068 (0,052)	0,093 (0,051)
RECDOR	0,165 (0,014)	0,651 (0,013)	0,202 (0,015)	-0,009 (0,058)	-0,044 (0,043)	0,032 (0,071)	-0,007 (0,050)	-0,014 (0,049)	0,062 (0,047)
INCPCL	0,176 (0,014)	0,646 (0,017)	0,214 (0,017)	0,069 (0,054)	0,031 (0,043)	-0,047 (0,073)	0,068 (0,047)	-0,257 (0,049)	0,123 (0,051)
FUNC	4,599 (0,344)	14,495 (0,321)	0,241 (0,017)	0,043 (0,056)	0,029 (0,044)	-0,047 (0,071)	0,058 (0,042)	-0,153 (0,047)	0,117 (0,047)

EPP: Edad al Primer Parto; INT: Intervalo entre Partos; SUP: Supervivencia al Cuarto Parto; PCF: Peso de la Canal Fría; CON: Conformación de la Canal; ENG: Engrasamiento de la Canal; ANCHOC: Anchura del Hocico; VDAD: Vista Delantera de los Aplomos Delanteros; VLAD: Vista Lateral de los Aplomos Delanteros; VTAT: Vista Trasera de los Aplomos Traseros; VLAT: Vista Lateral de los Aplomos Traseros; PROPEC: Profundidad de Pecho; RECDOR: Rectitud del Dorso; INCPCL: Inclinación de la Pelvis; FUNC: Subtotal Aptitudes Funcionales.

Tabla 7. Medias y desviaciones típicas posteriores (entre paréntesis) de los componentes de varianza aditiva (σ_e^2) y residual (σ_e^2), heredabilidades (h^2) y correlaciones genéticas entre los caracteres de interés económico y los caracteres raciales.
 Table 7. Posterior means and standard deviation (inside the brackets) of additive variance (σ_a^2) and residual components (σ_e^2), heritabilities (h^2) and genetic correlations between economical interest traits and breed morphology traits.

Carácter	σ_a^2	σ_e^2	h^2	Correlación Genética					
				EPP	INT	SUP	PCF	CON	ENG
CAP	0,355 (0,024)	0,998 (0,020)	0,262 (0,016)	-0,120 (0,053)	0,019 (0,039)	-0,068 (0,069)	-0,019 (0,043)	-0,029 (0,040)	-0,030 (0,043)
MUC	0,275 (0,018)	0,526 (0,015)	0,280 (0,017)	0,008 (0,049)	0,016 (0,038)	-0,197 (0,063)	0,025 (0,043)	-0,027 (0,043)	-0,075 (0,043)
CAB	0,200 (0,017)	0,546 (0,013)	0,268 (0,020)	-0,124 (0,056)	-0,019 (0,041)	-0,072 (0,063)	-0,124 (0,038)	0,015 (0,039)	-0,006 (0,041)
CUE	0,197 (0,021)	0,617 (0,017)	0,242 (0,023)	-0,198 (0,063)	0,011 (0,047)	0,158 (0,076)	-0,011 (0,045)	0,020 (0,049)	-0,003 (0,055)
ARM	0,096 (0,010)	0,467 (0,009)	0,170 (0,016)	-0,099 (0,067)	-0,052 (0,050)	0,054 (0,082)	0,083 (0,043)	0,040 (0,056)	-0,025 (0,056)
COLCP	0,200 (0,016)	0,702 (0,014)	0,221 (0,016)	-0,158 (0,059)	-0,019 (0,041)	-0,026 (0,068)	0,043 (0,049)	0,035 (0,045)	-0,062 (0,044)
RAC	10,724 (0,768)	28,833 (0,642)	0,271 (0,017)	-0,152 (0,051)	0,024 (0,039)	-0,063 (0,065)	0,038 (0,034)	0,043 (0,041)	-0,040 (0,039)

