



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## MÁSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

# **Selección por Grasa Intramuscular y Respuestas Correlacionadas en Caracteres de Canal, Carne y Metabolismo Hepático en Conejos**

Trabajo Fin de Máster

Valencia, Septiembre 2016

**Ysai Paucar Sullca**

Directores

Pilar Hernández Pérez

Marina Martínez Álvaro

## RESUMEN

La grasa intramuscular (GIM) es uno de los principales caracteres que afecta a la jugosidad, terneza y flavor de la carne. En la Universitat Politècnica de València se está realizando un experimento de selección divergente por GIM del músculo *Longissimus dorsi* en conejos a las 9 semanas de edad. El objetivo de este trabajo es estudiar la respuesta a la selección divergente por GIM en conejo y las respuestas correlacionadas en caracteres de calidad de canal y carne en la octava generación de selección. Asimismo se pretende estudiar el papel del hígado en la diferente deposición de GIM en las líneas seleccionadas.

Los caracteres de calidad de la canal y de la carne medidos fueron: peso vivo, peso de la canal comercial, peso de la canal de referencia, peso del hígado, peso de la grasa perirrenal y escapular, ratio músculo/hueso, color de la canal y carne, GIM y pH. Las líneas seleccionadas por alto y bajo contenido en GIM mostraron una diferencia de 0.39 g de GIM/100 g de músculo. La línea seleccionada por alto contenido en GIM mostró mayor peso de los depósitos grasos y del hígado, y mayor ratio músculo/hueso que la línea seleccionada por bajo contenido en GIM, mientras que la selección apenas afectó a otros caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Se midió la actividad de las enzimas lipogénicas glucosa-6-fosfato-deshidrogenasa (G6PDH), enzima málico (EM) y ácido graso sintasa (FAS) en el hígado. La actividad lipogénica de las enzimas G6PDH y EM fue superior en la línea seleccionada por alto contenido en GIM, mientras que no hubo diferencias entre líneas para la actividad lipogénica de la enzima FAS.

También se midió la concentración de algunos parámetros sanguíneos relacionados con la función hepática (glucosa, triglicéridos, colesterol, proteína total, albúmina y bilirrubina total) y daño hepático (aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT) y fosfatasa alcalina (FAL)). Los parámetros de función hepática, triglicéridos, colesterol y bilirrubina fueron superiores en la línea seleccionada por bajo contenido de GIM; pero la albúmina fue superior en la línea de alta GIM y los demás parámetros no se han visto modificados por la selección. En cuanto a los parámetros sanguíneos de daño hepático, la ALT fue superior en la línea seleccionada por alta GIM y la FAL resultó superior en la línea de baja GIM, sin apenas modificación de la AST. No parece existir una relación clara entre los parámetros sanguíneos de daño hepático y el contenido de GIM.

En conclusión, la respuesta a la selección por GIM es alta. Existen respuestas correlacionadas positivas con la deposición de grasa, el ratio músculo/hueso y el tamaño del hígado; también se ha incrementado la actividad lipogénica en el hígado. La selección por GIM provoca algunas modificaciones en los parámetros sanguíneos de función hepática (triglicéridos, colesterol, bilirrubina y albúmina); pero el incremento de GIM por selección no parece tener una relación clara con los parámetros sanguíneos de daño hepático.

## RESUM

El greix intramuscular (GIM) és un dels principals caràcters que afecta la suculència, tendresa i flavor de la carn. En la Universitat Politècnica de València s'està realitzant un experiment de selecció divergent per GIM del múscul Longissimus dorsi en conills a les 9 setmanes d'edat. L'objectiu d'este treball és estudiar la resposta a la selecció divergent per GIM en conill i les respostes correlacionades en caràcters de qualitat de canal i carn en l'octava generació de selecció. Així mateix es pretén estudiar el paper del fetge en la diferent deposició de GIM en les línies seleccionades.

Els caràcters de qualitat de la canal i de la carn mesurats van ser: pes viu, pes de la canal comercial, pes de la canal de referència, pes del fetge, pes del greix perirrenal i escapular, ràtio músculo/hueso, color de la canal i carn, GIM i pH. Les línies seleccionades per alt i baix contingut en GIM van mostrar una diferència de 0.39 g de GIM/100 g de múscul. La línia seleccionada per alt contingut en GIM va mostrar major pes dels depòsits grassos i del fetge, i major ràtio músculo/hueso que la línia seleccionada per baix contingut en GIM, mentres que la selecció a penes va afectar altres caràcters de qualitat de la canal i de la carn.

Es va mesurar l'activitat dels enzims lipogènics glucosa-6-fosfato- deshidrogenasa (G6PDH), enzim màlic (EM) i àcid gras sintasa (FAS) en el fetge. L'activitat lipogènica dels enzims G6PDH i EM va ser superior en la línia seleccionada per alt contingut en GIM, mentres que no va haver-hi diferències entre línies per a l'activitat lipogènica de l'enzim FAS.

També es va mesurar la concentració d'alguns paràmetres sanguinis relacionats amb la funció hepàtica (glucosa, triglicéridos, colesterol, proteïna total, albúmina i bilirubina total) i dany hepàtic (aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT) i fosfatasa alcalina (FAL)). Els paràmetres de funció hepàtica, triglicérids, colesterol i bilirubina van ser superiors en la línia seleccionada per baix contingut de GIM; però l'albúmina va ser superior en la línia d'alta GIM i els altres paràmetres no s'han vist modificats per la selecció. En quant als paràmetres sanguinis de dany hepàtic, l'ALT va ser superior en la línia seleccionada per alt GIM i la FAL va resultar superior en la línia de baixa GIM, sense a penes modificació de la AST. No pareix existir una relació clara entre els paràmetres sanguinis de dany hepàtic i el contingut de GIM.

En conclusió, la resposta a la selecció per GIM és alta. Hi ha respostes correlacionades positives amb la deposició de greix, el ràtio músculo/hueso i la grandària del fetge; també s'ha incrementat l'activitat lipogènica en el fetge. La selecció per GIM provoca algunes modificacions en els paràmetres sanguinis de funció hepàtica (triglicéridos, colesterol, bilirubina i albúmina); però l'increment de GIM per selecció no pareix tindre una relació clara amb els paràmetres sanguinis de dany hepàtic.

