

## Espesor y composición de ácidos grasos de la grasa dorsal en cerdos a campo restringidos en días alternos en dos épocas del año

Backfat thickness and fatty acid composition in pigs restricted in alternate days evaluated in two seasons in an outdoor system on pasture

Silva<sup>1</sup>, P.S., Campagna<sup>2</sup>, D.A., Maiztegui<sup>2</sup>, L., Somenzini<sup>2</sup>, D.,  
García<sup>3</sup>, P., Font<sup>1,4</sup>, M.T. y Di Masso<sup>1,4</sup>, R. J.

Instituto de Genética Experimental, Facultad de Ciencias Médicas.  
Facultad Ciencias Agrarias. INTA Castelar - CICV. CIC - UNR

### Resumen

El cerdo depone principalmente grasa subcutánea cuya calidad depende de su composición en ácidos grasos que, a su vez, está afectada por el sexo, el medio ambiente térmico y la alimentación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la restricción alimenticia cuantitativa y la época del año en que se la implementa sobre el espesor y el contenido de ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) de la grasa dorsal. Se utilizaron cerdos de base genética heterogénea pertenecientes al Módulo de Producción Porcina de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario mantenidos a campo, sobre pasturas. Machos castrados (M) y hembras sin servicio (H), con un peso inicial (promedio  $\pm$  desvío estándar) de  $70 \pm 1,39$  kg, se distribuyeron aleatoriamente en dos tratamientos: ad libitum (A) (n= 42) y restringidos (R) (n= 39), en cada época del año: invierno (I) y verano (V). La restricción (25%) se calculó sobre el consumo voluntario promedio ( $3,1 \pm 0,320$  kg/día) registrado al inicio del ensayo. El alimento se suministró en días alternos. A la faena ( $105 \pm 2,87$  kg) se extrajo a nivel de la 5ª vértebra lumbar de cada animal un trozo de tocino de 20 g de peso, se midió (mm) su espesor total (ET) y se efectuó el análisis de los metilésteres por cromatografía. Los datos se analizaron con un análisis de la variancia correspondiente a un experimento factorial 2x2. En (I) se observó una interacción nivel nutricional x sexo significativa ( $p=0,013$ ) sobre ET debido a que dicha variable tendió a disminuir en los machos (A:  $21,5 \pm 1,17$ , R:  $19,2 \pm 0,96$ ) y a aumentar en las hembras (A:  $17,7 \pm 0,79$ , R:  $21,4 \pm 1,51$ ), con la restricción. Este comportamiento no fue evidente ( $p=0,873$ ) en (V). En (I), los machos restringidos presentaron menor deposición ( $p=0,05$ ) de AGS (A:  $39,5 \pm 0,75$ , R:  $37,7 \pm 0,49$ ) y mayor de AGI (A:  $57,3 \pm 0,55$ , R:  $58,2 \pm 1,02$ ) en la capa externa (CE) de tocino sin que se observaran diferencias en la capa interna (CI). Las hembras restringidas aumentaron el tenor de AGS [CE: I (A:  $38,0 \pm 0,78$ , R:  $42,0 \pm 0,78$ ); V (A:  $41,8 \pm 0,67$ , R:  $44,4 \pm 0,73$ ); CI: I (A:  $42,2 \pm 0,53$ , R:  $44,7 \pm 0,49$ ); V (A:  $44,2 \pm 0,94$ , R:  $46,7 \pm 0,89$ )] y disminuyeron el de

