

## Evaluación genética de la facilidad de parto en la raza bovina Parda de Montaña usando los modelos lineal y umbral

X. Cortés-Lacruz<sup>1,\*</sup>, R. Revilla<sup>2</sup>, I. Casasús<sup>3</sup>, A. Sanz<sup>3</sup>, J. Ferrer<sup>3</sup>, P. Banzo<sup>4</sup> y D. Villalba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departament de Producció Animal, Universitat de Lleida. Avda. Rovira Roure 191, 25198 Lleida

<sup>2</sup> Centro de Transferencia Agroalimentaria. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Gobierno de Aragón

<sup>3</sup> Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2-CITA). Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza

<sup>4</sup> Asociación de criadores de la Raza Bovina Parda de Montaña (ARAPARDA). Avda. Lérida 5, 22400 Monzón (Huesca)

### Resumen

El objetivo principal del trabajo fue estudiar la componente genética y ambiental del carácter facilidad de parto en la raza bovina Parda de Montaña y discutir el sistema de valoración utilizado en el esquema de mejora. Se utilizaron registros de facilidad de parto de 5.738 animales. La evaluación y estimación genética de las variables se realizó con un modelo bi-carácter (facilidad de parto y peso al nacimiento) utilizando cuatro modelos diferentes, asumiendo para la facilidad de parto una distribución normal o mediante un modelo umbral, e incluyendo o no efectos maternos. La proporción de partos sin ayuda fue del 70,3%, seguida de los partos asistidos sin dificultad (24,9%), de los partos asistidos con dificultad (3,1%), de los partos por cesárea (0,9%) y por último, de los partos con asistencia veterinaria (0,8%). Las frecuencias de partos difíciles y por cesárea en las vacas de primer parto fueron el doble y el cuádruple, respectivamente, que en el resto. Las vacas con primer parto antes de los dos años de edad tuvieron el doble de partos difíciles y por cesárea que las que parieron a partir de los dos años y medio de edad. Aunque las heredabilidades de la facilidad de parto fueron muy diferentes entre los dos modelos, ambos fueron equivalentes para evaluar genéticamente el carácter facilidad de parto, con una correlación de Spearman entre las estimas de valor genético de los dos modelos de 0,95. El actual sistema de codificación del carácter facilidad de parto utilizado en el esquema de selección puede ser simplificado y mejorado.

**Palabras clave:** Vaca nodriza, heredabilidad, modelo umbral, efectos maternos.

### Abstract

**Genetic evaluation of calving ease in Parda de Montaña beef breed based on linear and threshold models**

The main objective of this work was to study the genetic and environmental components of calving ease in the Parda de Montaña beef breed. The calving ease score used to record field data was discussed conducting surveys to farmers. The number of calving ease records used in the study was 5,738. The esti-

---

\* Autor para correspondencia: xcortes@ca.udl.cat

<https://doi.org/10.12706/itea.2017.010>

mation of variance components and genetic evaluation was performed using a bi-trait model (calving ease and birth weight) using four different models, explaining calving ease as normal or a threshold model, and including or not maternal effects. The proportion of unassisted calving was 70.3%, followed by calvings attended without difficulty (24.9%), attended with difficulty (3.1%), caesarean births (0.9%) and finally, by births with veterinary assistance (0.8%). Frequency of difficult calvings and caesareans was two-fold and four-fold higher, respectively, in first-calving cows than in the rest. Cows with first parity before two years also had twice more difficult calvings and caesareans than cows with first parity after two years and a half. The heritability of calving ease trait obtained from the threshold model was higher than that obtained by the normal model, but both models had similar estimated breeding values (Spearman correlation 0.95). The current system of encoding calving ease used in the selection scheme can be simplified and improved.

**Key words:** Beef cattle, heritability, threshold model, maternal effects.

## Introducción

La facilidad de parto (FP) es un carácter que se incluye en los programas de mejora genética de la mayoría de las razas de vacuno de carne, como es el caso de la raza Parda de Montaña (ARCA, 2015). La facilidad de parto es especialmente importante en los sistemas extensivos, dado que los partos difíciles pueden originar elevadas pérdidas económicas, tanto en gastos y cuidados veterinarios (Kluyts *et al.*, 2007) como en la menor productividad de las vacas afectadas, ya que los partos difíciles incrementan la mortalidad de los terneros (Wulfhorst *et al.*, 2010; Cervantes *et al.*, 2010) y retrasan la recuperación de la actividad ovárica postparto (Sanz *et al.*, 2004) pudiendo inclusive incrementar la mortalidad de las vacas (Barrier *et al.*, 2012).

Los principales factores no genéticos que afectan a la facilidad de parto son el orden de parto, con mayor número de partos distócicos en las vacas de primer parto (Meijering, 1984; Rice, 1994), la edad al primer parto, con partos más problemáticos en las vacas jóvenes que paren por primera vez (Bene *et al.*, 2013) y la posición fetal en el momento del parto, dado que una mala presentación fetal incrementa el riesgo de incidencia de partos asistidos (Holland *et al.*, 1993). Por otro lado, existen factores genéticos que pueden pro-

ducir distocias (tamaño del feto, existencia de más de un feto, insuficiente abertura del canal pélvico, etc.), por lo tanto el carácter facilidad de parto puede estar controlado genéticamente y ser la combinación de otros caracteres.

Existe una gran variabilidad en las estimas de la heredabilidad ( $h^2$ ) de la facilidad de parto, desde 0,04 hasta 0,41 (Jamrozik y Miller, 2014). La facilidad de parto es un carácter categórico que se divide en distintas clases. El International Committee for Animal Recording (ICAR, 2014) propone el siguiente método de anotación de la facilidad de parto: 1, fácil sin asistencia; 2, fácil con poca ayuda; 3, difícil (asistencia mecánica o asistencia de 2 o más personas); 4, cesárea; y 5, embriotomía. El sistema de codificación propuesto por el ICAR no es único, en los diversos esquemas de mejora se clasifica la facilidad de parto en distintas categorías, que pueden ser poco claras incluso para el ganadero que registra la información. Los modelos utilizados en evaluación genética acostumbra a tratar la facilidad de parto asumiendo que se distribuye de manera Gaussiana, pero autores como Varona *et al.* (1999) recomiendan analizar la distribución subyacente de la facilidad de parto mediante modelos con una distribución con distintos umbrales que definan las categorías del carácter.

La raza Parda de Montaña es una raza asentada principalmente en zonas montañosas. Originalmente explotada como raza mixta, se especializó posteriormente en la producción de leche en numerosas áreas. Hace aproximadamente unos 25 años, y debido al abandono del ordeño en las zonas de montaña de nuestro país, pasó a ser utilizada como raza de aptitud cárnica, situación que se ha mantenido hasta la actualidad. Reconocida en el año 2012 como raza autóctona de fomento por el MAGRAMA, la Asociación de Criadores de la raza Parda de Montaña (ARAPARDA) es una de las entidades oficialmente reconocidas para la gestión de su libro genealógico y el desarrollo de su programa de mejora.

En este contexto, el objetivo principal del trabajo es estudiar el carácter facilidad de parto en la raza Parda de Montaña. Para ello, se analiza mediante encuestas el sistema de valoración del carácter utilizado por los ganaderos en el marco del esquema de mejora de la raza bovina Parda de Montaña. Además, se estudian las componentes genética y ambiental del carácter usando un modelo normal y un modelo umbral.

## Material y métodos

### Encuestas

Se realizaron un total de 14 encuestas a otros tantos ganaderos de la asociación ARAPARDA, todos ellos implicados en el programa de mejora y que habían aportado el 15% del total de registros de facilidad de parto de la base de datos del Libro Genealógico. Las encuestas constaban de once apartados en los que se hacían unas preguntas básicas de manejo y se consultaba a los ganaderos si anotaban todos los datos de facilidad de parto, si sabían definir las diferentes categorías de dificultad y diferenciarlas entre ellas, si tenían en cuenta la posición del ternero en los par-

tos distócicos, si determinaban el peso de los terneros al nacer con báscula o con cinta, si pesaban los terneros al destete, y que parámetro productivo o reproductivo de los que se les mostraban a continuación (intervalo entre partos, facilidad de parto, peso al nacimiento (PN), crecimiento en engorde, rendimiento de la canal, terneza de la carne, etc.) era más importante para ellos.