## 1. INTRODUCCIÓN

La grasa intramuscular (GIM) es uno de los principales caracteres que afecta las propiedades organolépticas de la carne. Un alto contenido en GIM se asocia a carne más tierna, jugosa y sabrosa (Listrat et al., 2016; Wood et al., 2008).

Desde un punto de vista metabólico, la deposición de grasa en el músculo depende de un balance entre flujos anabólicos (lipogénesis) y catabólicos de los ácidos grasos (oxidación y transporte intracelular). Las enzimas lipogénicas, la glucosa-6 fosfato deshidrogenasa (G6PDH), el enzima málico (EM) y la ácido graso sintasa (FAS), tienen un papel fundamental en la síntesis *de novo* de ácidos grasos. Las enzimas G6PDH y EM están involucradas en la producción de NADPH (nicotina adenina dinucleótido fosfato) necesario para la síntesis de ácidos grasos. La enzima FAS cataliza el último paso en la biosíntesis de ácidos grasos. Diferencias en la actividad de estas enzimas podrían conducir a diferencias en el contenido de grasa intramuscular, como ha sido observado previamente en conejos (Gondret et al., 1997; Zomeño et al., 2010). Aunque la síntesis de grasa se realiza en varios tejidos, el hígado es el tejido con mayor actividad lipogénica en conejos en crecimiento (Gondret et al., 1997). Diferencias en la actividad lipogénica en el hígado podrían conducir a una diferente deposición de grasa.

El contenido de GIM se puede incrementar por selección genética debido a la alta heredabilidad (revisado por Ciobanu et al., 2011 en cerdos) y la amplia variabilidad que presenta este carácter. Aunque la selección por alta GIM puede mejorar la calidad de la carne, podría afectar a otros caracteres de la calidad de la canal y de la carne debido a sus correlaciones genéticas con la GIM. Los depósitos grasos presentan una correlación genética positiva con la GIM, y por ello la canal podría verse deteriorada al seleccionar por alta GIM (Ciobanu et al., 2011).

Hasta el momento hay solo tres experimentos de selección por GIM, en pollos (Zhao et al., 2007), en cerdos (Schwab et al., 2009) y en vacas (Sapp et al., 2002); ninguno en conejos.

El conejo es un excelente modelo animal para experimentos genéticos en otras especies ganaderas debido a su corto intervalo generacional (6 a 8 meses) y al bajo coste de su canal. Además, el conejo también tiene su propio interés como especie ganadera. España es el cuarto país productor de conejos dentro de la Unión Europea después de Italia, Francia y República Checa (FAOSTAT, 2014).

En la Universitat Politècnica de València se está realizando un experimento de selección divergente por GIM del músculo *Longissimus dorsi* en conejos a las 9 semanas de edad. En la séptima generación de selección, la diferencia fenotípica entre las líneas seleccionadas por alto y bajo contenido en GIM fue de 0.39 g de GIM/100g de carne, lo que supone 2.6 desviaciones típicas o un 35% de la media del carácter (Martínez-Álvaro et al., 2016).

El objetivo de este trabajo es estudiar la respuesta a la selección divergente por GIM en conejo y las respuestas correlacionadas en caracteres de calidad de canal y carne en la octava generación de selección. Asimismo se pretende estudiar el papel del hígado en la diferente deposición de GIM en las líneas seleccionadas.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Animales

Se usaron 63 conejos de la octava generación de un experimento de selección divergente por GIM, 30 de la línea de alta GIM (GA) y 33 de la línea de baja GIM (GB). El criterio de selección fue el valor fenotípico de la GIM medido en 2 hermanos completos del candidato (un macho y una hembra) a las 9 semanas de edad, tal como se describe en Zomeño et al. (2013). El contenido de GIM se midió en el músculo *Longissimus dorsi* mediante Espectroscopía de Reflectancia del Infrarrojo Cercano (NIRS). Las líneas GA y GB tuvieron aproximadamente 40 hembras y 8 machos por generación. En ambas líneas la presión de selección en las hembras fue aproximadamente del 20% por generación, mientras que los machos se seleccionaron dentro de familias de padres para evitar problemas de consanguinidad.

Las líneas GA y GB se criaron de manera contemporánea en la granja experimental de la Universitat Politècnica de València. Se hicieron adopciones al nacimiento para obtener camadas homogéneas de 9 gazapos. Los gazapos fueron alimentados *ad libitum* con una dieta comercial con 16.5% de proteína cruda, 15.0% de fibra cruda y 3.1% de grasa, en promedio. El consumo alimenticio se midió colectivamente (9 conejos por jaula) durante el periodo de engorde (de 4 a 9 semanas). El consumo total de pienso se calculó como la diferencia entre la cantidad de pienso ofrecido durante el engorde y los residuos; el consumo diario de pienso (g/d) se calculó dividiendo el consumo total de pienso por los días consumidos. Los conejos ayunaron durante al menos 19 horas antes del sacrificio. Los animales se sacrificaron a las 9 semanas de edad. El sacrificio se realizó por desangrado con previo aturdimiento eléctrico. Durante el desangrado, se recogieron muestras de sangre de la vena yugular en tubos de 1 ml con heparina de litio como anticoagulante. Las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos para obtener el plasma, que se almacenó a -80 °C hasta su análisis. Inmediatamente tras el sacrificio, se extrajo el hígado y se pesó. Se tomó una muestra de tejido, se congeló con nitrógeno líquido y se almacenó a -80° C envasado al vacío. Tras el sacrificio, las canales se refrigeraron a 4 °C durante 24 horas.

Todos los procedimientos que involucraron el manejo de animales fueron aprobados por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia, de acuerdo a las directivas 98/58/EC y 2010/63/EU.