Recibido: diciembre de 2005

Aceptado: diciembre de 2006

1. Instituto de Genética Experimental, Facultad de Ciencias Médicas. Santa Fe 3100 (2000) Rosario.

2. Cátedra Sistemas de Producción Animal, Facultad Ciencias Agrarias, (2123) Zavalla, Santa Fe.

3. INTA Castelar (CICV)

4. CIC-UNR.

AGI [CE: I (A:  $58,2 \pm 1,02$ , R:  $54,6 \pm 0,65$ ); V (A:  $53,6 \pm 0,78$ , R:  $50,7 \pm 0,90$ ); CI: I (A:  $53,9 \pm 0,6$ , R:  $51,5 \pm 0,63$ ); V (A:  $51,3 \pm 0,60$ , R:  $48,9 \pm 1,01$ )] ( $p < 0,05$ ) tanto en la CE como en la CI, en ambas estaciones. El contenido de AGS fue menor ( $p < 0,05$ ) en invierno, independientemente del sexo, la capa y el nivel nutricional, debido a que con bajas temperaturas los animales sintetizan ácidos grasos con un alto grado de insaturación. La tendencia en las hembras a aumentar el ET con la restricción invernal representaría una respuesta adaptativa que prioriza cierto nivel de reservas corporales en una edad próxima a la pubertad como un reaseguro frente a una eventual demanda reproductiva. Dicha respuesta tendría lugar a partir de un determinado umbral de restricción que, pese a que el nivel teórico del 25% fue el mismo en las dos épocas, se alcanzaría sólo en invierno porque las bajas temperaturas aumentan los requerimientos energéticos para la termorregulación (mayor restricción real) mientras que en verano, las altas temperaturas deprimen el consumo (menor restricción real). El efecto de la restricción sobre el porcentaje de AGS y AGI sería independiente de la tendencia observada en la respuesta en ET pero dependería del sexo dado que en las hembras aumentó la contribución de AGS en ambas capas y en las dos estaciones, mientras que en los machos disminuyó el aporte de AGS sólo en la CE.

Palabras clave: restricción alimenticia, crecimiento, composición corporal, sistemas al aire libre, cerdos.

## Summary

Subcutaneous adipose tissue represents the mainly fat depot in pigs. Edible fat quality depends on fatty acid composition which, in turn, is affected by sex, climatic environment and feeding among other factors. In order to evaluate the effect of a quantitative restriction program jointly with a possible season influence on backfat thickness and composition (saturated and unsaturated fatty acids content) 56 barrows and 27 gilts from a broad genetical background population reared at the Módulo de Producción Porcina, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, with an initial body weight (mean  $\pm$  SD) of  $70 \pm 1.39$  kg were randomly assigned to two feeding regimens ad libitum (A) ( $n=42$ ) and restricted (R) ( $n=39$ ), each one evaluated in two seasons: winter (W) and summer (S). The level of restriction imposed (25%) was calculated on the basis of the voluntary feed intake registered at the beginning of the trial. Food was offered on alternate days. At slaughter (average body weight:  $105 \pm 2,87$  kg) backfat thickness was measured on a 20 g fat sample dissected from the subcutaneous depot at the fifth lumbar vertebra level. Fatty acids methylesters were analyzed by chromatography. Data were analyzed, within season, as a 2 x 2 factorial design with nutritional level (N) and sex (S) as factors. A significant N x S interaction on total backfat thickness ( $p=0,013$ ) was evident in winter as this trait tended to diminish in males (A:  $21.5 \pm 1.17$ ; R:  $19.2 \pm 0.96$ ) and to increase in females (A:  $17.7 \pm 0.79$ ; R:  $21.4 \pm 1.51$ ) as a consequence of restriction. This behavior was not evident ( $p=0.873$ ) in summer. In winter, restricted males showed lower deposition ( $p=0.05$ ) of saturated fatty acids (A:  $39.5 \pm 0.75$ ; R:  $37.7 \pm 0.49$ ) and higher deposition of unsaturated fatty acids (A:  $57.3 \pm 0.55$ ; R:  $58.2 \pm 1.02$ ) in the external layer (EL) than ad libitum fed pigs but not in the internal one (IL). Restricted females increased the saturated fatty acid content [EL: W (A:  $38.0 \pm 0.78$ , R:  $42.0 \pm 0.78$ ); S (A:  $41.8 \pm 0.67$ , R:  $44.4 \pm 0.73$ ); IL: W (A:  $42.2 \pm 0.53$ , R:  $44.7 \pm 0.49$ ); S (A:  $44.2 \pm 0.94$ , R:  $46.7 \pm 0.89$ )] and