### Bases de datos del Libro Genealógico

Los ganaderos de la asociación ARAPARDA utilizan un sistema de recogida de datos para los partos en el cual se anota el número de identificación oficial del ternero y de sus padres, la fecha de nacimiento, el sexo, si nace muerto, si es parto gemelar y el PN. Debe indicarse también la facilidad de parto, mediante un número del 1 al 5 (1, sin ayuda; 2, asistido sin dificultad; 3, asistido con dificultad; 4, con asistencia veterinaria; y 5, cesárea).

El número de registros de facilidad de parto del que se dispone en la base de datos de ARAPARDA entre 2003 y 2012 es de 5.738, producidos en 228 explotaciones y resultado de hijos de 335 toros diferentes. La mayoría de explotaciones aportaron menos de 25 registros a lo largo del periodo de estudio, y solamente 12 de ellas aportaron más de 100 registros. Se dispone de 22 toros con más de 50 datos de facilidad de parto de sus hijos. Un 19,1% de los registros son de animales de primer parto, un 21,7% de animales de segundo parto y un 59,2% de animales con más de dos partos.

Se realizó un análisis descriptivo de los registros en función de la edad (primíparas y múltiparas), del número de parto (entre 1 y 9), de la edad al primer parto (menor de 2, entre 2 y 2,5, entre 2,5 y 3 y mayor de 3 años), del año de parto, de la época del año del parto, y se estudió la asociación entre la incidencia de partos difíciles y los diferentes efectos con un test chi-cuadrado. Las medias de peso al

nacimiento de los distintos niveles de los efectos fijos se compararon mediante un test t-student. En todos los casos, el nivel de significación fue del 5%.

### **Evaluación genética con efectos directos**

Para realizar la evaluación genética, se construyó un fichero con la genealogía de todos los animales. En este fichero constaba la información de 109.635 animales, de los cuales el 16,73% eran individuos fundacionales, el 18,44% tenían padre y madre conocidos, y del 64,83% restante solamente se conocía la madre.

Por otro lado se construyó un fichero con los registros de facilidad de parto y PN de 5.738 terneros inscritos en el libro genealógico de la raza Parda de Montaña, con los siguientes efectos ambientales registrados: sexo (macho, hembra), número de parto agrupado (1, 2, >2), edad en años al primer parto agrupada (<2, 2-2,5, 2,5-3, >3) y el efecto rebaño-año de nacimiento-estación de nacimiento (1007 niveles) como efecto aleatorio.

Teniendo en cuenta los efectos anteriores, el modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{sexo}_i + \text{número de parto}_j + \text{edad al primer parto}_k + \text{rebaño-año-estación}_l + u_m + e_{ijklm}$$

Dónde: Y: Carácter PN o FP,  $\mu$ : media poblacional, sexo: efecto fijo sexo  $i$ , número de parto: efecto fijo del número de parto  $j$  de la madre, edad al primer parto: efecto fijo de la edad al primer parto  $k$ , rebaño-año-estación: efecto aleatorio del rebaño por año y por estación  $l$ ,  $u$ : efecto genético aditivo del animal  $m$  para PN o FP,  $e_{ijklm}$ : residuo del modelo.

La matriz de varianzas-covarianzas (G) utilizada fue la siguiente, dónde A es la matriz de parentesco:

$$G = \sigma^2 \begin{bmatrix} u_{FP} \\ u_{PN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{FP}^2 & \sigma_{u_{FP}, u_{PN}} \\ \sigma_{u_{FP}, u_{PN}} & \sigma_{PN}^2 \end{bmatrix} \otimes A$$

La evaluación y estimación genética de las variables se realizó utilizando dos modelos distintos, asumiendo una distribución normal o con un modelo umbral. Para el modelo normal (MN) se consideró que las dos variables se distribuyen de manera normal mientras que para el modelo umbral (MU) se consideró que la variable PN se distribuía de manera normal y que la variable FP se distribuía en 5 categorías.

Se asumió una distribución a priori plana para los parámetros del modelo, ambos modelos se resolvieron con metodología bayesiana utilizando el programa TM (Legarra et al., 2008). Se realizó una distribución marginal posterior de los resultados usando una cadena de 100.000 iteraciones, descartando las 30.000 primeras y reteniendo una de cada 100.

### **Evaluación genética con efectos maternos**

La evaluación genética se realizó con los registros y la genealogía del caso anterior utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijklmn} = \mu + \text{sexo}_i + \text{número de parto}_j + \text{edad al primer parto}_k + \text{rebaño-año-estación}_l + u_n + p_m + \text{mat}_m + e_{ijklmn}$$

Dónde: Y: Carácter PN o FP,  $\mu$ : media poblacional, sexo: efecto fijo sexo  $i$ , número de parto: efecto fijo del número de parto  $j$  de la madre, edad al primer parto: efecto fijo de la edad al primer parto  $k$ , rebaño-año-estación: efecto aleatorio del rebaño por año y por estación  $l$ ,  $u$ : efecto genético aditivo del animal  $n$  para PN y FP,  $p$ : efecto ambiental permanente de la vaca  $m$ ,  $\text{mat}$ : efecto genético materno de la vaca  $m$  para PN y FP,  $e_{ijklmn}$ : residuo del modelo.

La matriz de varianzas-covarianzas (G) utilizada fue la siguiente, dónde A es la matriz de parentesco:

$$G = \sigma^2 \begin{bmatrix} u_{FP} \\ u_{PN} \\ u_{FPm} \\ u_{PNm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{FP}^2 & \sigma_{u_{FP},u_{PN}} & \sigma_{u_{FP},u_{FPm}} & \sigma_{u_{FP},u_{PNm}} \\ \sigma_{u_{FP},u_{PN}} & \sigma_{PN}^2 & \sigma_{u_{PN},u_{FPm}} & \sigma_{u_{PN},u_{PNm}} \\ \sigma_{u_{FP},u_{FPm}} & \sigma_{u_{PN},u_{FPm}} & \sigma_{FPm}^2 & \sigma_{u_{FPm},u_{PNm}} \\ \sigma_{u_{FP},u_{PNm}} & \sigma_{u_{PN},u_{PNm}} & \sigma_{u_{FPm},u_{PNm}} & \sigma_{PNm}^2 \end{bmatrix} \otimes A$$

La evaluación y estimación genética de las variables se realizó mediante metodología bayesiana con el programa TM (Legarra *et al.*, 2008). Para el modelo normal con efectos maternos (MNm) se consideró que las dos variables se distribuyen de manera normal mientras que para el modelo umbral con efectos maternos (MUm) se consideró que la variable PN se distribuía de manera normal y que la variable FP se distribuía en 5 categorías.

## Resultados

### Encuestas

Dado que para la realización de la encuesta se seleccionaron a los ganaderos que más información de sus rebaños aportaban al esquema de mejora, todos ellos anotaban la facilidad de parto (Tabla 1), diferenciando correctamente los cinco niveles de dificultad. Un 29% de los encuestados indicaban la existencia de mala posición del ternero en el momento del parto, siendo éste un dato que debería considerarse para mejorar la evaluación genética, al ser independiente del genotipo del ternero. En un 93% de las explotaciones se pesaban o se estimaba el peso del ternero al nacer mediante el uso de una cinta torácica, mientras que el 7% restante no recogían los pesos por la dificultad de manejo. En ningún caso se anotaba el peso del ternero en los partos que tenían lugar durante el pastoreo de los rebaños en puertos de montaña.