EPP: Edad al Primer Parto; INT: Intervalo entre Partos; SUP: Supervivencia al Cuarto Parto; PCF: Peso de la Canal Fria; CON: Conformación de la Canal; ENG: Engrasamiento de la Canal; CAP: Capa; MUC: Mucosas; CAB: Morfología de la Cabeza; CUE: Morfología de los Cuernos; ARM: Armonía; COLCP: Color de los Cuernos y Pezuñas; RAC: Subtotal Caracteres Raciales.

tivamente. En cuanto a las correlaciones genéticas, merecen ser destacadas las correlaciones negativas entre varios caracteres (Color de la Capa, Morfología de la Cabeza, Morfología de los Cuernos, Armonía y Color de Cuernos y Pezuñas) y el Subtotal de Caracteres Raciales con la Edad al Primer Parto. Es decir, los individuos más acordes al patrón racial tienden a iniciar su vida reproductiva más prematuramente. En este sentido, Gutiérrez et al. (2002) estudian la relación entre la caracterización racial y los caracteres reproductivos en raza Asturiana de los Valles, aunque sus resultados son difícilmente comparables con los de este estudio debido a la heterogeneidad en cuando la definición de los patrones raciales en cada población.

En la Tabla 8 se presentan los resultados de las medias y desviaciones típicas posteriores de las heredabilidad y correlaciones genéticas para el resto de los caracteres analizados (Condición corporal, Grosor de las Cañas, Docilidad, Forma de las Pezuñas, Profundidad de la Ubre, Grosor de los Pezones y Longitud de los Pezones)

La heredabilidad más reducida se observó para el carácter Condición Corporal, similar a las obtenidas por otros autores (Dal Zotto et al., 2007; Köck et al., 2018), y se confirma su correlación genética con el Peso de la Canal Fría (Nephawe et al., 2004; Berry et al., 2021) y la Conformación de la Canal (Nephawe et al., 2004). Por otra parte, el Grosor de las Cañas presenta correlaciones genéticas de potencial interés con la Conformación de la Canal (-0,218), Supervivencia al Cuarto Parto (-0,157), Edad al Primer Parto (0,178) e Intervalo entre Partos (0,179), mientras que el carácter Docilidad no parece estar relacionado genéticamente con ningún carácter incluido en los criterios de selección, confirmando los resultados obtenidos por Varona et al. (2012) con la supervivencia y por Walkom et al. (2018) con varios caracteres productivos. Además, la estimación de la here-

dabilidad fue relativamente alta (0,329), similar a la obtenida en otras poblaciones (Torres-Vázquez y Spangler, 2016; Walkom et al., 2018; Yu et al., 2020). Por lo tanto, sería interesante analizar si la inclusión de la docilidad entre los criterios de selección de la población permitiría incrementar este carácter sin suponer una reducción o modificación del rendimiento productivo. Por último, la heredabilidad de los caracteres relacionados con la morfología de la ubre (Profundidad de la Ubre, Grosor de los Pezones y Longitud de los pezones) presentaron heredabilidades en torno a 0,35; en consonancia con las estimaciones obtenidas por otros autores en vacuno de leche (Poppe et al., 2019) y vacuno de carne (Devani et al., 2019), y mostraron ligeras correlaciones genéticas con la Supervivencia al Cuarto Parto.

Finalmente, las medias (y desviaciones típicas) posteriores de las varianzas aditiva y residual del carácter Puntuación Final fueron 4,948 (0,292) y 12,194 (0,254) y la media (y desviación típica) posterior de la heredabilidad fue 0,288 (0,016). Por otra parte, las medias (y desviaciones típicas) posteriores de las correlaciones genéticas con los caracteres de interés económico fueron 0,076 (0,053) con Edad al Primer Parto; 0,018 (0,046) con Intervalo entre Partos; -0,073 (0,065) con Supervivencia al Cuarto Parto; 0,264 (0,037) con Peso de la Canal Fría; 0,080 (0,040) con Conformación de la Canal; -0,052 (0,048) con Engrasamiento de la Canal. Por lo tanto, esta valoración global de todos los caracteres incluidos en la calificación morfológica únicamente tiene cierta capacidad predictiva con el Peso de la Canal Fría, aunque mucho menor que la proporcionada por el Peso al Destete, que, en esta misma población, presenta una correlación genética con el Peso de la Canal Fría superior a 0,5 (Altarrriba et al., 2009).