decreased the unsaturated fatty acid content [EL: W (A:  $58.2 \pm 1.02$ , R:  $54.6 \pm 0.65$ ); S (A:  $53.6 \pm 0.78$ , R:  $50.7 \pm 0.90$ ); IL: W (A:  $53.9 \pm 0.6$ , R:  $51.5 \pm 0.63$ ); S (A:  $51.3 \pm 0.60$ , R:  $48.9 \pm 1.01$ )] ( $p < 0.05$ ) in both layers and in both seasons. Saturated fatty acids content was lower ( $p < 0.05$ ) in winter than in summer because pigs synthesized fatty acids with a high level of insaturation with low environmental temperatures. The trend observed in winter restricted females to increase backfat thickness could be interpreted as an adaptive response seeking after a certain level of body fat deposition near puberty as a reinsurance for an eventual reproductive demand. This response would be switched on after reaching a certain threshold value. Although the same theoretical level of restriction (25%) was applied in both seasons, this threshold value would be achieved only in wintertime when low temperatures increase energy requirements (high real restriction) while in summer true restriction was lowered by high environmental temperatures that depress voluntary feed intake. The effect of restricted feeding on saturated and unsaturated fatty acids content would be independent from the response observed on backfat thickness but sex-dependent because females increased the relative proportion of saturated fatty acids in both layers and in both seasons meanwhile in males this proportion decreased only in the external layer.

**Key words:** food restriction, growth, body composition, outdoor systems, pig.

---

## Introducción

En el cerdo, al igual que en otras especies, la alimentación constituye uno de los factores que más afecta la calidad del producto final. La dieta ofrecida a los animales representa un recurso que puede ser manejado por el productor para mejorar la calidad de la carne en el sentido que, si bien la proporción de tejido magro en la canal depende en parte del genotipo del animal, también puede ser modificada mediante la manipulación de la cantidad y/o la composición del alimento. De hecho, la principal aplicación práctica de la manipulación cuantitativa de la dieta consiste en modificar la proporción de grasa en la canal. Henry (1993), Bellaver (1995) y Roppa (1997) observaron que, en aquellas situaciones en las que la restricción alimenticia se implementa para mejorar el contenido de magro de la canal, esta práctica se traduce en una optimización de la tasa de crecimiento, el contenido de músculo en la carcasa y la conversión alimenticia al disminuir la deposición de grasa.

El cerdo es un animal que depone principalmente grasa subcutánea cuya calidad depende de su composición en ácidos grasos, y ésta está estrechamente relacionada

con la composición de la dieta (Cobos et al., 1994; Girard et al., 1988; Lebret y Mourot, 1998; Lebret et al., 1999). Este hecho adquiere relevancia debido a que la reducción de los ácidos grasos saturados y el aumento de los insaturados en la carne para consumo representa uno de los mayores desafíos actuales para la salud humana (Patience y Beaulieu, 2003; García, 2004; Valsta et al., 2005).

La calidad nutricional del tejido adiposo así como sus propiedades organolépticas y de conservación, también están relacionadas con la composición porcentual de ácidos grasos (Lizardo et al., 2002). Esta composición de ácidos grasos, por su parte, está fuertemente influenciada por factores relacionados directamente con el animal tales como el genotipo, el sexo, la edad, el peso vivo y el grado de engrasamiento (Girard et al., 1988; Lebret y Mourot, 1998). Los ácidos grasos a su vez, se distribuyen de manera diferencial en la grasa subcutánea predominando los insaturados en la capa externa y los saturados en la capa interna (Villegas et al., 1973).

El objetivo de este trabajo fue evaluar en cerdos de ambos sexos, criados a campo sobre pasturas, los efectos directos de la

restricción alimenticia cuantitativa (25% del consumo ad libitum) suministrada en días alternos en dos épocas del año (invierno - verano), así como el efecto de la interacción nivel nutricional x sexo en cada época, sobre el espesor y el contenido de ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) en la grasa dorsal como un todo y en cada una de las dos capas constituyentes.