### 2.2. Características de canal y calidad de carne

Se anotó el peso vivo de los animales a las 9 semanas de edad antes del ayuno. Se obtuvo el peso de la canal comercial (peso de la canal refrigerada más peso del hígado al sacrificio) y el peso de la canal de referencia (sin cabeza, hígado, pulmones, timo, esófago, corazón y riñones) de acuerdo a las normas de la World Rabbit Science Association (Blasco y Ouhayoun, 1996). Los depósitos de grasa perirrenal y escapular se diseccionaron y se pesaron. El ratio músculo/hueso se obtuvo diseccionando el muslo izquierdo y se calculó haciendo un cociente entre el peso de la carne y el hueso.

El pH de la carne se midió 24 horas post mortem en el músculo *Longissimus dorsi* izquierdo a la altura de la quinta vértebra lumbar con un pH-metro Crison MicroH 2001 (Crison Instruments, Barcelona, España). Para obtener las medidas de color se utilizó un colorímetro Minolta CR-400 HEAD (Minolta Camera, Osaka, Japan). El color de la superficie de la canal ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) se midió a la altura de la cuarta vértebra lumbar. El color de la carne se midió en un corte transversal a la

altura de la séptima vértebra lumbar en el músculo *Longissimus dorsi* derecho. En ambos casos se calculó la distancia Euclídea de color  $\Delta E (\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2})$  propuesto por Sharma (2002).

Los músculos *Longissimus dorsi* se separaron de la canal, se picaron, se liofilizaron y fueron analizados con un equipo NIRS (modelo 5000, FOSS NIRSystems INC., Hilleroed, Denmark) para determinar el contenido de GIM, aplicando las ecuaciones de calibración obtenidas por Zomeño et al. (2012). El contenido de GIM se expresó en g/100 g de carne fresca.

### 2.3. Actividad de enzimas lipogénicas

Se midió la actividad de las enzimas glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6PDH), enzima málico (EM) y ácido graso sintasa (FAS) en el hígado. Para la medición de las enzimas G6PDH y EM, se prepararon extractos con 1.0 g de hígado homogenizados en 5 ml de solución sacarosa (0.25 M). Para la medición del FAS se prepararon extractos con 0.5 g de hígado homogeneizados en 2.5 ml de solución sacarosa (0.25 M) con dithiothreitol 1 mM y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 1 mM. Todos estos procedimientos se realizaron en condiciones de refrigeración.

Las muestras homogeneizadas fueron centrifugadas a 12000 g durante 1 hora a 4° C. El sobrenadante fue filtrado con lana de vidrio y guardado en tubos eppendorf a -80° C hasta su análisis. Los ensayos enzimáticos se realizaron a 37° C usando un espectrofotómetro Fluostar Galaxy (BMG Lab. Technologies, Offenburg, Germany) a 340 nm de acuerdo a los métodos de Fitch et al. (1959) (G6PDH), Hsu y Lardy (1969) (EM) y Chang et al. (1967) (FAS). Los resultados se expresaron como nanomoles de NADPH producido (G6PDH y EM) u oxidado (FAS) por minuto y por gramo de muestra fresca ( $\text{nmol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ).

### 2.4. Parámetros sanguíneos

En el plasma se determinaron las concentraciones de glucosa, colesterol total, triglicéridos, bilirrubina total, ácidos biliares, proteína total y albúmina usando métodos colorimétricos. Las enzimas aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT) y fosfatasa alcalina (ALP) se midieron por métodos fotométricos. Estos análisis plasmáticos se hicieron en el laboratorio del hospital clínico veterinario de la Universidad CEU Cardenal Herrera mediante un analizador químico estándar Spin modelo 200E (Spinreact, Girona, España).

### 2.5. Análisis estadístico

Los parámetros descriptivos se estimaron tras pre corregir los datos por los efectos fijos de línea, sexo y estación.

El modelo empleado incluyó los efectos fijos de línea, sexo, estación y el efecto aleatorio de camada. Se asumió que los efectos de camada y los residuos tuvieron una distribución normal y fueron independientes.

La respuesta directa a la selección y las respuestas correlacionadas fueron estimadas como las diferencias fenotípicas entre líneas (GA-GB).

Se realizó un análisis bayesiano utilizando el programa Rabbit (Rabbit, 2012) estimando las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre líneas mediante un muestreo de Gibbs. La convergencia fue testada usando el criterio Z de Geweke y los errores de Monte Carlo fueron

obtenidos por series temporales. Los detalles del procedimiento están descritos en Sorensen y Gianola (2002). Se tomaron cadenas de 60000 iteraciones con un periodo de burn-in de 10000 iteraciones y se guardó una muestra de cada 10 iteraciones.

Los parámetros obtenidos de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre líneas fueron: la mediana ( $D_{GA-GB}$ ), el intervalo de mayor densidad posterior al 95% de probabilidad (HPD<sub>95%</sub>), la probabilidad de que las diferencias sean mayores que cero cuando  $D_{GA-GB}$  es positivo o menores que a cero cuando  $D_{GA-GB}$  es negativo (P) y la probabilidad de que las diferencias sobrepasen un valor relevante (Pr), considerando como valor relevante un tercio de la desviación típica del carácter.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracteres de calidad de canal y carne

La Tabla 1 muestra los parámetros descriptivos de los caracteres de calidad de la canal y de la carne.

**Tabla 1.** Parámetros descriptivos de los caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Carácter	Nº Animales	Media	SD	CV <sup>4</sup> x100
<i>Calidad de canal</i>				
Peso vivo, g	63	1774	99.6	5.62
Peso de la canal comercial, g	63	995	67.1	6.74
Peso de la canal de referencia, g	63	812	60.9	7.49
Peso del hígado, g	63	43.0	3.71	8.63
Peso de la grasa escapular, g	62	4.06	1.09	26.9
Peso de la grasa perirrenal, g	63	9.56	2.62	27.4
Ratio músculo/hueso	59	4.67	0.40	8.55
L* <sup>1</sup> canal	63	56.2	1.76	3.13
a* <sup>2</sup> canal	63	3.07	1.08	35.1
b* <sup>3</sup> canal	63	1.49	1.43	NC <sup>5</sup>
<i>Calidad de carne</i>				
Grasa intramuscular, g/100 g	61	1.08	0.17	15.6
pH	61	5.57	0.10	1.87
L* <sup>1</sup> carne	63	53.7	3.06	5.69
a* <sup>2</sup> carne	63	2.42	1.28	52.9
b* <sup>3</sup> carne	63	2.15	0.66	NC <sup>5</sup>

<sup>1</sup>L\*, luminosidad; <sup>2</sup>a\*, índice de rojo; <sup>3</sup>b\*, índice de amarillo. <sup>4</sup>CV, coeficiente de variación; <sup>5</sup>NC, no calculable.

