

Efecto del SNP 3702G>A del gen *IGF2* sobre caracteres de crecimiento, canal, físicos-químicos y sensoriales de la calidad de carne en cerdos de la raza Landrace

FASSA, V.B.¹; CARDEN, T.R.²; GOENAGA, P.R.³; MARINI, S.J.⁴; CARDUZA, F.J.⁵; GRIGIONI, G.⁵; MARRUBE, G.¹; LLOVERAS, M.R.³

RESUMEN

El progreso genético alcanzado durante las últimas décadas en los caracteres de productividad y, en especial, en el aumento del contenido de magro en las canales, ha desembocado en un deterioro en los caracteres intrínsecos de la calidad de carne, tanto en sus componentes físico-químicos como sensoriales, en parte debido a la existencia de correlaciones genéticas negativas entre ambos grupos de caracteres. El objetivo del presente trabajo fue corroborar mediante un nuevo experimento los resultados obtenidos previamente por nuestro grupo con relación al efecto del SNP *IGF2* 3702 G>A sobre los caracteres de crecimiento. Asimismo, se evaluó su efecto sobre el contenido de tejido magro en las canales y caracteres físico-químicos y sensoriales de la calidad de carne. Cincuenta cerdos Landrace, hembras y machos castrados, desde los 28 kg hasta 110 kg de peso vivo, fueron asignados a uno de dos grupos de genotipos de acuerdo al alelo que recibieran de su padre (Apat vs. Gpat). Se registraron los siguientes caracteres: velocidad de crecimiento (VC), conversión alimenticia (CA) y espesor de grasa dorsal (EGD). Se hallaron diferencias significativas (12.4 mm vs. 15.0 mm) para el carácter EGD, confirmando los resultados del estudio previo. Al momento de la faena, se midieron en las canales EGD, profundidad del músculo *Longissimus dorsi* (LD), porcentaje de magro y pH 45. Con relación a los caracteres de canal, los cerdos Apat exhibieron menos grasa (18.3 mm vs. 21.6 mm) y mayor contenido de tejido magro (52.5% vs. 50.1%). Estos resultados fueron corroborados por medio de disecciones parciales. En cuanto a los datos físico-químicos de calidad de carne, se evaluaron los siguientes caracteres: pH 45, pHu, *drip loss*, color, terneza y mermas por cocción. Únicamente el parámetro de color del músculo "L*" mostró diferencias significativas entre ambos genotipos y sexos, la carne de los cerdos es del grupo Apat y de las hembras más brillante que la del grupo Gpat y de los capones. Los resultados de la evaluación sensorial no mostraron diferencias entre genotipos para ninguno de los principales atributos de calidad de carne estudiados. Los resultados indican que el SNP analizado en este ensayo disminuye los depósitos de grasa subcutánea y aumenta el contenido de magro en las canales. No se hallaron evidencias de efectos sobre los caracteres físico-químicos y sensoriales de la calidad de la carne.

Palabras clave: porcinos, gen *IGF2*, contenido de magro, caracteres físico-químicos y sensoriales de la calidad de carne.

¹Cátedra de Genética. Facultad de Cs. Veterinarias UBA. CABA, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: vfassa@fvet.uba.ar

²Facultad de Cs. Exactas y Naturales, UBA. CABA, Buenos Aires, Argentina.

³INTA EEA Pergamino. Bs. As. Argentina.

⁴INTA EEA Marco Juárez. Córdoba, Argentina.

⁵INTA ITA Castelar. Bs. As. Argentina.