### Materiales y Métodos

Se utilizaron cerdos de base genética heterogénea pertenecientes al Módulo de Producción Porcina de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Rosario), ubicado en la localidad de Zavalla, provincia de Santa Fe. Los animales (54 machos castrados y 27 hembras sin servicio), con un peso inicial (promedio  $\pm$  desvío estándar) de  $70 \pm 1,39$  kg y una edad de  $135 \pm 3,19$  días, se distribuyeron al azar, dentro de sexo, en dos tratamientos: ad libitum ( $n= 42$ ) y con 25% de restricción ( $n= 39$ ), en dos épocas del año: invierno y verano. La permanencia de los animales en el ensayo fue de  $56 \pm 12,2$  días. Los animales en restricción recibieron el 25% del consumo diario promedio ( $3,1 \pm 0,320$  kg/día) registrado al inicio del ensayo en los animales ad libitum. Esta cantidad se mantuvo fija durante todo el ensayo. La ración ofrecida consistió en un alimento balanceado comercial, en forma de harina, con un aporte nutricional de 3,4 Mcal/kg de energía digestible, 14,4% de proteína bruta, 0,61% de lisina, 0,12% de triptofano, 0,52% de metionina+cistina, 0,54% de treonina, 0,94% de calcio y 0,60 de fósforo. La misma se suministró en días alternos (lunes, miércoles y viernes). Como complemento de la alimentación los animales de cada tratamiento se ubicaron en lotes de 0,5 ha con pastura implantada compuesta por: alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y

achicoria (*Cichorium intybus*). Los animales se sacrificaron cuando alcanzaron el peso objetivo promedio de 105 kg ( $105 \pm 2,87$  kg).

A la faena, se extrajo de cada animal un trozo de tocino de aproximadamente 20 g de peso a nivel de la 5ª vértebra lumbar, se delimitaron las capas externa e interna en forma visual y se midió con calibre micrométrico (mm) el espesor total (ET) y el de las capas externa (CE) e interna (CI). Las muestras se picaron en forma individual y se llevaron a estufa a 100 °C hasta fundición. A las alícuotas de cada muestra fundida, de aproximadamente 100 mg, se les adicionaron 2,5 ml de metanol + 1% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y se colocaron en estufa a  $\pm 90$  °C hasta que se completó la transmetilación. A continuación los tubos se dejaron enfriar y a cada uno se le agregó 2 ml de agua destilada y 3 ml de éter de petróleo 30-40 °C de P.I. Los tubos se agitaron y se dejaron reposar hasta la formación de dos fases. La fase superior se extrajo con pipeta, se colocó en otro tubo y se evaporó con N<sub>2</sub>. Sobre la muestra concentrada se efectuó el análisis de los correspondientes metilésteres en un cromatógrafo CHROMPACK CP 9000 provisto de una columna de CP Sil 88.

Los datos se analizaron, dentro de cada época del año, con un análisis de la variancia correspondiente a un experimento factorial 2x2 (dos niveles nutricionales x dos sexos).

### Resultados y Discusión

El Cuadro 1 muestra los valores del espesor de grasa dorsal total y el porcentaje correspondiente a las capas externa e interna, en invierno. Si bien no se constataron efectos estadísticamente significativos del nivel nutricional ni del sexo sobre el valor promedio del espesor total de grasa dorsal y el porcentaje de las capas externa e interna, se observó una interacción significativa ( $p=0,013$ ) entre ambos sobre la primera de

estas variables debido a que, como respuesta a la restricción impuesta en el consumo de alimento, el espesor de grasa dorsal tendió a disminuir en los machos y a aumentar en las hembras. Este comportamiento no fue evidente ( $p=0,873$ ) en el verano (Cuadro 2) estación en la que no se observaron efectos significativos del nivel nutricional ni del sexo sobre las variables mencionadas ni interacción entre ambos. Los resultados observados ante la restricción invernal en los machos concuerdan con las observaciones de Grandhi y Strain (1980) y de Carden et al. (1997) en el sentido que la restricción en el consumo de alimento reduce el espesor de grasa dorsal y mejora la calidad de la canal. El aumento del espesor de grasa dorsal observado en el caso de las hembras restringidas en invierno es un resultado no esperado que podría atribuirse, en cierta medida, a una incapacidad de las mismas de cubrir sus mayores requerimien-

tos de aminoácidos esenciales al tener limitado el consumo y no haberse modificado la composición de la ración. Las hembras consumen menos ración y, por eso, necesitan que la misma contenga una mayor proporción de aminoácidos, particularmente lisina. Se ha constatado (Black, 1988) que los animales alimentados con dietas deficientes en aminoácidos deponen grasa con mayor tasa que los que reciben una dieta equilibrada y son, en consecuencia, menos magros cuando se los compara a cualquier peso vivo. A este respecto, Roppa (1997) indica que los machos castrados presentan mayor aumento medio diario de peso con raciones con 0,75% de lisina, en tanto que las hembras responden más si el nivel de este aminoácido es del 0,9%. La diferencia en el comportamiento de los patrones de deposición tisular de los animales de uno y otro sexo también podría explicarse en relación con aspectos reproductivos.