El contenido medio de GIM del lomo fue de 1.08 g/100 g de carne fresca, lo que está de acuerdo con los valores observados por Zomeño et al. (2013) en conejos de la tercera generación de este mismo experimento de selección.

La media de peso vivo, peso de canal comercial y peso de canal de referencia fueron 1774 g, 995 g y 812 g, respectivamente. Estos resultados se corresponden con los obtenidos previamente en conejos de edades similares (Pla et al., 1996; Zomeño et al., 2013; Lafuente y López, 2014).

El peso medio de la grasa perirrenal, que es el mayor depósito de grasa en las canales de conejo (Hernández y Gondret, 2006), fue de 9.56 g, mientras que el peso medio de la grasa escapular fue de 4.06 g. El peso de ambos depósitos representó el 1.68% de la canal de referencia, lo que pone de manifiesto que el conejo tiene una canal muy magra en comparación con otras especies (Lawrie y Ledward, 2006).

El ratio músculo/hueso medido en el muslo es un buen estimador del ratio músculo/hueso de la canal del conejo (Hernández et al., 1996). La media de este ratio en las líneas divergentes fue de 4.67. El peso medio del hígado en nuestras líneas fue de 43.0 g, que representa el 5.3% de la canal de referencia.

Los parámetros de color, luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ) medidos en la superficie de la canal y en la carne, así como el pH de la carne están de acuerdo con los valores observados por Hernández et al. (2006) en animales de la misma edad. El coeficiente de variación del parámetro de color  $b^*$  (Tabla 1) no se muestra, ya que este parámetro puede tomar valores tanto positivos como negativos.

La Tabla 2 muestra la respuesta directa a la selección por GIM y las respuestas correlacionadas para los caracteres de calidad de la canal y de la carne, estimadas como la diferencia fenotípica entre las líneas GA y GB.

**Tabla 2.** Características de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre las líneas en los caracteres de calidad de la canal y de la carne.

Carácter	$D_{GA-GB}^4$	HPD <sub>95%</sub> <sup>5</sup>	P <sup>6</sup>	r <sup>7</sup>	Pr <sup>8</sup>
<i>Calidad de canal</i>					
Peso vivo, g	5.65	-51.6, 60.6	0.57	33.2	0.15
Peso de la canal comercial, g	6.42	-33.9, 43.6	0.63	22.4	0.19
Peso de la canal de referencia, g	7.80	-27.9, 44.0	0.67	20.3	0.23
Peso del hígado, g	2.58	0.47, 4.62	0.99	1.24	0.90
Peso de la grasa escapular, g	0.66	0.02, 1.24	0.98	0.36	0.82
Peso de la grasa perirrenal, g	3.82	2.37, 5.21	1.00	0.87	1.00
Ratio músculo/hueso	0.32	0.08, 0.55	1.00	0.13	0.95
$L^{*1}$ canal	-1.44	-2.43, -0.54	1.00	0.59	0.96
$a^{*2}$ canal	0.15	-0.47, 0.79	0.68	0.36	0.24
$b^{*3}$ canal	0.18	-0.61, 1.00	0.67	0.48	0.22
<i>Calidad de carne</i>					
Grasa intramuscular, g/100 g	0.39	0.29, 0.50	1.00	0.06	1.00
pH	0.02	-0.04, 0.09	0.74	0.03	0.38
$L^{*1}$ carne	-0.90	-2.77, 0.85	0.84	1.02	0.45
$a^{*2}$ carne	0.27	-0.46, 0.99	0.77	0.43	0.31
$b^{*3}$ carne	-0.53	-0.90, -0.19	1.00	0.22	0.96

<sup>1</sup> $L^*$ , luminosidad; <sup>2</sup> $a^*$ , índice de rojo; <sup>3</sup> $b^*$ , índice de amarillo. <sup>4</sup> $D_{GA-GB}$ , mediana de la distribución marginal posterior de la diferencia entre las líneas seleccionadas por alto (GA) y bajo (GB) contenido en grasa intramuscular; <sup>5</sup>HPD<sub>95%</sub>, región de mayor densidad posterior con un 95% de probabilidad; <sup>6</sup>P, probabilidad de que  $D_{GA-GB} > 0$  cuando  $D_{GA-GB}$  es positivo o  $D_{GA-GB} < 0$  cuando  $D_{GA-GB}$  es negativo; <sup>7</sup>r, valor relevante (estimado como 1/3 de la desviación estándar del carácter); <sup>8</sup>Pr, probabilidad de relevancia (probabilidad de que la diferencia sea superior que r cuando  $D_{GA-GB} > 0$  o menor que r cuando  $D_{GA-GB} < 0$ ).

La respuesta directa para GIM en la octava generación de selección fue de 0.39 g/100 g, lo que representa un 36% de la media o 2.3 desviaciones típicas del carácter. Si consideramos un tercio de la desviación típica del carácter como valor relevante (0.06), podemos considerar que la respuesta a la selección fue relevante con una probabilidad de 1. Hasta ahora este es el único experimento de selección por GIM en conejos. Hay pocos estudios otras especies, Sapp et al. (2002) en vacuno, Zhao et al. (2007) en pollo y Schwab et al. (2009) en cerdos, en todos ellos se muestran altas respuestas a la selección.

La media de consumo de pienso fue de 89.91 g/día (SD=6.78). La diferencia del consumo entre las líneas GA y GB fue de 3.9 g/d, con un intervalo de mayor densidad posterior al 95% de probabilidad que va desde -0.60 g/d a 8.03 g/d. Esta diferencia fue mayor que cero (P = 0.96),

aunque la probabilidad de que sea relevante fue baja ( $Pr = 0.78$ ). Según estos datos, la selección por GIM, por el momento, no parece estar modificando el consumo de pienso de manera relevante.