ABSTRACT

The genetic progress reached during the last decades on productive traits and, in particular, the increased carcass leanness have led to a deterioration of physicochemical and sensorial meat quality traits, partly because of the existence of negative correlated responses between both groups of traits. The aim of the present study was to validate through a new experiment the results previously obtained concerning the effect of SNP *IGF2* 3702 G>A on growth traits. In addition, we assessed its effect on the amount of lean meat carcasses and on the physico-chemical and sensorial characteristics of meat quality. Fifty Landrace pigs, females and barrows, from 28 kg up to 110 kg of live weight, were assigned according to genotype allele received from his father (Apat vs. Gpat). Regarding the growth traits, average daily gain (ADG), feed conversion (FC) and backfat thickness (BFT) were registered. Significant differences were found only for BFT (12.5 mm vs. 15.0 mm), favoring the Apat group. This supports the results of our previous study. At the slaughter line, backfat, *Longissimus dorsi* (LD) thickness, lean meat percentage and pH45 were measured on the carcasses. Apat pigs showed less fat (18.3 mm vs. 21.6 mm) and leaner meat percentage (52.5 % vs. 50.1%). These results were confirmed through tissue dissection. With regard to the physico-chemical and sensorial meat quality data, the following traits were assessed: pH45, pH24, drip loss, color, tenderness and cooking loss. Only color parameter "L*" of the muscle showed significant differences between genotype and sex, being swine meat from Apat group and females brighter than Gpat group and barrows. According to the results of the sensorial evaluations, there were no differences between genotypes for any meat quality trait. The *IGF2* 3702 G>A SNP diminish BFT and increases carcass meat content. No evidence of effects on the physical-chemical and sensory characteristics of meat quality were found.

Keywords: porcine, *IGF2* gene, fat content, physico-chemical and sensorial characteristics of meat quality.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento en cerdos fue el aumento de la velocidad de crecimiento del tejido magro. La selección ha sido de tal intensidad que ha modificado la estructura del tejido muscular con consecuencias negativas en los caracteres intrínsecos de la calidad de la carne, tanto en sus componentes físico-químicos, como sensoriales (Hamill *et al.*, 2012; Lonergan *et al.*, 2001; Ollivier, 1998; Schwab *et al.*, 2009; NPPC, 1995). La causa es principalmente de origen genético y el problema se debe a cuestiones genéticas básicas, como la elección de las razas para la producción de híbridos comerciales (Lloveras *et al.*, 2008), la existencia de correlaciones genéticas negativas entre caracteres de crecimiento y magro con los de calidad (Ciobanu *et al.*, 2011). En la Argentina, el problema de la calidad de la carne se agrava debido a la creciente difusión de padrillos sintéticos terminales que suelen incluir genes mayores perjudiciales (gen *RYR1*).

El objetivo del trabajo fue: a) corroborar mediante un nuevo experimento los resultados obtenidos por Fassa *et al.* (2013) con relación al efecto del SNP *IGF2* 3702 G>A sobre los caracteres de crecimiento, en especial sobre el espesor de grasa dorsal; b) comprobar si la magnitud del efecto observado en las pruebas de crecimiento se ve reflejado en el contenido de tejido magro de las canales y c) determinar los efectos sobre los caracteres físico químicos y sensoriales de la calidad de carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

El experimento fue realizado en la Estación Experimental (EEA) Pergamino del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Los cerdos experimentales (capones y cachorras) fueron generados a partir de 20 camadas provenientes de apareamientos dirigidos entre cerdas Landrace con 2 padrillos de la misma raza provistos por el Núcleo Genético Ceres. Los padrillos eran heterocigotos (AG) para el SNP del gen *IGF2* estudiado y las madres de los genotipos AG y GG. Todas las cerdas fueron servidas dentro de la misma banda semanal y parieron dentro de la misma tanda. Los animales fueron destetados a los 28 días de edad, recriados en iguales condiciones y alimentados con una ración comercial hasta las 8 semanas de edad (25 kg). Los lechones provenientes de todas las camadas fueron genotipados para el SNP *IGF2* 3702 G>A. Puesto que *IGF2* es un gen con efecto de sellado genómico, siendo favorable el alelo A paterno, los cerdos fueron distribuidos en dos grupos: Grupo Apat, compuesto por los individuos (ApatGmat, ApatAmat) que heredaron el alelo A del padre, y el Grupo Gpat formado por individuos (GpatGmat, GpatAmat) portadores del alelo G.

Ambos padrillos estuvieron igualmente representados en el número de hijos estudiados y todos los cerdos fueron negativos para el gen *RYR1* evitando confundir los efectos de ambos genes.

Diseño experimental

Cincuenta cerdos fueron alojados en boxes individuales con bebederos tipo chupete y comederos secos de una boca en los que se ofrecía comida a voluntad. La alimentación se llevó a cabo en dos fases: crecimiento (de 30 kg a 60 kg) y terminación (60 kg a 110 kg) con raciones estándares de maíz, soja y núcleo vitamínico mineral, formuladas para cubrir los requerimientos en ambas etapas.