A modo de análisis global, los resultados del estudio únicamente han confirmado la capacidad predictiva de los caracteres morfo-

Tabla 8. Medias y desviaciones típicas posteriores (entre paréntesis) de los componentes de varianza aditiva (σ_a^2) y residual (σ_e^2), heredabilidades (h^2) de los caracteres del grupo Otros caracteres y de sus correlaciones genéticas con los caracteres de interés económico.
 Table 8. Posterior means and standard deviation (inside the brackets) of additive variance (σ_a^2) and residual components (σ_e^2), heritabilities (h^2) and genetic correlations between economical interest traits and "Others" trait group.

Carácter	σ_a^2	σ_e^2	h^2	Correlación Genética					
				EPP	INT	SUP	PCF	CON	ENG
COND	0,107 (0,009)	0,483 (0,008)	0,181 (0,014)	0,170 (0,067)	-0,076 (0,051)	0,060 (0,081)	0,217 (0,047)	0,148 (0,045)	0,019 (0,056)
GRO	0,154 (0,011)	0,487 (0,010)	0,241 (0,016)	0,179 (0,058)	0,178 (0,044)	-0,157 (0,079)	0,074 (0,042)	-0,218 (0,053)	0,056 (0,045)
DOC	0,572 (0,038)	1,163 (0,031)	0,329 (0,019)	-0,015 (0,052)	0,062 (0,044)	-0,060 (0,069)	0,068 (0,045)	0,040 (0,040)	-0,015 (0,050)
PEZ	0,170 (0,044)	1,737 (0,037)	0,259 (0,017)	-0,074 (0,055)	-0,004 (0,042)	0,055 (0,061)	0,007 (0,042)	-0,010 (0,044)	0,047 (0,054)
PROUBR	0,314 (0,021)	0,587 (0,015)	0,348 (0,020)	-0,037 (0,050)	-0,161 (0,045)	0,121 (0,069)	0,046 (0,040)	0,017 (0,045)	0,082 (0,043)
GROPEZ	0,271 (0,017)	0,523 (0,014)	0,341 (0,019)	-0,037 (0,050)	-0,053 (0,044)	0,138 (0,072)	0,096 (0,038)	-0,060 (0,042)	0,068 (0,047)
LONPEZ	0,426 (0,027)	0,753 (0,020)	0,361 (0,019)	-0,002 (0,048)	-0,073 (0,044)	0,178 (0,098)	0,078 (0,037)	-0,010 (0,043)	0,099 (0,041)

EPP: Edad al Primer Parto; INT: Intervalo entre Partos; SUP: Supervivencia al Cuarto Parto; PCF: Peso de la Canal Fría; CON: Conformación de la Canal; ENG: Engrasamiento de la Canal; COND: Condición Corporal; GRO: Grosor de la Caña; DOC: Docilidad; PEZ: Forma de las Pezuñas; PROUBR: Profundidad de la Ubre; GROPEZ: Grosor de los Pezones; LONPEZ: Longitud de los Pezones.

lógicos relacionados con el desarrollo esquelético y muscular para los caracteres de peso y calidad la canal. Sin embargo, se ha observado que las estimaciones posteriores de las heredabilidades de los caracteres morfológicos registrados por los controladores de la CONASPI oscilaron entre 0,088 para Vista Delantera de los Aplomos Delanteros y 0,361 para Longitud de Pezones. Estos resultados pueden permitir alguna respuesta directa a la selección en el caso de ser incluidas en los criterios de selección del programa de mejora de la población. Para ello, el impacto económico directo de estos caracteres en el marco del sistema de producción de la Raza Pirenaica debe ser evaluado, tanto en la actualidad como a medio y largo plazo. En este sentido, es posible que algunos caracteres de desarrollo muscular puedan tener una mayor capacidad predictiva del peso de algunos cortes de especial interés tras el despiece. Por otra parte, es previsible que la evolución de la producción extensiva de montaña se dirija hacia una mayor relevancia *per se* de los caracteres relacionados con el bienestar animal, como los relacionados con los aplomos, o con la facilidad de manejo de los animales, como la docilidad. En el caso de este último carácter, se abre la posibilidad de ser incluido en los criterios de selección, ya que tiene una heredabilidad relativamente elevada y no presenta correlaciones genéticas indeseables con los caracteres de interés económico.

Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo era evaluar la potencial utilidad de los caracteres incluidos en la hoja de valoración morfológica de la Raza Pirenaica como predictores *in vivo* de los caracteres incluidos en los criterios de selección del programa de mejora. Los resultados de este trabajo muestran que su capacidad predictiva de los caracteres actualmente registrados en el plan de mejora de la

raza Pirenaica es escasa, ya que las estimaciones de las correlaciones genéticas obtenidas son moderadas o cercanas a cero. Sin embargo, se ha confirmado la presencia de variabilidad genética aditiva (o heredabilidad) en ellos. Por lo tanto, se podría obtener una respuesta directa a la selección si se considerase económicamente relevante.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONASPI (Confederación Nacional de Asociaciones de Ganado Pirenaica), la disponibilidad de los datos utilizados en este estudio.

Referencias bibliográficas

- Abreu LRA, Mota LFM, Ferreira TA, Pereira IG, Pires AV, Villela SDJ, Merlo FA, Martins PGMA (2018). Genetic evaluation of bodyweight, scrotal circumference, and visual appraisal scores in *Bos indicus* cattle. *Animal Production Science* 58(9): 1584-1594. <https://doi.org/10.1071/AN16548>
- Altarriba J, Yagüe G, Moreno C, Varona L (2009). Exploring the possibilities of genetic improvement from traceability data. An example in the Pirenaica beef cattle. *Livestock Science* 125(2-3): 115-120. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.03.013>
- Amer PR, Simm G, Keane MG, Diskin MG, Wickham BW (2001). Breeding objectives for beef cattle in Ireland. *Livestock Production Science* 67(3): 223-239. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00201-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00201-3)
- Berry DP, Wall E, Pryce JE (2014). Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal* 8(Suppl. 1): 105-121. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000743>
- Berry DP, Pabiou T, Fanning R, Evans RD, Judge MM (2019). Linear classification scores in beef cattle as predictors of genetic merit for indivi-