Un 36% de los ganaderos pesaba los terneros al destete, que se producía entre los 4 y

5 meses de edad. En el 93% de los casos los terneros recibían concentrado durante la lactación. El 28% de los ganaderos encuestados realizaban el cebo de los terneros hasta el sacrificio.

Los caracteres de mayor importancia para los productores fueron la facilidad de parto y el intervalo entre partos, seguidos de lejos por el crecimiento en engorde y el peso al destete de los terneros. Otros caracteres como el PN, el peso adulto de las vacas, el rendimiento de la canal en matadero, la grasa intramuscular y la terneza de la carne apenas fueron considerados. La edad media al primer parto de las vacas de todos los ganaderos estaba entre los dos años y medio y los tres años de vida.

La mayoría de partos en las ganaderías encuestadas fueron sin asistencia (76%) o asistidos sin dificultad (18%), mientras que solo un 6% de los partos presentaron complicaciones (categorías 3 a 5) (Tabla 2). Se detectó una gran variabilidad entre ganaderos en la valoración de la facilidad de parto: mientras en algunos casos todos los partos eran sin asistencia, otros tenían partos de categoría 5 (cesárea) sin casos de las categorías 3 ó 4, o alta incidencia de partos con asistencia veterinaria, sin requerir asistencia fuerte ni quirúrgica.

### Análisis descriptivo de la facilidad de parto de la base de datos ARAPARDA

La incidencia de partos de los distintos niveles de dificultad recogidos en la base de datos fue de 70,3%, 24,9%, 3,1%, 0,8% y 0,9% para las

Tabla 1. Resultados de las encuestas  
Table 1. Survey results

Ganadero	Anota facilidad parto	Anota mala posición	Pesa terneros nacimiento	Pesa terneros destete	Caracteres de interés <sup>1</sup>	Edad primer parto (meses)	Edad destete (meses)	Suplementa terneros	Ceba sus terneros
1	si	si	cinta	si	FP/IP	18	4	si	100%
2	si	no	cinta	no	FP	18	5	si	no
3	si	no	no	no	FP	24-35	3-4	si	no
4	si	no	cinta	no	FP/PD	36	5	si	no
5	si	no	cinta	no	IP/CE	24	6-7	si	100%
6	si	no	cinta	si	FP/IP	30-36	5	si	no
7	si	no	báscula	no	FP/IP	36	4	si	no
8	si	si	cinta	no	IP/PA	36	5	si	no
9	si	si	cinta	si	IP/FP	36	5-6	si	40%
10	si	no	cinta	no	FP/IP	30	3	si	100%
11	si	no	cinta	si	IP	30	5	si	no
12	si	no	cinta	no	-	36	3-4	si	no
13	si	si	báscula	si	FP/CE	30	4-5	no	no
14	si	no	cinta	no	FP/PD	24-30	4-5	si	no

<sup>1</sup> FP: facilidad de parto; IP: intervalo entre partos; CE: crecimiento en engorde; PD: peso al destete; PA: peso adulto de las vacas.

Tabla 2. Porcentaje de partos según la facilidad de parto en las 14 explotaciones encuestadas  
 Table 2. Calving percentage according to calving ease for the 14 surveyed farms

% de partos	Facilidad de parto <sup>1</sup>				
	1	2	3	4	5
Ganadero					
1	72	21	5	1	2
2	92	8	0	0	0
3	51	44	5	0	0
4	88	10	2	0	0
5	100	0	0	0	0
6	86	4	7	2	0
7	56	31	13	0	0
8	29	43	0	29	0
9	66	28	4	0	1
10	35	59	6	0	0
11	69	27	0	0	3
12	96	4	0	0	0
13	67	17	17	0	0
14	37	59	5	0	0
Total	76	18	4	1	1

<sup>1</sup> Sin ayuda: 1; Asistido sin dificultad: 2; Asistido con dificultad: 3; Con asistencia veterinaria: 4; Cesárea: 5.

categorías 1 a 5, respectivamente. El carácter facilidad de parto se vio influido por el número de parto, con mayor incidencia de partos con complicaciones (categorías 3 a 5) en las primíparas que en el resto (38 y 26%, respectivamente, test chi-cuadrado  $P < 0,001$ ). Especialmente las dos categorías que requerían asistencia del veterinario (4 y 5) tuvieron una incidencia superior en las primíparas (Figura 1), con el consiguiente aumento de los costes, mientras que a partir del quinto parto los partos que requerían la presencia del veterinario derivaron con mayor frecuencia en cesárea.

El número de partos registrados de vacas primíparas fue de 25, 178, 285, y 427 para las categorías de edad al primer parto  $<2$ , 2-2,5, 2,5-3,  $>3$ , respectivamente, con una edad media al primer parto de 2,9 años. La edad a la que se producía el primer parto afectó significativamente al carácter facilidad de parto (test chi-cuadrado  $P < 0,001$ ). Las vacas que parían por primera vez antes de los dos años tenían una menor incidencia de partos de categoría 1 y un 12% de los partos que requerían la presencia del veterinario (categorías 4 y 5) (Figura 2). Aun así, debido al reducido número de animales de menos de dos años, no se pueden detectar diferencias estadísticas entre ese grupo de animales y el resto para el ratio entre partos sin complicaciones (categorías 1 y 2) y con complicaciones (categorías 3 a 5). Solo cuando se agrupan las vacas con partos tempranos en una única categoría de menos de 2,5 años se puede decir que éstas tienen un peor ratio de partos sin complicaciones/con complicaciones que las de más de 3 años ( $P < 0,05$ ).

El estudio del año de parto evidenció una reducción en la frecuencia de partos con complicaciones (categorías 3 a 5) desde el 10,40% en 2003 hasta el 2,85% en 2012. Los partos se agruparon principalmente en primavera y otoño, siendo marzo y abril los meses con más partos (15,8% y 12,7%, respectivamente). Durante el pastoreo estival en los puertos de montaña el porcentaje de partos con algún tipo de asistencia (categorías 2 a 5) se redujo por la dificultad de acceso y manejo. En los meses de primavera, con más partos y más fácil acceso a las vacas, la incidencia de partos con asistencia leve aumentó.

El PN de los machos ( $46,70 \pm 0,43$  kg) fue superior al de las hembras ( $42,13 \pm 0,62$  kg) ( $P < 0,001$ ). Entre las categorías 1 a 3 el PN aumentó con la dificultad en ambos sexos, mientras que se redujo en la categoría 4 (Tabla 3). La comparación de los pesos entre las categorías 3 y 5 indicó que en machos el valor era superior en la categoría 5, pero en hembras no hubo diferencias significativas.

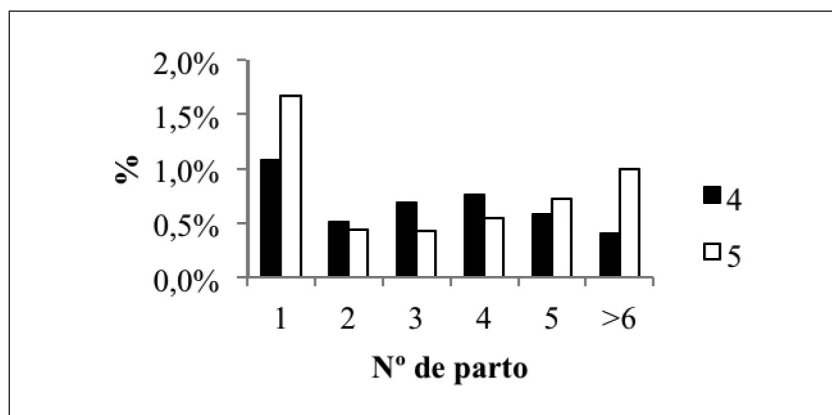


Figura 1. Distribución de partos tipo 4 (asistencia veterinaria) y 5 (cesárea) en función del número de parto de la madre.

Figure 1. Percentage of calvings type 4 (Veterinary assistance) and type 5 (Caesarean section) in function of number of calving.