La velocidad de crecimiento y la conversión alimenticia fueron evaluadas entre los 30 kg y 90 kg de peso vivo, momento en el que se procedió a la toma del espesor de grasa dorsal, con equipo de ultrasonido (LEAN MEATER RENCO®), de dos formas: en P2, que es a la altura de la primera vértebra lumbar desplazada a 5 cm de la línea media y EG3, que corresponde al promedio de tres mediciones realizadas a la altura del codo, la última costilla y el glúteo medio, también desplazadas a 5 cm de la línea media.

Faena y evaluación de las canales

Al alcanzar los 110 kg, los cerdos fueron transportados al frigorífico Ex Pork en San Andrés de Giles durante la tarde y faenados a la mañana siguiente. Las canales fueron desangradas, escaldadas, evisceradas, seccionadas a lo largo de la línea media y pesadas en el palco de inspección. Mediante la sonda óptica Hennessy y Grading Probe (HGP) se midió: a) el espesor de grasa subcutánea dorsal entre la 3.^{ra}/4.^{ta} costilla a 5 cm de la línea media, b) la profundidad del músculo LD debajo de la misma localización y c) el porcentaje de tejido magro a partir de las fórmulas derivadas por Goenaga *et al.* (2008).

Toma de muestras

Del palco de inspección las canales fueron trasladadas a una cámara a 4 °C y a los 45 minutos *post mórtem*, se midió el pH en las medias canales del lado izquierdo sobre el músculo LD. Se extrajo un bloque de lomo comprendido entre la 9.^a y 11.^a costilla y se evaluaron el color del músculo y la grasa con espectrocolorímetro de reflectancia portátil BYK-Gardner. Posteriormente, se procedió a la identificación, acondicionamiento, refrigeración y transporte de las muestras al Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA) en INTA Castelar, donde se realizaron las determinaciones físico-químicas y sensoriales de calidad de carne. La determinación del pHu fue realizada a las 24 h sobre las muestras frescas. Posteriormente estas fueron congeladas a -20 ± 1 °C para su posterior análisis.

Un segundo bloque de lomo, contiguo al primero, comprendido entre la 12.^a costilla y la última vértebra lumbar fue seccionado, acondicionado, refrigerado y transportado a la Sección Porcinos de la EEA INTA Pergamino para su posterior disección.

Caracteres de calidad

Antes de realizar las mediciones las muestras fueron descongeladas a 4 ± 1 °C durante la noche.

Drip loss

Se extrajeron 3 tarugos de 2.5 cm de diámetro y se colocaron en redes plásticas en cámara de frío a 3 ± 1 °C durante 24 h. El porcentaje de *drip loss* fue determinado dividiendo la pérdida de peso durante las 24 h por el peso de los tarugos al ingresar a la cámara.

Color y pH

Las mediciones de color se realizaron con espectrocolorímetro de reflectancia portátil BYK-Gardner Spectro-guide 45/0 gloss de acuerdo a los lineamientos generales de AMSA (1991). Las condiciones experimentales fueron: observador 10° e iluminante D65. Se utilizó la escala de color CIELab y se determinaron parámetros de luminosidad (L^*) y las coordenadas cromáticas de los componentes rojo-verde (a^*) y amarillo-azul (b^*). Las muestras de músculo fueron expuestas al aire 45 minutos a temperatura ambiente antes de realizarse las mediciones.

Los pH 45 y pHu (45 min y 24 h) se midieron en el músculo LD usando un pH-metro modelo HI 8314 (Hanna Instruments®).

Merms por cocción

Los bifes fueron descongelados a 4 °C durante 12 h, pesados y cocinados en una grilladora eléctrica Philips® hasta alcanzar una temperatura interna final de 71 ± 0.5 °C (AMSA, 2015). El porcentaje de pérdidas por cocción fue calculado como la diferencia entre el peso crudo y cocido (en caliente) con relación al peso crudo.

Terneza instrumental

La resistencia al corte fue determinada siguiendo los lineamientos generales de AMSA (2015), en 8 tarugos de 1.3 cm de diámetro extraídos de cada bife, con cortes paralelos a la orientación de las fibras musculares, mediante cizalla de Warner-Bratzler (model 3000; G-R Manufacturing CO., EE. UU.).