Cuadro 1: Espesor de grasa dorsal total a la faena en cerdos machos castrados (M) y hembras sin servicio (H) restringidos y en sus testigos ad libitum en invierno  
 Table 1: Backfat thickness at slaughter in restricted barrows (M) and gilts (H) and in their ad libitum controls, in winter.

NN	Invierno				Efectos <sup>1</sup>		
	ad libitum		restringidos 25%		NN	Sexo	NNxS
Sexo	M n = 14	H n = 6	M n = 13	H n = 5			
Espesor total (mm)	21,5 ± 1,17	17,7 ± 0,79	19,2 ± 0,96	21,4 ± 1,51	0,394 (0,533)	0,471 (0,496)	6,666 (0,013)
Capa externa (%)	43,8 ± 1,81	45,9 ± 2,04	44,4 ± 1,43	44,5 ± 1,43	0,037 (0,848)	0,385 (0,538)	0,289 (0,593)
Capa interna (%)	56,3 ± 1,81	54,1 ± 2,04	55,6 ± 1,43	55,6 ± 1,94	0,037 (0,848)	0,385 (0,538)	0,289 (0,593)

Todos los valores corresponden al promedio ± error estándar

<sup>1</sup> Valor del estadístico F y probabilidad asociada

Cuadro 2: Espesor de grasa dorsal total a la faena en cerdos machos castrados (M) y hembras sin servicio (H) restringidos y en sus testigos ad libitum, en verano.

Table 2: Backfat thickness at slaughter in restricted barrows (M) and gilts (H) and in their ad libitum controls, in summer.

NN	Verano				Efectos		
	ad libitum		restringidos 25%		NN	Sexo	NNxS
	M n = 14	H n = 8	M n = 13	H n = 8			
Espesor total (mm)	19,86 ± 1,12	19,78 ± 1,06	19,86 ± 1,31	19,38 ± 1,02	0,026 (0,824)	0,050 (0,824)	0,026 (0,873)
Capa externa (%)	40,1 ± 1,28	43,2 ± 1,75	41,7 ± 1,89	43,4 ± 1,43	0,311 (0,580)	1,959 (0,169)	0,151 (0,700)
Capa interna (%)	59,9 ± 1,28	56,9 ± 1,75	58,3 ± 1,89	56,6 ± 1,43	0,311 (0,580)	1,959 (0,169)	0,151 (0,700)

Todos los valores corresponden al promedio ± error estándar

<sup>1</sup> Valor del estadístico F y probabilidad asociada

La regulación de la ingestión de alimento y de la actividad reproductiva debida a la cantidad de tejido adiposo que tiene un animal ha sido estudiada en diferentes especies de mamíferos (Chemineau et al., 1998). La movilización del tejido adiposo en los animales de engorde en momentos específicos de su ciclo de producción, o cuando los recursos alimenticios son escasos, así como su aptitud para regular su actividad reproductiva bajo la influencia de estos factores, resulta trascendente en cualquier sistema de producción animal. El animal, en ciertos momentos, forma sus reservas corporales y en otros momentos las utiliza. La teoría que señala que el tejido adiposo sintetiza una hormona que regula la ingestión y la reproducción -teoría del "lipostato" o del estado de reservas- no es nueva, pero la prueba de su existencia es reciente (Zhang et al., 1994). La leptina, es una proteína secretada por el adipocito que ha cobrado gran interés por su rol en la regulación de la deposición de grasa, en el consumo de alimento, en la fertilidad, y en relación con funciones inmunes en roedores, humanos y animales domésticos (Hossner,