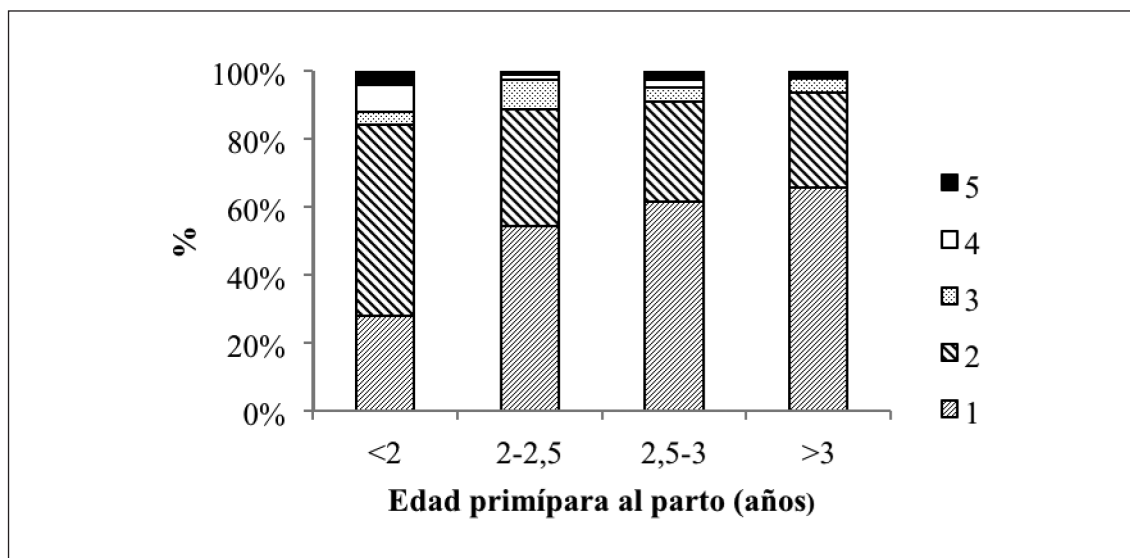


Figura 2. Porcentaje de partos distribuidos por la dificultad según la edad al parto<sup>1</sup> de las primíparas.

<sup>1</sup> Sin ayuda: 1; Asistido sin dificultad: 2; Asistido con dificultad: 3;

Con asistencia veterinaria: 4; Cesárea: 5.

Figure 2. Percentage of births distributed by difficulty according to the age at first calving.



Tabla 3. Peso al nacimiento según la facilidad de parto y el sexo del ternero  
 Table 3. Birth weight by calving ease and calf sex

Facilidad de parto <sup>1</sup>	Peso al nacimiento (ee <sup>2</sup> ) (kg)	
	Hembra	Macho
1	40,8 (0,12) c	43,4 (0,14) e
2	41,5 (0,24) b	44,4 (0,20) d
3	47,4 (0,80) a	49,5 (0,54) b
4	39,5 (1,17) bc	46,4 (1,28) cd
5	47,4 (2,00) a	51,9 (0,90) a

<sup>1</sup> Sin ayuda: 1; Asistido sin dificultad: 2; Asistido con dificultad: 3; Con asistencia veterinaria: 4; Cesárea: 5.

<sup>2</sup> Error estándar.

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

En los datos procedentes de la Finca Experimental "La Garcipollera", donde además de la facilidad se registra la posición del ternero, se observó un 1,5% de los partos con una posición fetal anormal. Aunque no se puede detectar una asociación estadísticamente significativa entre la mala posición y la facilidad de parto, las frecuencias de partos con posi-

ción fetal incorrecta fueron de 9, 13, 5 y 9% en las categorías 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

### Parámetros genéticos directos y maternos

La  $h^2$  del carácter PN fue similar en los dos modelos, 0,63 en el modelo normal y 0,65 en el modelo umbral, mientras que en el carácter facilidad de parto hubo diferencias más grandes (0,45-0,68), siendo la  $h^2$  del modelo umbral mayor que la del modelo normal (Tabla 4). Las correlaciones de Spearman y Pearson entre las valoraciones genéticas obtenidas con el modelo umbral y el modelo normal fueron altas para la facilidad de parto (0,97 y 0,94, respectivamente) (Figura 3) y muy altas para PN (0,98 y 0,99, respectivamente).

Las heredabilidades del efecto genético materno ( $h^2_{mat}$ ) para PN y para la facilidad de parto fueron elevadas, 0,29 y 0,27, respectivamente (Tabla 5). Los efectos genéticos directos de ambos caracteres estaban positivamente correlacionados, mientras que las correlaciones entre los efectos genéticos directos y los efectos genéticos maternos de los dos caracteres fueron negativas. La correlación de Spearman entre el valor genético directo del modelo normal y el valor genético directo tanto del modelo normal como del modelo umbral con efectos maternos para la facilidad de parto fue alta (0,97 y 0,94 respectivamente) (Figura 4 y 5).

Tabla 4. Varianza aditiva ( $\sigma_a^2$ ), ambiental ( $\sigma_e^2$ ) y heredabilidad ( $h^2$ ) del carácter peso al nacimiento y facilidad de parto en el modelo normal y en el modelo umbral  
 Table 4. Genetic variance ( $\sigma_a^2$ ), environmental variance ( $\sigma_e^2$ ) and heritability ( $h^2$ ) or birth weight and calving ease for normal model and threshold model

Modelo	Carácter	$\sigma_a^2$ (ee <sup>1</sup> )	$\sigma_e^2$ (ee <sup>1</sup> )	$h^2$ (ee <sup>1</sup> )
Normal	Peso al nacimiento	22,11 (1,28)	8,84 (0,76)	0,63 (0,03)
	Facilidad de parto	0,20 (0,01)	0,02 (0,002)	0,45 (0,04)
Umbral	Peso al nacimiento	22,34 (1,23)	8,85 (0,77)	0,65 (0,03)
	Facilidad de parto	0,52 (0,05)	0,11 (0,01)	0,68 (0,05)

<sup>1</sup> Error estándar.

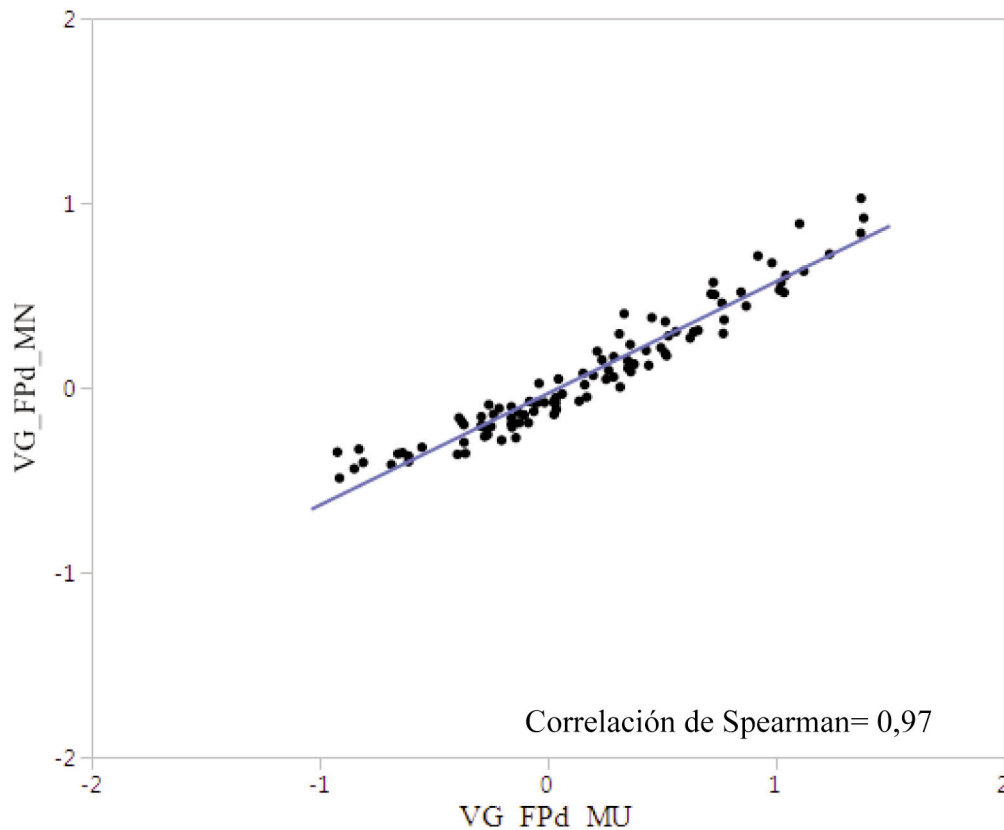


Figura 3. Correlación entre el valor genético directo para la facilidad de parto del modelo normal (VG\_FPd\_MN) y del modelo umbral (VG\_FPd\_MU).