Evaluación sensorial

Los bifes fueron cocinados del mismo modo que para la determinación de terneza instrumental. Las muestras libres de grasa, hueso y tejido conectivo fueron cortadas en cubos de 1 cm³ e inmediatamente evaluadas por un panel entrenado de 8 jueces, utilizando una escala de 1 a 9 puntos para jugosidad, terneza, tejido conectivo, olor y sabor. Además, se solicitó a los miembros del panel que informen la descripción e intensidad de sabores y olores extraños si estuvieran presentes.

Extracción de ADN y determinación de genotipos para IGF2

- *IGF2*: La sustitución G>A del intron3-3072 fue analizada por PCR-RFLP de acuerdo a Fontanesi *et al.* (2010).

- RYR 1: La sustitución C>T se detectó por HRM (High Resolution Melting) con un ciclador Thermal Cycler Rotor Gene Real Time Q (Qiagen) (Marini *et al.*, 2012).

Análisis estadístico

Los caracteres de crecimiento, canal y calidad de carne fueron analizados individualmente con el modelo lineal general, tomando como factores fijos el genotipo, el sexo y su interacción. En un análisis preliminar, los efectos del peso inicial, del peso final y del padrillo fueron evaluados como covariables, pero se excluyeron del modelo final porque no fueron significativos. La ecuación del modelo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : representa la variable respuesta (el valor fenotípico) correspondiente al i-ésimo genotipo, j-ésimo sexo, k-ésima repetición

μ : media general

τ_i : efecto de i-ésimo genotipo (Grupo Apat vs. Gpat)

γ_j : efecto del j-ésimo sexo

$(\tau\gamma)_{ij}$: efecto de interacción entre el i-ésimo genotipo y el j-ésimo sexo

ε_{ijk} : error aleatorio correspondiente al i-ésimo genotipo, j-ésimo sexo, k-ésima repetición

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Guide).

RESULTADOS

Como resultado de los análisis estadísticos realizados, únicamente para el porcentaje de tejido magro la interacción genotipo x sexo resultó significativa ($p=0.0282$), mostrando un comportamiento diferencial de los genotipos en los machos. Los capones Apat exhibieron 52.1% de tejido magro vs. 48.4% los Gpat.

Las frecuencias génicas ($n=242$) fueron para el alelo A: 0.36 y G: 0.64. Las frecuencias genotípicas mostraron la siguiente distribución: AA: 0.10; AG: 0.52 y GG: 0.38.

Caracteres de crecimiento y canal

En la tabla 1 se presentan las medias estimadas para las variables de crecimiento y canal para los dos genotipos (grupos Apat y Gpat) y ambos sexos (capones y cachorras). No hubo diferencias en la velocidad de crecimiento entre genotipos. Y sí las hubo para el espesor de grasa dorsal determinada en los cerdos vivos con ultrasonido RENCO: los cerdos Apat tuvieron 2.6 mm menos de grasa medido en P2.

En relación con los caracteres de canal, los cerdos Apat exhibieron 3.3 mm menos de grasa, 1.8 mm más de profundidad en el LD y 2.4 puntos (%) más de contenido de tejido magro medido con la sonda HGP. Las disecciones parciales arrojaron 4.8 puntos (%) menos de grasa a favor de los cerdos del grupo Apat. Tal como era de esperar los capones fueron más gordos que las hembras en: a- las mediciones realizadas durante la prueba de crecimiento en los animales vivos (2.4 mm), b- en las mediciones realizadas en el frigorífico sobre las canales (2.3 mm más de grasa, 2.3 mm menos de profundidad en el LD y 2.3 puntos menos del % magro) y c- en la cantidad de grasa resultante de las disecciones realizadas en el laboratorio (4.4% más de tejido adiposo).