- dual carcass primal cut yields. *Journal of Animal Science* 97(6): 2329-2341. <https://doi.org/10.1093/jas/skz138>
- Berry DP, Evans RD, Kelleher MM (2021). Prediction of genetic merit for live weight and body condition score in dairy cows using routinely available linear type and carcass data. *Journal of Dairy Science* 104(6): 6885-6896. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20154>
- Boettcher PJ, Dekkers JCM, Warnick LD, Wells SJ (1998). Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 81(4): 1148-1156. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75677-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75677-2)
- Boldt RJ, Speidel SE, Thomas MG, Enns RM (2018). Genetic parameters for fertility and production traits in Red Angus cattle. *Journal of Animal Science* 96(10): 4100-4111. <https://doi.org/10.1093/jas/sky294>
- Bouquet A, Fouilloux MN, Renand G, Phocas F (2010). Genetic parameters for growth, muscularity, feed efficiency and carcass traits of young beef bulls. *Livestock Science* 129(1-3): 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.12.010>
- Cammack KM, Thomas MG, Enns RM (2009). Reproductive traits and their heritabilities in beef cattle. *Professional Animal Scientist* 25(5): 517-528. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30753-1](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30753-1)
- Dal Zotto R, De Marchi M, Dalvit C, Cassandro M, Gallo L, Carnier P, Bittante G (2007). Heritabilities and genetic correlations of body condition score and calving interval with yield, somatic cell score, and linear type traits in Brown Swiss cattle. *Journal of Dairy Science* 90(12): 5737-5743. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0280>
- Devani K, Valente TS, Crowley JJ, Orsel K (2019). Development of optimal genetic evaluations for teat and udder structure in Canadian Angus cattle. *Journal of Animal Science* 97(11): 4445-4452. <https://doi.org/10.1093/jas/skz314>
- DOUE (2013). Reglamento (UE) No 1308/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de diciembre de 2013 por el que se crea la organización común de mercados de los productos agrarios y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) no 922/72, (CEE) no 234/79, (CE) no 1. Diario Oficial de la Unión Europea, núm. 347, de 20 de diciembre de 2013, pp. 671-854.
- Doyle JL, Berry DP, Walsh SW, Veerkamp RF, Evans RD, Carthy TR (2018). Genetic covariance components within and among linear type traits differ among contrasting beef cattle breeds. *Journal of Animal Science* 96(5): 1628-1639. <https://doi.org/10.1093/jas/sky076>
- Felius M, Beerling ML, Buchanan DS, Theunissen B, Koolmees PA, Lenstra JA (2014). On the history of cattle genetic resources. *Diversity* 6(4): 705-750 <https://doi.org/10.3390/d6040705>
- Forabosco F, Bozzi R, Boettcher P, Filippini F, Bijma P, Van Arendonk JAM (2005). Relationship between profitability and type traits and derivation of economic values for reproduction and survival traits in Chianina beef cows. *Journal of Animal Science* 83(9): 2043-2051. <https://doi.org/10.2527/2005.8392043x>
- Gelfand AE, Smith AFM (1990). Sampling-based approaches to calculating marginal densities. *Journal of the American Statistical Association* 85(410): 398-409. <https://doi.org/10.2307/2289776>
- Gianola D (1982). Theory and analysis of threshold characters. *Journal of Animal Science* 54(5): 1079-1096. <https://doi.org/10.2527/jas1982.5451079x>
- Giess LK, Jensen BR, Bormann JM, Rolf MM, Weber RL (2021). Genetic parameter estimates for feet and leg traits in Red Angus cattle. *Journal of Animal Science* 99(11): skab256. <https://doi.org/10.1093/jas/skab256>
- Goyache F, Del Coz JJ, Quevedo JR, López S, Alonso J, Ranilla J, Luaces O, Alvarez I, Bahamonde A (2001). Using artificial intelligence to design and implement a morphological assessment system in beef cattle. *Animal Science* 73(1): 49-60. <https://doi.org/10.1017/S1357729800058045>
- Gutiérrez JP, Alvarez I, Fernández I, Royo LJ, Díez J, Goyache F (2002). Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livestock Production Science* 78(3): 215-222. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00100-8](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00100-8)