*Figure 3. Correlation of the direct genetic value for calving ease for normal model (VG\_FPd\_MN) and threshold model (VG\_FPd\_MU).*

## Discusión

En la actualidad, el número de datos sobre la facilidad de parto, uno de los caracteres de más interés para los ganaderos, es bajo, solo un 7,3% de los animales de ARAPARDA inscritos en el libro genealógico el año 2015 disponía de dato de facilidad de parto, y solo un 22% disponía de información sobre el padre.

La raza Parda de Montaña tiene una facilidad de parto (96,7% partos normales) y un PN (41,8 kg) medios, si se compara con otras razas de vacuno de carne habitualmente utilizadas

en España (Tabla 6). Como muestra la Tabla 7, existe una cierta confusión a la hora de definir y clasificar los partos en categorías, por un lado el ICAR propone las 5 categorías referidas en la introducción, mientras que en otros esquemas de mejora se definen 5 categorías distintas a las del ICAR (ARAPARDA; Kluyts *et al.*, 2007), 4 (Gutiérrez *et al.*, 2007) o incluso el ARCA (2015) y Guerrier y Leudet (2015) clasifican los partos en 3 categorías (partos normales sin intervención humana, partos difíciles con intervención y que finalizan con expulsión vaginal del feto, y partos por cesá-

Tabla 5. Estimaciones de la heredabilidad (en la diagonal) y de las correlaciones genéticas (encima de la diagonal) para el efecto directo (d) y materno (mat) del peso al nacimiento (PN) y la facilidad de parto (FP) para los modelos normal (MNm) y umbral (MUm)

*Table 5. Estimates of heritability (on the diagonal) and genetic correlation (above diagonal) for direct and maternal birth weight and calving ease for normal model (MNm) and threshold model (MUm)*

Modelo	Caracteres	PNd (ee <sup>1</sup> )	FPd (ee <sup>1</sup> )	PNmat (ee <sup>1</sup> )	FPmat (ee <sup>1</sup> )
MNm	PNd	0,50 (0,01)	0,11 (0,02)	-0,40 (0,06)	-0,07 (0,03)
	FPd		0,50 (0,04)	-0,17 (0,02)	-0,19 (0,01)
	PNmat			0,25 (0,02)	0,12 (0,02)
	FPmat				0,24 (0,02)
MUm	PNd	0,51 (0,01)	0,20 (0,02)	-0,83 (0,04)	-0,12 (0,05)
	FPd		0,58 (0,02)	-0,29 (0,06)	-0,28 (0,02)
	PNmat			0,29 (0,03)	0,19 (0,02)
	FPmat				0,27 (0,03)

<sup>1</sup> Error estándar.

Tabla 6. Comparación de los diferentes tipos de partos, peso al nacimiento, peso adulto y porcentaje de peso al nacimiento respecto al peso adulto de diferentes razas

*Table 6. Comparison of different types of calving, birth weight, adult weight and the calf birth weight in relation to dam weight of different beef cattle breeds*

Raza	Partos normales (%)	Partos difíciles (%)	Partos cesárea (%)	Peso nacimiento (kg)	Peso adulto vaca (kg)	Peso nacimiento respecto peso adulto (%)
Retinta	100	0	0	39,95	650	6,1
Avileña	100	0	0	39,25	500	7,8
Asturiana de los Valles	99,3	0,4	0,3	38,50	600	6,4
Salers	99,0	1,0	0	37,75	750	5,1
Pirenaica	98,1	1,7	0,2	40,60	525	7,7
Limusina	97,0	3,0	0	42,05	800	5,2
<b>Parda de Montaña</b>	<b>96,7</b>	<b>2,8</b>	<b>0,5</b>	<b>41,80</b>	<b>650</b>	<b>6,4</b>
Fleckvieh	96,0	4,0	0	40,50	800	5,1
Rubia Gallega	95,0	3,6	1,4	40,50	600	6,7
Blonda de Aquitania	94,0	4,0	2,0	47,60	1100	4,3
Charolesa	92,0	4,0	4,0	46,50	950	4,8

Fuente: ARCA (2015); Guerrier y Leudet (2015).

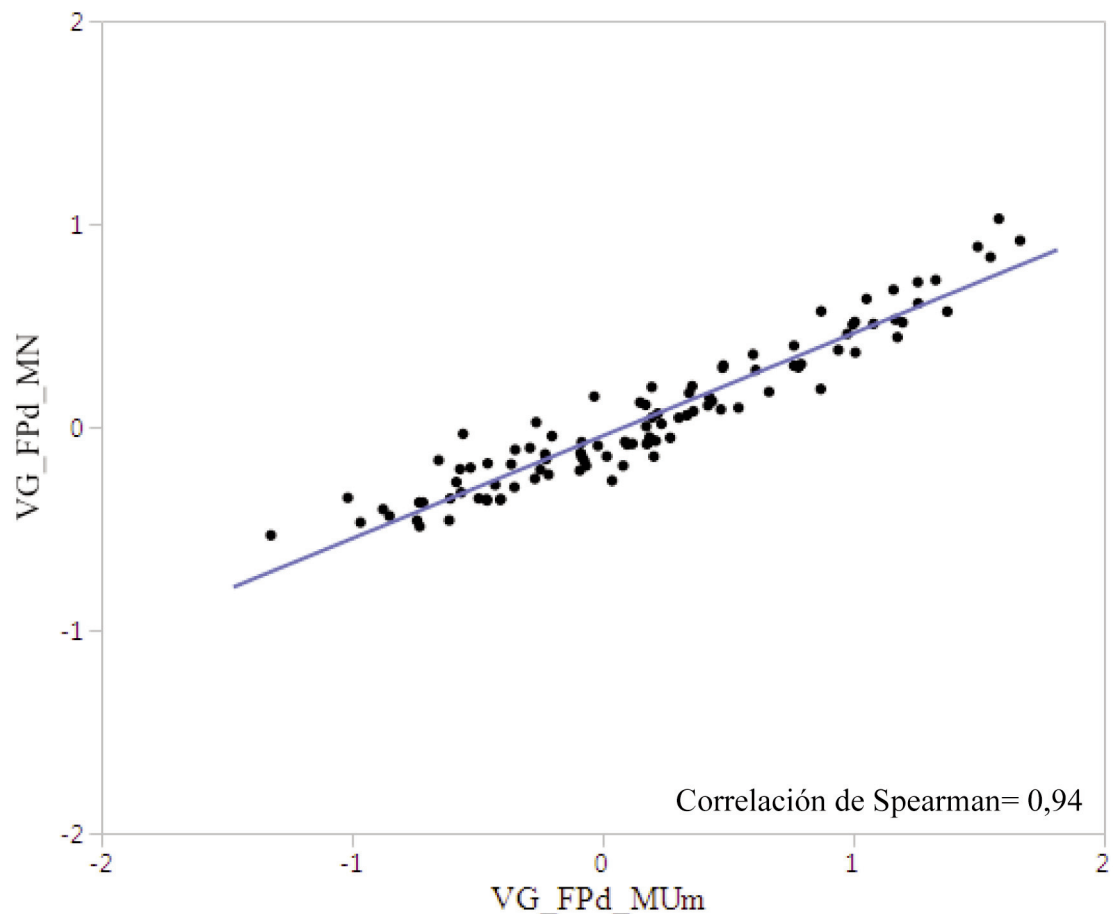


Figura 4. Correlación entre el valor genético directo del modelo normal (VG\_FPd\_MN) y el valor genético directo del modelo umbral con efectos maternos (VG\_FPd\_MUm) para la facilidad de parto.  
 Figure 4. Direct genetic correlation for normal model (VG\_FPd\_MN) and maternal threshold model (VG\_FPd\_MUm) for calving ease.

rea que requieren operación quirúrgica). Para poder comparar la incidencia de los diferentes tipos de partos de este estudio con los registros de partos del ARCA y de Guerrier y Leudet (2015) se asumieron partos por cesárea los partos de la categoría 5, como partos difíciles los partos de las categorías 3 y 4 y como partos fáciles los partos de las categorías 1 y 2, considerando que los partos de la categoría 2 no presentan complicaciones importantes y que en más de un 90% de los casos la vaca podría parir sin la intervención humana.