	IGF2				Género		
	Grupo A	Grupo G	es	Valor p	Capones	Cachorras	Valor p
	Media	Media			Media	Media	
Caracteres de crecimiento							
VC (g/d)	884,7	857,5	21,38	0,570	889,4	852,8	0,440
P2 (mm)	12,4 ^a	15,0 ^b	0,35	0,001	14,9 ^a	12,5 ^b	0,002
EG3 (mm)	16,8 ^a	18,8 ^b	0,37	0,016	19,1 ^a	16,5 ^b	0,003
CA	3,5	3,8	0,06	0,060	3,7	3,6	0,326
Caracteres de canal							
Sonda HGP							
EG (mm)	18,3 ^a	21,6 ^b	0,417	0,001	21,1 ^a	18,8 ^b	0,012
EMU (mm)	41,9	40,1	0,488	0,093	39,8 ^a	42,1 ^b	0,026
Contenido de Magro (%)	52,5 ^a	50,1 ^b	0,273	0,0002	50,1 ^a	52,4 ^b	0,001
Disecciones							
Grasa disecada (%)	29,3 ^a	34,1 ^b	0,570	0,0005	33,9 ^a	29,5 ^b	0,001

Tabla 1. Caracteres de crecimiento y canal para los genotipos IGF2 (grupos A y G).

VC = velocidad de crecimiento entre los 30 y 90 Kg de peso vivo, P2 y EG3 = mediciones del espesor de grasa dorsal con equipo de ultrasonido RENCO, CA = conversión alimenticia entre los 30 y 90 kg, EG y EMU = Espesor de grasa dorsal y profundidad del LD medido entre la 3.º y 4.º costilla con sonda óptica HGP, Contenido de magro = % de magro medido con sonda HGP.

Medias y errores estándar (es). En cada fila, medias con distintas letras son significativamente diferentes ($p<0.05$).

Caracteres de calidad de carne

En la tabla 2 se presentan las medias de las variables físico-químicas en el músculo *LD* de los dos genotipos y sexo para el SNP *IGF2* 3702 G>A. Únicamente el parámetro de color del músculo "L" muestra diferencias entre ambos genotipos (50.2 vs. 48.9) y sexos (48.8 vs. 49.9); la carne de los cerdos del grupo Apat y de las hembras es más brillantes o luminosas que las del grupo Gpat y los capones.

Caracteres sensoriales

Los resultados de la evaluación sensorial son presentados en la tabla 3. No se detectaron diferencias entre genotipos Apat vs. Gpat para el efecto del polimorfismo en el gen *IGF2*, ni de sexo para ninguno de los principales atributos sensoriales estudiados.

A partir de los valores obtenidos de los jueces, las muestras pueden ser clasificadas como: de terneza y jugosidad

media y con olor y sabor algo intensos. No se describen olores ni sabores extraños.

DISCUSIÓN

Con respecto a P2 y EG3, las diferencias entre medias fueron significativas, siendo inferiores para los animales con el alelo Apat. También las hembras presentaron valores menores con respecto a los machos castrados. El mismo comportamiento se observa para los caracteres de canal. La magnitud del efecto sobre el contenido de magro entre ambos alelos del SNP del gen *IGF2* es similar a la diferencia entre sexos (machos castrados y hembras) (tabla 1).

Se han realizado diferentes estudios que demuestran el efecto del gen *IGF2* 3702 G>A en los caracteres de importancia económica. Estelle *et al.* (2005) en una población de cerdos Large White encontraron diferencias para peso

	<i>IGF2</i>				Género		
	Grupo A	Grupo G	es	Valor p	Capones	Cachorras	Valor p
	Media	Media			Media	Media	
pH45	6,02	6,07	0,03	0,617	6,03	6,08	0,568
pHu	5,57	5,56	0,01	0,834	5,56	5,56	0,923
Drip loss (%)	26,6	26,9	0,53	0,807	26,8	27,1	0,937
Terneza (N)	49,7	47,4	1,92	0,611	47,7	49,0	0,742
Merms por cocción	28,7	29,7	2,67	0,506	29,3	29,3	0,666
Color músculo							
Cie L	50,2 ^a	48,9 ^b	0,26	0,019	48,8 ^a	49,9 ^b	0,012
Cie b	11,0	11,2	0,10	0,394	11,0	11,3	0,836
Cie a	3,1	3,4	0,16	0,402	3,1	3,5	0,572
Color grasa							
Cie L	77,8	78,7	0,70	0,581	78,3	78,8	0,976
Cie b	9,6	9,4	0,23	0,651	9,6	9,2	0,627
Cie a	2,2	2,4	0,16	0,517	2,4	2,3	0,399

Tabla 2. Caracteres físico-químicos en el músculo *Longissimus dorsi* para los genotipos *IGF2* (grupos A y G).

pH 45 y pHu=pH medido a los 45 minutos y 24 h del comienzo de la faena en el *LD* con pH-metro HI 8314, Drip loss = pérdida de líquido, Merms por cocción = pérdida de líquido luego de la cocción, Cie L, Cie b y Cie a = mediciones de color con espectrofotómetro BYK-Gardner.