El peso de los depósitos grasos fue superior en la línea GA que en la GB (Tabla 2). La diferencia entre líneas para la grasa perirrenal fue de 3.82 g, y para la grasa escapular fue 0.66 g. Sin embargo, solo la diferencia en grasa perirrenal fue relevante ( $Pr = 1.00$ ), al igual que se observó en la séptima generación de este experimento de selección (Martínez-Álvaro et al., 2016). Zomeño et al. (2013) no encontró una respuesta correlacionada a la selección por GIM en los depósitos grasos en la tercera generación de selección de este experimento, probablemente debido a que la divergencia entre las líneas para GIM era mucho menor. En otros experimentos de selección por GIM se han mostrado respuestas correlacionadas positivas en los depósitos grasos de la canal (Schwab et al., 2009 en cerdos y Zhao et al., 2007 en pollos). En conejos, el incremento de los depósitos grasos debido a la selección por alta GIM no tiene grandes consecuencias sobre el deterioro de la calidad de la canal, ya que es una canal muy magra. Sin embargo, esto debería ser tomado en cuenta al hacer generalizaciones a otras especies de mayor tamaño, donde la selección por alta GIM podría deteriorar la calidad de la canal.

La selección por GIM tiene una respuesta correlacionada positiva con el tamaño del hígado. El peso del hígado fue 2.58 g mayor en la línea GA que en la GB, y además esta diferencia fue relevante ( $Pr = 0.90$ ). Dado que el hígado es el tejido con mayor actividad lipogénica en conejos en crecimiento (Gondret et al., 1997), esto podría estar relacionado con la mayor deposición de grasa en la línea GA respecto a la GB.

El ratio músculo/hueso fue superior en la línea GA que en la línea GB ( $P = 1.00$ ), y además, la diferencia entre líneas fue relevante ( $Pr = 0.95$ ). Sin embargo, en generaciones anteriores de este experimento de selección no se observaron diferencias entre líneas para el ratio músculo/hueso.

La selección por GIM no afectó al peso vivo, peso de la canal comercial y peso de la canal de referencia (Tabla 2), al igual que en generaciones anteriores de selección (Martínez-Álvaro et al., 2016; Zomeño et al., 2013). En otros experimentos, Sapp et al. (2002) en vacuno y Schwab et al. (2009) en cerdo no obtuvieron respuestas correlacionadas a la selección por GIM en el peso de las canales. Aunque Zhao et al. (2007), en pollos, encontraron un incremento significativo del peso de la canal de animales con alto contenido de GIM.

El color de la canal es particularmente importante en el momento de la compra de conejo ya que se comercializa habitualmente como canal entera, y en menor medida, en cortes. Los índices de rojo ( $a^*$ ) y amarillo ( $b^*$ ) de la canal no mostraron cambios por el proceso de selección. La luminosidad de la superficie de la canal ( $L^*$ ) fue modificada por la selección por GIM, siendo mayor en la línea GB que en la línea GA ( $P = 1.00$ ). Además, las diferencias entre líneas fueron relevantes ( $Pr = 0.96$ ). Para facilitar la interpretación de las diferencias entre líneas en parámetros de color, hemos calculado la distancia de color  $\Delta E$ . Según Sharma (2002) la mínima  $\Delta E$  distinguible por el ojo humano es 2.3, y nuestras líneas presentaron un  $\Delta E$  de 1.57. Por tanto, podría considerarse que la selección por GIM no produjo cambios en el color de la canal distinguibles para el ojo del consumidor.

La selección por GIM no tuvo grandes efectos en los caracteres de calidad de la carne. El pH de la carne medido 24h *post mortem* fue similar en ambas líneas (Tabla 2), al igual que en generaciones anteriores (Martínez-Álvaro et al., 2016). En cerdos, la selección por GIM tampoco modificó el pH de la carne (Schwab et al., 2009).

En cuanto al color de la carne, solamente el índice de amarillo ( $b^*$ ) mostró una respuesta correlacionada a la selección, siendo superior en la GB que la GA ( $P = 1.00$ ). No obstante, la distancia  $\Delta E$  del color de la carne entre las líneas fue de 1.32, inferior a 2.3 (mínima distancia distinguible por el ojo humano, propuesto por Sharma, 2002). En la séptima generación de selección, Martínez-Álvaro et al. (2016) no encontraron respuestas correlacionadas para ninguno de los parámetros del color de la carne. Zomeño et al. (2013) mostraron mayores valores de  $a^*$  y  $b^*$  en conejos de la línea GB en la tercera generación de selección de esta misma población de conejos, pero estas diferencias no fueron relevantes. En otros experimentos de selección por GIM no se muestra un patrón consistente. Schwab et al. (2009) en cerdos mostró que la  $L^*$  de la carne incrementó con el proceso de selección, aunque en el análisis por un panel sensorial no encontraron diferencias. En experimentos en pollos (Zhao et al., 2007) los parámetros del color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) de la carne no fueron afectados por la selección en GIM.

### 3.2. Actividad lipogénica medida en el hígado

En la Tabla 3 se muestran los parámetros descriptivos de la actividad lipogénica en el hígado. La enzima G6PDH mostró la mayor actividad. Las medias de las actividades lipogénicas fueron de  $4460 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  para la G6PDH,  $429 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  para EM y de  $685 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  para la FAS. Estos resultados son acordes a otros estudios en conejos de edad similar (Benatmane et al., 2011; Faulconnier et al., 2006; Gondret et al., 2004).

**Tabla 3.** Parámetros descriptivos de la actividad lipogénica ( $\text{nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de tejido) del hígado.

Enzimas	Nº Animales	Media	SD	CV <sup>4</sup> x100
G6PDH <sup>1</sup>	59	4460	808	18.10
EM <sup>2</sup>	57	429	95.7	22.33
FAS <sup>3</sup>	60	685	78.5	11.45

<sup>1</sup>G6PDH, glucosa-6-fosfato deshidrogenasa; <sup>2</sup>EM, enzima málico; <sup>3</sup>FAS, ácido graso sintasa; <sup>4</sup>CV, coeficiente de variación.