Si se analizan los valores medios de porcentajes de partos difíciles de las razas incluidas en la Tabla 6, se puede observar que la incidencia de partos difíciles aumenta con la media de PN (0,43% por cada kg de PN) pero no con el peso adulto, y las razas con menor ratio peso nacimiento/peso adulto presentaban más partos difíciles y por cesárea. Naazie y Makarechian (1990) afirman que la variable de mayor importancia en la facilidad de parto es el ratio peso nacimiento/peso adulto y que además, una abertura pélvica reducida tiende

Tabla 7. Clasificación de la facilidad de parto según diversos autores  
 Table 7. Classification of calving ease according to different authors

Sistema	Codificación				
	1	2	3	4	5
ICAR	Fácil sin asistencia	Fácil con poca ayuda	Difícil con asistencia mecánica o asistencia de 2 o más personas	Cesárea	Embriotomía
Kluyts et al. (2007)	Sin dificultad	Tirar fácil	Tirar difícil	Cesárea	Presentación anormal
Guerrier y Leudet (2015)	Parto normal	Parto difícil	Cesárea		
ARCA	Parto normal	Parto difícil	Cesárea		
Gutiérrez et al. (2007)	Sin asistencia	Asistencia leve	Asistencia fuerte	Cesárea	
ARAPARDA	Sin ayuda	Asistido sin dificultad	Asistido con dificultad	Asistencia veterinaria	Cesárea

a causar un mayor número de partos difíciles. Los problemas de parto en las razas de gran tamaño pueden estar causados por una incompatibilidad feto-abertura pélvica (Gutiérrez et al., 2007), por lo que Cook et al. (1993) y Renand et al. (2010) defienden la selección a favor de la apertura pélvica. La apertura pélvica forma parte de los caracteres evaluados y publicados en las estaciones de testaje de Charolais, siendo la heredabilidad de este carácter del 30% en esta raza (Guerrier et al., 2012). Johanson et al. (2011) afirman que la precisión de la predicción de los valores genéticos de facilidad de parto mejora al incluir en el modelo el peso del ternero al nacimiento, ya que existe una elevada correlación genética entre éste y el porcentaje de partos distócicos (Gutiérrez et al., 2007). De hecho, la selección conjunta a favor de la facilidad de parto y en contra del PN, contemplada en el esquema de mejora de la raza Parda de Montaña (MAGRAMA, 2012), podría explicar la reducción de un 7% de los

partos difíciles entre los animales nacidos en 2003 y 2012. Una alternativa interesante a la selección conjunta podría ser la utilización de un modelo recursivo para la evaluación genética de la facilidad de parto que incluyera el PN como covariable, aunque el modelo multicarácter y el modelo recursivo son estadísticamente equivalentes los resultados de la inferencia podrían ser distintos (Varona et al., 2007). Los modelos recursivos permiten la estimación de los efectos genéticos de un carácter sin la influencia fenotípica de otros caracteres (Valente et al., 2013).

El análisis de las encuestas realizadas evidenció que los ganaderos diferenciaban las distintas categorías de facilidad de parto, pero también que existía una gran variabilidad entre rebaños. Esta variabilidad podría ser atribuida a diferencias genéticas entre rebaños, pero también puede ser debida a diferencias en la interpretación por parte de los ganaderos de las clases de facilidad en que se puede

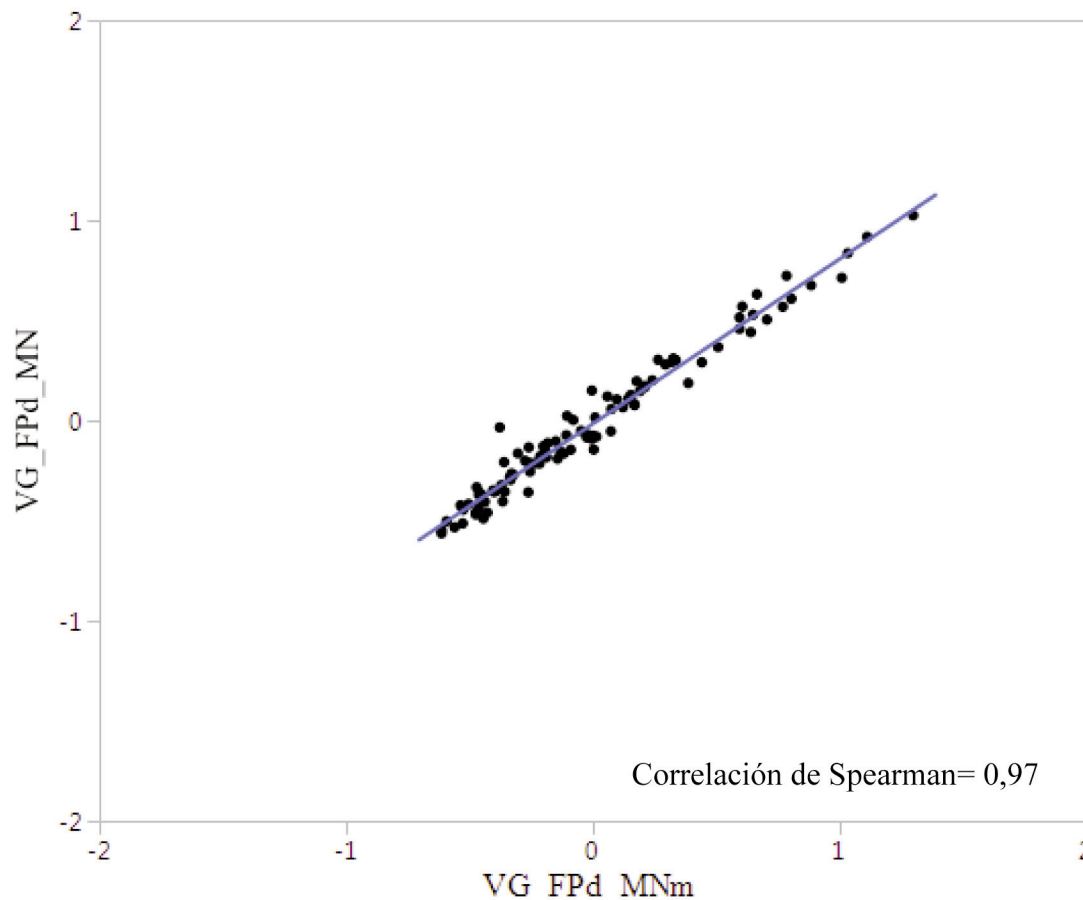


Figura 5. Correlación entre el valor genético directo del modelo normal (VG\_FPd\_MN) y el valor genético directo del modelo normal con efectos maternos (VG\_FPd\_MNm) para la facilidad de parto.