Medias y errores estándar (es). En cada fila, medias con distintas letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

	<i>IGF2</i>				Género		
	Grupo A	Grupo G	es	Valor p	Capones	Cachorras	Valor p
	Media	Media			Media	Media	
Olor	4,8	4,8	0,11	0,601	4,8	4,7	0,499
Sabor	4,9	5,1	0,11	0,995	4,9	5,1	0,352
Terneza inicial	4,5	4,9	0,12	0,284	4,7	4,9	0,489
Terneza sostenida	5,2	5,6	0,12	0,304	5,3	5,6	0,433

Tabla 3. Caracteres sensoriales de calidad de carne en los genotipos *IGF2* (Apat y Gpat)

Medias y errores estándar (es)

del jamón y peso de la paleta en los animales portadores del alelo Apat. El estudio realizado por Van den Maagdenberg *et al.* (2008) demostró que el alelo Apat aumenta el porcentaje del contenido de tejido magro conjuntamente con una disminución del espesor de grasa dorsal. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo. Los autores presentaron evidencia de un aumento en el crecimiento muscular, expresado como mayor área y mayor peso del músculo *LD* relativo al peso de la canal, en animales portadores del alelo Apat. Oczkowicz *et al.* (2009) estudiaron el efecto en cerdos de raza Large White y Landrace. Sus análisis de asociación revelaron que el alelo Apat aumenta el peso y área del lomo, el peso del jamón, el porcentaje de carne en la canal y disminuye el EGD. Fontanesi *et al.* (2010 y 2012) analizando una población de animales Large White Italiano, y utilizando como registro valores de cría, encontraron diferencias significativas entre los animales con el alelo Apat para los caracteres cantidad de cortes magros y peso del jamón.

Burgos *et al.* (2012) concluyeron que las canales en los cerdos de genotipo AA son más pesadas para los cortes de mayor valor económico, con respecto a los individuos con genotipo AG, informando que corresponde aproximadamente a 1.8 kg más en cerdos de 125 kg. En el mismo ensayo estos autores analizaron la capacidad de infiltración grasa de los dos alelos del gen *IGF2* 3702 G>A. Los animales portadores del alelo Gpat muestran un aumento del tejido rico en grasa como la panceta y mayor cantidad de grasa subcutánea. Los jamones de los cerdos que heredan el alelo Gpat son más ricos en grasa subcutánea e intermuscular. Gardan *et al.* (2008) concluyeron que los animales con el alelo Apat tienen un menor EGD, lo que podría explicarse por el menor contenido de lípidos y la presencia de adipocitos más pequeños en el tejido adiposo subcutáneo y visceral.

En relación con el área del lomo, en nuestro ensayo se halló una diferencia en la profundidad del músculo *LD* a favor de las hembras ($p=0.0260$) y sugestiva para los cerdos Apat ($p=0.0929$) (ver tabla 1). Burgos *et al.* (2012) demostraron que los animales con el alelo Apat presentan cortes, como el lomo, con mayor masa muscular. Gardan *et al.* (2008) sugirieron que el mecanismo que explica el aumento del tejido magro es la hipertrofia postnatal del tejido muscular. Los animales que reciben el alelo Apat presentan mayor número de miofibrillas en el trapecio y en *LD* al momento de la faena. Esta evidencia fue confirmada en el estudio realizado por Stinckes *et al.* (2007). Van den Maagdenberg *et al.* (2007) sugirieron que la influencia del gen *IGF2* en la hipertrofia muscular se produce por dos vías diferentes: por un lado el crecimiento muscular por la actividad en las células satélites y, por otro lado, por la supresión de la degradación de proteínas vía *CAST*. La actividad de *CAST* es mayor y la relación *mCALP:CAST* es menor en los animales Apat con mayor masa muscular debido a las diferencias en la actividad de enzimas proteolíticas que están involucradas en el efecto de la sustitución de *IGF2* en la hipertrofia muscular. Esto indicaría un incremento del tejido magro por dos vías: la disminución de la grasa corporal y el aumento de la masa muscular.