La Tabla 4 muestra las diferencias entre las líneas GA y GB en la actividad lipogénica del hígado.

**Tabla 4.** Características de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre las líneas en la actividad lipogénica del hígado medida en  $\text{nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de tejido.

Enzimas	$D_{GA-GB}$ <sup>4</sup>	HPD <sub>95%</sub> <sup>5</sup>	P <sup>6</sup>	r <sup>7</sup>	Pr <sup>8</sup>
G6PDH <sup>1</sup>	1222	720, 1719	1.00	269	1.00
EM <sup>2</sup>	57.3	-1.24, 119	0.97	31.9	0.81
FAS <sup>3</sup>	4.33	-42.7, 49.3	0.58	26.2	0.17

<sup>1</sup>G6PDH, glucosa-6-fosfato deshidrogenasa; <sup>2</sup>EM, enzima málico; <sup>3</sup>FAS, ácido graso sintasa. <sup>4</sup> $D_{GA-GB}$ , mediana de la distribución marginal posterior de la diferencia entre las líneas seleccionadas por alto (GA) y bajo (GB) contenido en grasa intramuscular; <sup>5</sup>HPD<sub>95%</sub>, región de mayor densidad posterior con un 95% de probabilidad; <sup>6</sup>P, probabilidad de que  $D_{GA-GB} > 0$  cuando  $D_{GA-GB}$  es positivo o  $D_{GA-GB} < 0$  cuando  $D_{GA-GB}$  es negativo; <sup>7</sup>r, valor relevante (estimado como 1/3 de la desviación estándar del carácter); <sup>8</sup>Pr, probabilidad de relevancia (probabilidad de que la diferencia sea superior que r cuando  $D_{GA-GB} > 0$  o menor que r cuando  $D_{GA-GB} < 0$ ).

La línea seleccionada por alta GIM presentó mayor actividad de las enzimas G6PDH ( $P = 1.00$ ) y EM ( $P = 0.97$ ). Hay que destacar la elevada diferencia en la actividad enzimática de la G6PDH que presentan las líneas, que fue de  $1222 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Las enzimas G6PDH y EM están involucradas en la producción de NADPH para la síntesis *de novo* de ácidos grasos. No encontramos diferencias entre líneas en la actividad de la enzima FAS en el hígado (Tabla 4). En el estudio de la actividad lipogénica en el músculo en la quinta generación de selección, Martínez-Álvaro et al. (2015) observaron un aumento en la actividad lipogénica (G6PDH, EM y FAS) en el *Longissimus dorsi* de conejos de la línea GA a las 13 semanas, aunque no se observaron diferencias a las 9 semanas. La actividad lipogénica en el hígado fue superior a las actividades lipogénicas del músculo y de la grasa perirrenal medidos por Martínez-Álvaro (2015).

Hasta el momento no hay estudios de respuestas correlacionadas a la selección por GIM en la actividad lipogénica del hígado en ninguna especie. Comparación entre razas de porcino (Mourou y Kouba, 1998) y vacuno (Bonnet et al., 2007) mostraron mayor actividad lipogénica en razas con mayor contenido de grasa intramuscular. En conejos, nuestros resultados evidencian que hay mayor actividad lipogénica en el hígado de la línea seleccionada por alta GIM, así como sucede en el músculo (Martínez-Álvaro et al., 2015). La elevada diferencia en la actividad enzimática encontrada en el hígado de las líneas seleccionadas ponen de manifiesto el interés de este tejido en futuros estudios de expresión génica en nuestras líneas seleccionadas por GIM.

### 3.3. Parámetros sanguíneos relacionados con el hígado

En la Tabla 5 se muestran los estadísticos descriptivos de la concentración de los parámetros sanguíneos relacionados con el hígado en conejo.

**Tabla 5.** Estadísticos descriptivos de los parámetros sanguíneos relacionados con la función y el daño hepático.

Parámetros sanguíneos	Nº Animales	Media	SD	CV <sup>1</sup> x100
<i>Función hepática</i>				
Glucosa, mg/dl	63	141	9.92	7.05
Triglicéridos, mg/dl	59	133	53.6	40.4
Colesterol, mg/dl	60	78.4	16.0	20.4
Proteína total, g/dl	63	6.81	0.51	7.54
Albumina, g/dl	61	4.37	0.24	5.42
Bilirrubina total, mg/dl	60	0.20	0.11	56.2
<i>Daño hepático</i>				
Aspartato aminotransferasa, UI/l	57	39.0	7.81	20.0
Alanina aminotransferasa, UI/l	61	67.4	19.1	28.3
Fosfatasa alcalina, UI/l	60	621.3	108.5	17.5

<sup>1</sup>CV, coeficiente de variación.

La concentración media de todos los parámetros sanguíneos relacionados con la función hepática se encuentran dentro del rango de valores normales para conejos (Nowland et al., 2015; Washington y Van Hoosier, 2012), a excepción de la fosfatasa alcalina que supera aproximadamente 4 veces a los valores de referencia. Esto podría deberse a diferentes factores. En primer lugar la concentración de fosfatasa alcalina en sangre puede incrementar de 2 a 4 veces los valores normales en conejos en crecimiento debido a la actividad osteoblástica (Washington y Van

Hoosier, 2012). Por otro lado, el ayuno o el sacrificio por desangrado con un corte en la vena yugular (Nowland et al., 2015) también podría estar relacionado con un aumento en la concentración de la fosfatasa alcalina.

La Tabla 6 muestra las diferencias entre las líneas en la concentración de los parámetros sanguíneos relacionados con la función y el daño hepático.