- Gutiérrez JP, Goyache F (2002). Estimation of genetic parameters of type traits in Asturiana de los Valles beef cattle breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 119(2): 93-100. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2002.00324.x>
- Häggman J, Juga J (2013). Genetic parameters for hoof disorders and feet and leg conformation traits in Finnish Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 96(5): 3319-3325. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6334>
- Hickey JM, Keane MG, Kenny DA, Cromie AR, Veerkamp RF (2007). Genetic parameters for EUROP carcass traits within different groups of cattle in Ireland. *Journal of Animal Science* 85(2): 314-321. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-263>
- Jamrozik J, McGrath S, Kemp RA, Miller SP (2013). Estimates of genetic parameters for stayability to consecutive calvings of Canadian Simmentals by random regression models. *Journal of Animal Science* 91(8): 3634-3643. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6126>
- Khansefid M, Haile-Mariam M, Pryce JE (2021). Improving the accuracy of predictions for cow survival by multivariate evaluation model. *Animal Production Science* 61(18): 1828-1836. <https://doi.org/10.1071/AN21128>
- Köck A, Ledinek M, Gruber L, Steininger F, Fuerst-Waltl B, Egger-Danner C (2018). Genetic analysis of efficiency traits in Austrian dairy cattle and their relationships with body condition score and lameness. *Journal of Dairy Science* 101(1): 445-455. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13281>
- Legarra A, Varona L, López de Maturana E (2011). TM. Disponible en: http://genoweb.toulouse.inra.fr/~alegarra/tm_folder/ (consultado: 2 mayo 2022).
- MAPA (2020). Programa de cría de la raza vacuna pirenaica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 57pp.
- Martinez GE, Koch RM, Cundiff LV, Gregory KE, Kachman SD, Van Vleck LD (2005). Genetic parameters for stayability, stayability at calving, and stayability at weaning to specified ages for Hereford cows. *Journal of Animal Science* 83(9): 2033-2042. <https://doi.org/10.2527/2005.8392033x>
- Mazza S, Guzzo N, Sartori C, Berry DP, Mantovani R (2014). Genetic parameters for linear type traits in the Rendena dual-purpose breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 131(1): 27-35. <https://doi.org/10.1111/jbg.12049>
- Nephawe KA, Cundiff L V, Dikeman ME, Crouse JD, Van Vleck LD (2004). Genetic relationships between sex-specific traits in beef cattle: Mature weight, weight adjusted for body condition score, height and body condition score of cows, and carcass traits of their steer relatives. *Journal of Animal Science* 82(3): 647-653. <https://doi.org/10.2527/2004.823647x>
- Ødegård C, Svendsen M, Heringstad B (2014). Genetic correlations between claw health and feet and leg conformation in Norwegian Red cows. *Journal of Dairy Science* 97(7): 4522-4529. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7837>
- Payás J, Aranguren P, Altarriba J (2021). Evaluación genética de caracteres morfológicos en la raza bovina Pirenaica. Resultados preliminares. FEA-GAS 44: 80-90.
- Phocas F, Bloch C, Chapelle P, Bécherel F, Renand G, Ménissier F (1998). Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. *Livestock Production Science* 57(1): 49-65. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00157-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00157-2)
- Poppe M, Mulder HA, Ducro BJ, de Jong G (2019). Genetic analysis of udder conformation traits derived from automatic milking system recording in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102(2): 1386-1396. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14838>
- Reimann FA, Boligon AA, Campos GS, Cardoso LL, Junqueira VS, Cardoso FF (2018). Genetic parameters and accuracy of traditional and genomic breeding values for eye pigmentation, hair coat and breed standard in Hereford and Braford cattle. *Livestock Science* 213: 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.04.007>
- Short TH, Lawlor TJ (1992). Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in Holsteins. *Journal of Dairy Science* 75(7): 1987-1998. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77958-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77958-2)

- Sorensen DA, Andersen S, Gianola D, Korsgaard I (1995). Bayesian inference in threshold models using Gibbs sampling. *Genetics Selection Evolution* 27(3): 229-249. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-27-3-229>
- Souza JS, Silveira DD, Teixeira BBM, Boligon AA (2020). Parameters and genetic associations of visual scores and weights in Hereford and Braford breeds. *Livestock Science* 241: 104216. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104216>
- Tanner MA, Wong WH (1987). The calculation of posterior distributions by data augmentation. *Journal of the American Statistical Association* 82(398): 528-540. <https://doi.org/10.1080/01621459.1987.10478458>
- Torres-Vázquez JA, Spangler ML (2016). Genetic parameters for docility, weaning weight, yearling weight, and intramuscular fat percentage in Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 94(1): 21-27. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9566>
- Utrera AR, Van Vleck LD (2004). Heritability estimates for carcass traits of cattle: a review. *Genetics and Molecular Research* 3(3): 380-394
- Varona L, Moreno C, Altarriba J (2012). Genetic correlation of longevity with growth, *post-mortem*, docility and some morphological traits in the Pirenaica beef cattle breed. *Animal* 6(6): 873-879. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002072>
- Walkom SF, Jeyaruban MG, Tier B, Johnston DJ (2018). Genetic analysis of docility score of Australian Angus and Limousin cattle. *Animal Production Science* 58(2): 213-223. <https://doi.org/10.1071/AN16240>
- Yu H, Morota G, Celestino EF, Dahlen CR, Wagner SA, Riley DG, Hulsman Hanna LL (2020). Deciphering cattle temperament measures derived from a four-platform standing scale using genetic factor analytic modeling. *Frontiers in Genetics* 11. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00599>
- Zavadilová L, Němcová E, Štípková M (2011). Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from a Cox proportional hazards model. *Journal of Dairy Science* 94(8): 4090-4099. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3684>

(Aceptado para publicación el 13 de enero de 2023)