*Figure 5. Direct genetic correlation for normal model (VG\_FPd\_MN) and maternal normal model (VG\_FPd\_MNm) for calving ease.*

incluir un parto. La gran mayoría de los ganaderos no indicaba si el ternero estaba en una posición incorrecta en el momento del parto. Las diferencias de incidencia de terneros en mala posición en las diferentes clases de facilidad en la base de datos estudiada, pese a no ser estadísticamente significativas, indicarían que la posición fetal podría influir en la facilidad de parto, como demuestra el mayor porcentaje de partos con mala posición en las clases 3 y 5. Por tanto, los partos con

ternero en mala posición podrían enmascarar el valor genético del carácter facilidad de parto, por lo que para una correcta evaluación genética sería conveniente incluir la presentación anormal entre los datos que acompañan a la facilidad de parto.

La facilidad de parto fue uno de los caracteres considerados de mayor interés por los productores por su gran repercusión económica. En particular, los partos con complicaciones implican un aumento de costes tanto

directos (hasta 250 € por cesárea, valores superiores a los descritos por Kluyts *et al.*, 2007) como indirectos por la pérdida de rendimiento de la vaca, al asociarse a una menor vitalidad de los terneros (Barrier *et al.*, 2012) y a la prolongación del periodo anéstrico de las vacas (Sanz *et al.*, 2004).

Los ganaderos no diferencian en la práctica los partos tipo 1 (no asistidos) y 2 (asistidos) y probablemente muchos partos son asistidos igualmente aunque la vaca podría parir sola. Esto explica por qué durante el periodo en que las vacas están en el puerto aumenta el porcentaje de partos sin ayuda. En las condiciones de puerto, partos que hubieran sido asistidos en establo (clase 2) no lo son, y por tanto son registrados como clase 1. En cuanto a la distribución de los distintos niveles de facilidad de parto de la base de datos de ARAPARDA, la mayor frecuencia de partos distócicos en primíparas coincide con lo obtenido por Meijering (1984) y Rice (1994). El riesgo de distocias en partos a edades tempranas depende en gran medida del desarrollo corporal del animal con respecto a su peso adulto. Así, en primíparas de dos años de edad, Rodríguez-Sánchez *et al.* (2015) realizaron un ensayo con un lote de animales ligeros (PV al parto = 440 kg) y otro lote de animales pesados (PV al parto = 500 kg), y describieron un 80% de partos que requerían asistencia en el lote de animales ligeros mientras que el porcentaje de partos distócicos en el lote de animales pesados fue de un 16%, lo que atribuían a una desproporción de tamaño materno-fetal. Sería deseable la creación de una línea genética seleccionada por su facilidad de parto para utilizar en novillas, como sucede en el esquema de selección de la raza Charolesa (Herd Book Charolais, 2015) o en otras razas, especialmente si los primeros partos se producen en el entorno de los dos años de edad, por la mayor incidencia de cesáreas y partos difíciles, como indicaron Bene *et al.* (2013). Por el momento, la baja tasa de registros de la asociación ARAPARDA hace difícil obtener animales con suficiente fiabili-

dad como para crear líneas claramente definidas de sementales.

El PN más elevado fue el de la categoría 3 de dificultad de parto, de acuerdo con Gutiérrez *et al.* (2007), lo indicaría que en este caso la asistencia se relacionaría con el tamaño del ternero y a la abertura del canal pélvico, mientras que los partos de dificultad 4 y 5 dependerían más de la posición del ternero y/o de si son partos gemelares.

En cuanto a las componentes de varianza estimadas, se observó una mayor  $h^2$  de la facilidad de parto con el modelo umbral. Numerosos autores (Hoeschele y Tier, 1995; Varona *et al.*, 1999; Phocas y Laloë, 2003; Veselá *et al.*, 2011) coinciden en que con el modelo umbral se produce una sobrestimación de la  $h^2$ . La correlación entre las estimas genéticas para la facilidad de parto obtenidas en el modelo normal y el modelo umbral fue similar a las obtenidas por Lee *et al.* (2002) y Phocas y Laloë (2003). Estos autores afirman que el modelo umbral explica mejor la componente genética de un carácter que el modelo normal pudiendo mejorar los errores de predicción (Varona *et al.*, 1999), pero que éste como es el caso, es suficientemente bueno para una evaluación genética correcta.

Los valores obtenidos tanto para la  $h^2$  como para la  $h^2_{mat}$  de la facilidad de parto fueron elevados en ambos modelos comparados con la gran variabilidad de resultados encontrados en la bibliografía, desde 0,04 (Jamrozik y Miller, 2014) hasta 0,41 (Bennett y Gregory, 2001) para la  $h^2$  y desde 0,02 (Vostry *et al.*, 2015) hasta 0,23 (Bennett y Gregory, 2001) para la  $h^2_{mat}$ . Vanderick *et al.* (2014) también obtuvieron para las estimas de  $h^2$  y  $h^2_{mat}$  de la facilidad de parto unos valores superiores en el modelo umbral que en el modelo normal.

La correlación positiva obtenida en los dos modelos entre los efectos genéticos directos de facilidad de parto y PN indica que un mayor PN está relacionado con un valor mayor

del carácter facilidad de parto, lo que se corresponde con mayor porcentaje de partos difíciles, tal como también observaron Jamrozik y Miller (2014). Las correlaciones genéticas negativas entre el valor directo y materno para la facilidad de parto coinciden con lo indicado por Mujibi y Crews (2009), y las observadas en PN están de acuerdo con lo obtenido por El-Saied et al. (2006). No obstante, como indicó Meyer (1992), los resultados de las estimas de las componentes de la varianza con efectos maternos deben tomarse con prudencia, ya que los efectos directos y maternos pueden estar confundidos. La baja correlación entre los valores genéticos directos estimados para la facilidad de parto en el modelo normal con o sin efectos maternos indica la necesidad de analizar con más detalle el carácter facilidad de parto.

Aunque a priori, con los efectos maternos se podría explicar mejor la realidad gracias a la parte de la variabilidad genética que se atribuye al efecto materno, si se utilizan genealogías con una pobre estructura y poco consistentes se deberían tomar con precaución los valores de las estimas. También sería de interés analizar las relaciones genéticas y ambientales de la facilidad de parto con otros caracteres, como el peso adulto o el diámetro pélvico, para decidir cuál de los dos modelos explica mejor la realidad y puede contribuir a un progreso genético superior.

Por otro lado, visto que los criterios de clasificación de la facilidad de parto no son homogéneos, para corregir la subjetividad entre ganaderos y mejorar la evaluación genética se podría plantear a futuro un modelo multiumbral como proponen Varona et al. (2009). La presencia de umbrales específicos para cada ganadero tendría en cuenta la parte de la variabilidad explicada por el efecto rebano, por lo tanto este efecto fijo se debería eliminar en el modelo multiumbral.

Finalmente, teniendo en cuenta las propuestas sobre la codificación del carácter facilidad

de parto encontradas en la bibliografía (Tabla 7) se recomienda el uso de la codificación del ICAR anotando la mala presentación fuera de las clases. Aunque este cambio no contribuye a simplificar el método de registro y la embriotomía se puede considerar un caso particular, poco frecuente en la Parda de Montaña, es interesante hacer las modificaciones de acuerdo a estándares internacionales.

## Conclusiones

La raza Parda de Montaña se sitúa en la media de facilidad de parto y de peso al nacimiento de las razas cárnicas más importantes presentes en España. Es muy importante conseguir una edad al primer parto superior a los dos años con un peso vivo adecuado para reducir la incidencia de partos distócicos. Por otro lado, para una mejora genética más rápida y eficaz sería recomendable promocionar el registro y envío de datos de las explotaciones a la asociación y tener en cuenta los partos distócicos originados por una mala posición del ternero a la hora de registrar los partos para, posteriormente, poder ser excluidos de las evaluaciones genéticas. Las altas correlaciones encontradas entre las estimas de la facilidad de parto procedentes del modelo normal y umbral indican que ambos son válidos para evaluar este carácter. En cambio el modelo normal con efectos maternos proporciona estimas diferentes que el modelo sin efectos maternos por lo que es necesario evaluar su uso en el programa de mejora de la raza Parda de Montaña.