**Tabla 6.** Características de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre líneas en parámetros sanguíneos.

Parámetros sanguíneos	$D_{GA-GB}^1$	HPD <sub>95%</sub> <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	r <sup>4</sup>	Pr <sup>5</sup>
<i>Función hepática</i>					
Glucosa, mg/dl	-1.21	-6.81, 4.21	0.68	3.31	0.23
Triglicéridos, mg/dl	-43.0	-75.4, -9.07	0.99	17.9	0.94
Colesterol, mg/dl	-8.07	-17.0, 1.09	0.96	5.33	0.73
Proteína total, g/dl	-0.02	-0.31, 0.26	0.56	0.17	0.15
Albumina, g/dl	0.17	0.04, 0.29	0.99	0.08	0.89
Bilirrubina total, mg/dl	-0.12	-0.19, -0.06	1.00	0.04	0.99
<i>Daño hepático</i>					
Aspartato aminotransferasa, UI/l	0.51	-3.66, 5.14	0.60	2.60	0.17
Alanina aminotransferasa, UI/l	13.7	2.61, 24.4	0.99	6.35	0.90
Fosfatasa alcalina, UI/l	-93.7	-154, -31.0	1.00	36.2	0.97

<sup>1</sup> $D_{GA-GB}$ , mediana de la distribución marginal posterior de la diferencia entre las líneas seleccionadas por alto (GA) y bajo (GB) contenido en grasa intramuscular; <sup>2</sup>HPD<sub>95%</sub>, región de mayor densidad posterior con un 95% de probabilidad; <sup>3</sup>P, probabilidad de que  $D_{GA-GB} > 0$  cuando  $D_{GA-GB}$  es positivo o  $D_{GA-GB} < 0$  cuando  $D_{GA-GB}$  es negativo; <sup>4</sup>r, valor relevante (estimado como 1/3 de la desviación estándar del carácter); <sup>5</sup>Pr, probabilidad de relevancia (probabilidad de que la diferencia sea superior que r cuando  $D_{GA-GB} > 0$  o menor que r cuando  $D_{GA-GB} < 0$ ).

La línea GB presentó mayor concentración de triglicéridos (P = 0.99) y colesterol (P = 0.96) en sangre que la línea GA, aunque la diferencia entre líneas fue relevante solo para la concentración de triglicéridos (Pr = 0.94). En cualquier caso, los valores de estos parámetros en ambas líneas se encuentran dentro de los valores normales (Nowland et al., 2015; Washington y Van Hoosier, 2012). No se observaron diferencias entre líneas para la concentración de glucosa en la sangre. En otros experimentos de selección por GIM no se han medido la concentración de parámetros sanguíneos. En conejos, Gondret et al. (2004) observó que los animales con mayor GIM debido a la edad, presentaban menor concentración de triglicéridos en sangre que los conejos más jóvenes, mientras que no se observaron diferencias para la concentración de glucosa, lo cual está de acuerdo con nuestros resultados. Estos autores atribuyen sus resultados a la relación positiva entre la concentración plasmática de triglicéridos y la actividad de la lipasa lipoprotéica en el músculo. En futuros trabajos sería interesante estudiar la actividad de esta enzima (lipasa lipoprotéica) en las líneas de selección divergente por GIM.

El contenido de albúmina fue superior en la línea GA que en la línea GB (P = 0.99), y la probabilidad de que la diferencia entre líneas sea relevante fue moderada (Pr = 0.89), aunque en ambas líneas los valores fueron normales. La albúmina es la proteína más abundante en el plasma, y su incremento por encima de los valores normales se asocia con disfunción hepática o deshidratación (Washington y Van Hoosier, 2012). La concentración de proteína total en sangre fue similar en las dos líneas.

La línea GB mostró mayor concentración de bilirrubina total que la línea GA ( $P=1.00$ ) y la diferencia entre líneas fue relevante ( $Pr = 0.99$ ). La bilirrubina es un subproducto de la descomposición de los hematíes, y el hígado es el encargado de gestionar este producto, desechándose en las heces (Washington y Van Hoosier, 2012). La mayor cantidad de bilirrubina en la línea GB podría estar relacionado con el menor peso del hígado en esta línea.

En cuanto a los parámetros de daño hepático, se observaron diferencias entre líneas para la concentración de alanina aminotransferasa (ALT) y fosfatasa alcalina (FAL), pero no para la aspartato aminotransferasa (AST). La línea GA presentó mayor concentración de ALT, mientras que la línea GB presentó mayor concentración de FAL, y en ambos casos, las diferencias entre líneas fueron relevantes ( $Pr = 0.90$  y  $0.97$ , respectivamente). No parece existir una relación clara entre el alto contenido de GIM y las enzimas de daño hepático. Muñoz et al. (2012) no encontraron una relación entre el contenido de grasa intramuscular y los parámetros sanguíneos (glucosa, triglicéridos, colesterol y proteínas totales), aunque no midieron la actividad de los enzimas indicadores de daño hepático.

#### **4. CONCLUSIONES**

En conclusión, la respuesta a la selección por GIM es alta. Existen respuestas correlacionadas positivas en los depósitos grasos, el ratio músculo/hueso y el tamaño de hígado, sin apenas modificación de las demás características de la calidad de canal y carne. La actividad lipogénica en el hígado fue elevada, siendo mayor en la línea seleccionada por alta GIM. La selección por GIM provoca algunas modificaciones en los parámetros sanguíneos de función hepática (triglicéridos, colesterol, bilirrubina y albúmina); pero el incremento de GIM por selección no parece tener una relación clara con los parámetros sanguíneos de daño hepático.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC) del estado Peruano por brindarme el soporte económico durante mi periodo de estudios en Valencia. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad AGL2014-55921-C2-1P. Agradezco a la Dra. Pilar Hernández y Marina Martínez por permitirme trabajar en su equipo, por sus enseñanzas, su apoyo constante en los trabajos de laboratorio y en la redacción de este documento.