En los caracteres de calidad de carne, se hallaron diferencias entre medias para color de músculo (Cie L) y los genotipos de *IGF2* y sexos. Van den Maagdenberg *et al.* (2008) encontraron un color más pálido en el *LD* y *Triceps brachii* (*TB*) en los animales de genotipo Apat con respecto al Gpat. Estos autores también hallaron mayor pérdida por descongelado en los animales que heredan el alelo Apat. Para los caracteres fisicoquímicos del músculo, Burgos *et al.* (2012) solo encontraron valores de "L" ligeramente mayores en los animales con genotipo AA. Oczkowicz *et al.* (2012) no encontraron asociación entre genotipos y los caracteres pH 45, pHu y capacidad de retención de agua.

En el presente estudio los caracteres sensoriales no mostraron diferencias entre los dos genotipos para *IGF2*. Estos caracteres han sido escasamente analizados en los estudios realizados por otros grupos de trabajo. Nuestros resultados sugieren la utilidad de incluir al SNP 3072G>A del gen *IGF2* en los esquemas de selección de porcinos, en reemplazo del gen *RYS1* que ocasiona el síndrome de estrés porcino (SSP) y modifica en forma indeseable los caracteres de calidad de la carne originando carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE).

CONCLUSIÓN

De los resultados del presente trabajo se confirma que el SNP *IGF2* 3702 G>A analizado aumenta el contenido de tejido magro en las canales. No se hallaron evidencias de efectos sobre los caracteres físico-químicos y sensoriales de la calidad de la carne.

FINACIAMIENTO

PNCAR 013321 2009-2012, PNPA 1126033 2013-2019, UBACyT Código 20020110100018 Programación Científica 2012-2015.

BIBLIOGRAFÍA

- A.M.S.A 1991. Guidelines for meat color evaluation. American Meat Science Association.
- A.M.S.A 2015. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association.
- BURGOS, C.; GALVE, A.; MORENO, C.; ALTARRIBA, J.; REINA, R.; GARCIA, C.; LOPEZ-BUESA, P. 2012. The effects of two alleles of *IGF2* on fat content in pig carcasses and pork. *Meat Science* 90(2): 309-13.
- CIOBANU, D.; LONERGAN, S.; HUFF-LONERGAN, E. 2011. Genetics of Meat Quality and Carcass traits. En: ROTHSCCHILD, M.F.; RUVINSKY, A. (Eds.) *The Genetics of the Pig*. CAB International, Wallingford, Reino Unido, pp. 355-378.
- ESTELLÉ, J.; MERCADÉ, A.; NOGUERA, J.L.; PEREZ-ENCISO, M.; OVILO, C.; SANCHEZ, A.; FOLCH, J.M. 2005. Effect of the porcine *IGF2* intron3-G3072A substitution in an outbred Large White population and in Iberian x Landrace cross. *Journal of Animal Science* 83: 2723-2728.