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA (RZP2009-005, RTA2010-057, RTA2013-059, RTA2014-00038). Los autores desean agradecer al personal de la granja ex-



perimental por su apoyo técnico y a los ganaderos que han colaborado en la recogida de la información.

## Bibliografía

- ARCA (2015). Programa de Mejora Parda de Montaña. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/> (27 octubre 2015).
- Barrier A, Dwyer A, Macrae I, Haskell MJ (2012). Survival, growth to weaning, and subsequent fertility of live-born dairy heifers after a difficult birth. *Journal of Dairy Science* 95 (11): 6750-6754.
- Bene S, Polgar JP, Szabo F (2013). Some effects on birth weight of calves and calving difficulty of cows. 2. The results of milking cattle in Hungary. *Magyar Allatvosok Lapja* 135: 390-399.
- Bennett GL, Gregory KE (2001). Genetic (co)variances for calving difficulty score in composite and parental populations of beef cattle: I. calving difficulty score, birth weight, weaning weight, and postweaning gain. *Journal of Animal Science* 79 (1): 45-51.
- Cervantes I, Gutiérrez JP, Fernández I, Goyache F (2010). Genetic relationships among calving ease, gestation length, and calf survival to weaning in the Asturiana de Los Valles beef cattle breed. *Journal of Animal Science* 88 (1): 96-101.
- Cook BR, Tess MW, Kress DD (1993). Effects of selection strategies using heifer pelvic area and sire birth weight expected progeny difference on dystocia in first-calf heifers. *Journal of Animal Science* 71 (3): 602-607.
- El-Saied UM, de la Fuente LF, Rodríguez R, San Primitivo F (2006). Genetic parameter estimates for birth and weaning weights, pre-weaning daily weight gain and three type traits for Charolais beef cattle in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 4 (2): 146-155.
- Guerrier J, Fouilloux MN, Brunet JL, Delpeuch A, Havy A, Venot E (2012). Ouverture pelvienne: des paramètres génétiques aux index de sélection en station. Rencontre des Recherches sur les Ruminants 19, 5-6 diciembre, París, Francia, pp. 85-88.
- Guerrier J, Leudet O (2015). Résultats contrôle des performances bovins allaitants. France – Campagne 2014, Institut de l'Élevage, Compte rendu n° 0015203017. Département GEP – Service Gestion et Sélection des Populations.
- Gutiérrez JP, Goyache F, Fernández I, Alvarez I, Royo LJ (2007). Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de Los Valles beef cattle breed. *Journal of Animal Science* 85 (1): 69-75.
- Herd Book Charolais (2015). Les Programmes de Sélection. Disponible en <http://charolaise.fr/la-selection/les-programmes-de-selection/> (11 enero 2016).
- Hoeschele I, Tier B (1995). Estimation of variance components of threshold characters by marginal posterior modes and means via Gibbs sampling. *Genetics Selection Evolution* 27 (6): 519-540.
- Holland MD, Speer NC, LeFever DG, Taylor RE, Field TG, Odde KG (1993). Factors contributing to dystocia due to fetal malpresentation in beef cattle. *Theriogenology* 39 (4): 899-908.
- ICAR (2014). International Committee for Animal Recording, Recording Guidelines. General Assembly held on May 2014, Berlin, Alemania.
- Jamrozik J, Miller SP (2014). Genetic evaluation of calving ease in Canadian Simmentals using birth weight and gestation length as correlated traits. *Livestock Science* 162: 42-49.
- Johanson JM, Berger PJ, Tsuruta S, Misztal I (2011). A Bayesian threshold-linear model evaluation of perinatal mortality, dystocia, birth weight, and gestation length in a Holstein herd. *Journal of Dairy Science* 94 (1): 450-460.
- Kluyts JF, Naser FW, Bradfield MJ (2007). Proposed economic selection indices for the Simmentaler breed in South Africa. *South African Journal of Animal Science* 37 (2): 122-131.
- Lee D, Misztal I, Bertrand JK, Rekaya R (2002). National evaluation for calving ease, gestation length and birth weight by linear and threshold model methodologies. *Journal of Applied Genetics* 43 (2): 209-216.

- Legarra A, Varona L, Lopez de Maturana E (2008). TM Threshold Model. Disponible en <http://snp.toulouse.inra.fr/~alegarra/> (22 noviembre 2015).
- MAGRAMA (2012). Programa de Mejora de la Raza Bovina Parda de Montaña. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/autoctona-fomento/bovino/parda-montana.aspx> (15 enero 2016).
- Meijering A (1984). Dystocia and stillbirth in cattle – A review of causes, relations and implications. *Livestock Production Science* 11 (2): 143-177.
- Meyer K (1992). Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livestock Production Science* 31 (4): 179-204.
- Mujibi FDN, Crews DH (2009). Genetic parameters for calving ease, gestation length, and birth weight in Charolais cattle. *Journal of Animal Science* 87 (9): 2759-2766.
- Naazie M, Makarechian M (1990). Factors influencing calving difficulty in beef heifers. *Journal of animal science* 67 (12): 3243-3249.
- Phocas F, Laloë D (2003). Evaluation models and genetic parameters for calving difficulty in beef cattle. *Journal of Animal Science* 81 (4): 933-938.
- Renand G, Vinet A, Krauss D, Saintilan R (2010). Relation entre l'ouverture pelvienne et l'aptitude génétique au vêlage en race bovine Charolaise. *Rencontre des Recherches sur les Ruminants* 17, 8-9 diciembre 2010, París, Francia, pp. 451-454.
- Rice L (1994). Dystocia-related risk factors. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice* 10 (1): 53-68.
- Rodríguez-Sánchez JA, Sanz A, Tamanini C, Casasús I (2015). Metabolic, endocrine, and reproductive responses of beef heifers submitted to different growth strategies during the lactation and rearing periods. *Journal of Animal Science* 93 (8): 3871-3885.
- Sanz A, Bernués A, Villalba D, Casasús I, Revilla R (2004). Influence of management and nutrition on postpartum interval in Brown Swiss and Pirenaica cows. *Livestock Production Science* 86 (3): 179-191.
- Valente BD, Rosa GJM, Gianola D, Wu XL, Weigel K (2013). Is structural equation modeling advantageous for the genetic improvement of multiple traits? *Genetics* 194 (3): 561-572.
- Vanderick S, Troch T, Gillon A, Glorieux G, Gengler N (2014). Genetic parameters for direct and maternal calving ease in wallon dairy cattle based on linear and threshold models. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 131 (6): 513-521.
- Varona L, Misztal I, Bertrand JK (1999). Threshold-linear versus linear-linear analysis of birth weight and calving ease using an animal model: II. Comparison of models. *Journal of Animal Science* 77 (8): 2003-2007.
- Varona L, Moreno C, Altarriba J (2009). A Model with heterogeneous thresholds for subjective traits: fat cover and conformation score in the Pirenaica beef cattle. *Journal of Animal Science* 87 (4): 1210-1217.
- Varona L, Sorensen D, Thompson R (2007). Analysis of litter size and average litter weight in pigs using a recursive model. *Genetics* 177 (3): 1791-1799.
- Veselá Z, Vostrý L, Šafus P (2011). Linear and linear-threshold model for genetic parameters for SEUROP carcass traits in Czech beef cattle. *Czech Journal of Animal Science* 56 (9): 414-425.
- Vostry L, Milerski M, Krupa E, Vesela Z, Vostravydrova H (2015). Genetic relationships among calving ease, birth weight and perinatal calf survival in Charolais cattle. *Animal Science Papers and Reports* 33 (3): 233-242.
- Wulfhorst JD, Ahola JK, Kane SL, Keenan LD, Hill RA (2010). Factors affecting beef cattle producer perspectives on feed efficiency. *Journal of Animal Science* 88 (11): 3749-3758.

(Aceptado para publicación el 28 de julio de 2016)