## LITERATURA CITADA

- Benatmane, F., Kouba, M., Youyou, A., & Mourot, J. (2011). Effect of a linseed diet on lipogenesis, fatty acid composition and stearoyl-CoA-desaturase in rabbits. *Animal*, 5(12), 1993–2000.
- Blasco, A., & Ouhayoun, J. (1996). Harmonization of Criteria and Terminology in Rabbit Meat Reserch. Revised Proposal. *World Rabbit Science*, 4(2), 93–99.
- Bonnet, M., Faulconnier, Y., Leroux, C., Jurie, C., Cassar-Malek, I., Bauchart, D., ... Chilliard, Y. (2007). Glucose-6-phosphate dehydrogenase and leptin are related to marbling differences among Limousin and Angus or Japanese Black x Angus steers. *Journal of Animal Science*, 85, 2882–2894.
- Chang, H. C., Seidman, I., Teebor, G., & Lane, D. (1967). Liver scetyl CoA carboxylase and fatty acid synthetase: Relative activities in the normal state and in hereditary obesity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 28(5), 682–686.
- Ciobanu, D. C., Lonergan, S. M., & Huff-Lonergan, E. J. (2011). Genetics of meat quality and carcass traits. En M. F. Rothschild & A. Ruvinsky (Eds.), *The Genetics of the pigs* (2 Edition, pp. 355–389). UK: CAB International.
- FAOSTAT (2014). Datos estadísticos de: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QA/E>
- Faulconnier, Y., Roy, A., Ferlay, A., Chardigny, J. M., Durand, D., Lorenz, S., ... Chilliard, Y. (2006). Effect of dietary supply of butters rich either in trans-10-18 : 1 or in trans-11-18 : 1 plus cis-9, trans-11-18: 2 on rabbit adipose tissue and liver lipogenic activities. *British Journal of Nutrition*, 96, 461–468.
- Fitch, W. M., Hill, R., & Chaikoff, I. L. (1959). The effect of fructose feeding on glycolytic enzyme activities of the normal rat liver. *Journal of Biological Chemmistry*, 234, 1048–1051.
- Gondret, F., Hocquette, J. F., & Herpin, P. (2004). Age-related relationships between muscle fat content and metabolic traits in growing rabbits. *Reproduction, Nutrition, Development*, 44, 1–16.
- Gondret, F., Mourot, J., & Bonneau, M. (1997). Developmental changes in lipogenic enzymes in muscle compared to liver and extramuscular adipose tissues in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 117(2), 259–265.
- Hernández, P., Ariño, B., Grimal, A., & Blasco, A. (2006). Comparison of carcass and meat characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate. *Meat Science*, 73, 645–650.
- Hernández, P., & Gondret, F. (2006). Rabbit meat quality and safety. En L. Maeterns & P. Coundert (Eds.), *Recent Advances in Rabbit Sciences* (pp. 267–290). Belgium.
- Hernández, P., Pla, M., & Blasco, A. (1996). Prediction of carcass composition in the rabbit. *Meat Science*, 44(1-2), 75–83.
- Hsu, R. Y., & Lardy, H. A. (1969). Malic Enzyme. En *Methods in enzymology* (Vol. 13, pp. 230–235). New York.
- Lafuente, R., & López, M. (2014). Effect of electrical and mechanical stunning on bleeding, instrumental properties and sensory meat quality in rabbits. *Meat Science*, 98, 247–254.
- Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006). The structure and growth of muscle. En W. Publishing (Ed.), *Lawriwe´s Meath science* (7 Edition). Cambridge, England.

- Listrat, A., Lebret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., ... Bugeon, J. (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *Scientific World Journal*, 1–14.
- Martínez-Álvaro, M., Agha, S., Juste, V., & Blasco, A. (2015). Efecto de la selección divergente por grasa intramuscular en caracteres de metabolismo lipídico en conejo. En *AIDA, XVI Jornadas Sobre Producción Animal* (pp. 555–557).
- Martínez-Álvaro, M., Blasco, A., & Hernández, P. (2016). Selection for intramuscular fat in rabbits: direct and correlated responses. En *67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Belfast, UK.
- Mourot, J., & Kouba, M. (1998). Lipogenic enzyme activities in muscles of growing Large White and Meishan pigs. *Livestock Production Science*, 55, 127–133.
- Muñoz, R., Tor, M., & Estany, J. (2012). Relationship between blood lipid indicators and fat content and composition in Duroc pigs. *Livestock Science*, 148, 95–102.
- Nowland, M. H., Bramer, D. W., García, A., & Rush, H. G. (2015). Biology and Diseases of Rabbits. In *Laboratory Animal Medicine* (pp. 411–461).
- Pla, M., Hernández, P., & Blasco, A. (1996). Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Science*, 44(1-2), 85–92.
- Sapp, R. L., Bertrand, J. K., Pringle, T. D., & Wilson, D. E. (2002). Effects of selection for ultrasound intramuscular fat percentage in Angus bulls on carcass traits of progeny. *Journal of Animal Science*, 80, 2017–2022.
- Schwab, C. R., Baas, T. J., Stalder, K. J., & Nettleton, D. (2009). Results from six generations of selection for intramuscular fat in Duroc swine using real-time ultrasound. I. Direct and correlated phenotypic responses to selection. *Journal of Animal Science*, 87, 2774–2780.
- Sharma, G. (2002). Color fundamentals for digital imaging. En *Digital Color Imaging Handbook* (pp. 1–114).
- Sorensen, D., & Gianola, D. (2002). *Likelihood of Bayesian, and MCMC Methods in Quantitative Genetics*. Springer. New York.
- Washington, I. M., & Van Hoosier, G. V. (2012). Chapter 3 - Clinical Biochemistry and Hematology. En M. A. Suckow, K. A. Stevens, & R. P. Wilson (Eds.), *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents* (pp. 57–116).
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V, Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., ... Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343–358.
- Zhao, G. P., Chen, J. L., Zheng, M. Q., Wen, J., & Zhang, Y. (2007). Correlated responses to selection for increased intramuscular fat in chinese quality chicken line. *Poultry Science*, 86, 2309–2314.
- Zomeño, C., Blasco, A., & Hernández, P. (2013). Divergent selection for intramuscular fat content in rabbits. II. Correlated responses on carcass and meat quality traits. *Journal of Animal Science*, 91, 4532–4539.
- Zomeño, C., Hernández, P., & Blasco, A. (2013). Divergent selection for intramuscular fat content in rabbits. I. Direct response to selection. *Journal of Animal Science*, 91, 4526–4531.
- Zomeño, C., Juste, V., & Hernández, P. (2012). Application of NIRS for predicting fatty acids in intramuscular fat of rabbit. *Meat Science*, 91, 155–159.