- FASSA, V.B.; CARDEN, T.R.; SORIA, L.A.; GOENAGA, P.; MARRUBE, G.; LLOVERAS, M.R. 2013. Efecto del SNP G3702A del gen IGF2 sobre caracteres productivos y de la canal en cerdos de raza Landrace. XV Congreso Latinoamericano de Genética, Rosario, Argentina.
- FONTANESI, L.; SPERONI, C.; BUTTAZZONI, L.; SCOTTI, E.; DALLÒLIO, S.; NANNI COSTA, L.; DAVOLI, R.; RUSSO, V. 2010. The insulin-like growth factor 2 (IGF2) gene intron3-g.3072G>A polymorphism is not the only Sus Scrofa chromosome 2p mutation affecting meat production and carcass traits in pigs: Evidence from the effects of a cathepsin D (CTSD) gene polymorphism. *Journal of Animal Science* 88(7): 2235-2245.
- FONTANESI, L.; GALIMBERTI, G.; CALÒ, G.D.; FRONZA, R.; MARTELLI, P.L.; SCOTTI, E.; COLOMBO, M.; SCHIAVO, G.; CASADIO, R.; BUTTAZZONI, L.; RUSSO, V. 2012. Identification and association analysis of several hundred single nucleotide polymorphisms within candidate genes for backfat thickness in Italian Large White pigs using a selective genotyping approach. *Journal of Animal Science* 90 (8): 2450-2454.
- GARDAN, D.; GONDRET, F.; VAN DEN MAAGDENBERG, K.; BUYS, N.; DE SMET, S.; LOUVEAU, I. 2008. Lipid metabolism and cellular features of skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue in pigs differing in IGFII genotype. *Domestic Animal Endocrinology* 34: 45-53.
- GOENAGA, P.; LLOVERAS, M.R.; AMÉNDOLA, C. 2008. Prediction of lean meat content in pork carcasses using the Hennessy Grading Probe and the Fat-O-Meater in Argentina. *Meat Science* 79 (3): 611-613.
- HAMILL, R.M.; MCBRYAN, J.; MCGEE, C.; MULLEN, A.M.; TORRES SWEENEY, A.; TALBOT, M.T.; CAIRNS, G.C.; DAVEY, C. 2012. Functional analysis of muscle gene expression profiles associated with tenderness and intramuscular fat content in pork. *Meat Science* 92: 440-450.
- LONERGAN, S.M.; HUFF-LONERGAN, E.J.; ROWE, L.J.; KUHLLERS, D.L.; JUNGST, S.B. 2001. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality¹, 2. *American Society of Animal Science*. All rights reserved. *J. Anim. Sci.* 2001. 79:2075-2085.
- LLOVERAS, M.R.; GOENAGA, P.; IRURUETA, M.; CARDUZA, F.; GRIGIONI, G.; GARCÍA, P.; AMÉNDOLA, C. 2008. Meat quality traits of commercial hybrid pigs in Argentina. *Meat Science* 79 (3): 458-462.
- MARINI, S.J.; VANZETTI, L.S.; BORELLI, V.S.; VILLAREAL, A.O.; DENEGRI, G.D.; COTTURA, G.A.; PANICHELLI, D.; SILVA, P.; CAMPAGNA, D.; SPINER, N. BRUNORI, J.C.; FRANCO, R. 2012. Ryr1 gene variability and effect on meat pH in argentinean hybrids swines. *InVet*, 14: 19-23.
- NPPC (1995). Genetic evaluation. Terminal line program results. National Pork Producers Council, 311 pp.
- OCZKOWICZ, M.; TYRA, M.; WALINOWICZ, K.; ROZYCKI, M.; REJDUCH, B. 2009. Known mutation (A3072G) in intron 3 of the IGF2 gene is associated with growth and carcass composition in Polish pig breeds. *Journal of Applied Genetics* 50: 257-259.
- OCZKOWICZ, M.; TYRA, M.; ROPKA-MOLIK, K.; MUCHA, A.; ZUKOWSKI, K. 2012. Effect of IGF2 intron 3-g.3072G>A on intramuscular fat (IMF) content in pigs raised in Poland. *Livestock Science* 149: 301-304.
- OLLIVIER, L. 1998. The genetics of the pig. En: ROTHSCCHILD, M.F.; RUVINSKY, A. (Eds.) *The Genetics of the Pig*. CAB International, Wallingford, Reino Unido, pp. 511-540.
- SAS Software Versión 8 (2004). Cary, NC, EE. UU.: SAS Institute Inc.
- SCHWAB, C.R.; BAAS, T.J.; STALDER, K.J.; MABRY, J.W. 2006. Effect of long-term selection for increased leanness on meat and eating quality traits in Duroc swine. *J Anim Sci.* 84 (6):1577-83.
- STINCKENS, A.; VAN DEN MAAGDENBERG, K.; LUYTEN, T.; GEORGES, M.; DE SMET, S.; BUYS, N. 2007. The RYR1 g1843C>T mutation is associated with the effect of the IGF2 intron3-g.3072 G>A mutation on muscle hypertrophy. *Animal Genetics* 38: 67-71.
- VAN DEN MAAGDENBERG, K.; CLAEYS, E.; STINCKENS, A.; BUYS, N.; DE SMET, S. 2007. Effect of age, muscle type and insulin-like growth factor II genotype on muscle proteolytic and lipolytic enzymes activities in boars. *Journal of Animal Science* 85: 952-960.
- VAN DEN MAAGDENBERG, K.; STINCKENS, A.; CLAEYS, E.; BUYS, N.; DE SMET, S. 2008. Effect of the insulin-like growth factor II and RYR1 genotype in pigs on carcass and meat quality traits. *Meat Science* 80: 293-303.