1998; Mantzoros, 1999; Barb y Kraeling, 2004; Chen et al., 2004). A este respecto, se observó (Mackowiak et al., 2004) que cerdos con bajos niveles séricos de leptina presentaban una mayor deposición de grasa subcutánea. Asimismo, se ha observado en humanos (Solari, 2004) que la respuesta del organismo a un aumento de leptina circulante más allá de un umbral de equilibrio es muy escasa. En cambio, la respuesta a una declinación del nivel de leptina es muy marcada lo que se debería a la existencia de una asociación atávica con épocas de hambruna o escasez de alimento, lo que habría determinado la fijación evolutiva de una respuesta mucho más enérgica ante situaciones de hambre que ante la saciedad, propuesta que sería extrapolable a otras especies.

Con respecto a la respuesta diferencial observada en machos y en hembras, Trumper et al. (1989) y Di Masso et al (1992) estudiaron el patrón de deposición de grasa en función de la edad con el modelo alométrico de Huxley en ratones seleccionados por conformación corporal y observaron que dicho patrón se encontraba influenciado por el sexo. En el ratón, la pubertad en los ma-

chos es un fenómeno dependiente de la edad mientras que en las hembras el proceso es peso-dependiente, y está relacionado con un contenido mínimo de grasa corporal. En las hembras con restricción invernal, a diferencia de los machos, el aumento de la deposición de grasa, se debería a que para poder acceder a la etapa reproductiva las cachorras necesitan alcanzar no sólo una edad apropiada superior a los 220 días y un peso adecuado de más de 120 kg sino también un nivel de engrasamiento algo superior al 14% del peso corporal (Whittemore, 1996). Una disminución en el aporte energético a las hembras en un momento cercano a la pubertad, evento que en el caso del cerdo tiene lugar aproximadamente a los 190 días de edad (Whittemore, 1996), serviría de señal para que las mismas destinen una proporción mayor de la energía metabolizable disponible a la deposición de grasa como reserva para hacer frente a un potencial requerimiento reproductivo, respuesta observada en ratas (Di Masso et al., 1984).

Otro aspecto a tener en cuenta al analizar el efecto de la restricción de alimento sobre los caracteres de composición corporal es la frecuencia de alimentación. Cohn y Joseph (1960) observaron que las ratas alimentadas dos veces al día mostraban similar tasa de aumento de peso que las mantenidas con libre acceso al alimento pero deponían más grasa corporal. Estos resultados se reiteran en los estudios de Leveille (1970) que muestran que la frecuencia de alimentación afecta la relación entre la grasa y la proteína depositadas. Los animales que comían una sola vez al día, consumían menos alimento y depositaban más grasa que los alimentados con acceso permanente, respuesta atribuible a una adaptación metabólica del animal a la alimentación. Estos animales, al acostum-

brarse a ingerir el alimento en un tiempo corto, se adaptarían metabólicamente para almacenar nutrientes en forma eficiente y rápida. El resultado final es una mayor capacidad anabólica y una partición de la energía dirigida hacia mayor retención de grasa. Estas observaciones coincidirían con los resultados observados en el presente trabajo en las hembras con restricción invernal. Además de este efecto sobre la cantidad de grasa también se observó una respuesta diferencial a nivel cualitativo. Al analizar cualitativamente la capa externa de tocino se observa que, en invierno, el nivel nutricional no afectó el tipo de ácido graso depuesto (Cuadro 3). Con respecto al efecto del sexo los machos presentaron menor proporción de ácidos grasos saturados y mayor de ácidos grasos insaturados ( $p=0,06$ ) con respecto a las hembras. El cambio de nivel nutricional afectó de manera diferente a los animales de uno y otro sexo. Ello se tradujo en interacciones significativas entre ambos efectos principales. Los machos restringidos presentaron menor deposición ( $p=0,001$ ) de ácidos grasos saturados y mayor de ácidos grasos insaturados ( $p=0,004$ ). Tales diferencias se hacen menos evidentes al analizar la capa interna (Cuadro 4). En este caso, la restricción tendió a modificar el contenido porcentual de ácidos grasos tanto saturados como insaturados mientras que el sexo no afectó significativamente a las variables estudiadas. Se observó una interacción significativa entre el nivel nutricional y el sexo. Las hembras restringidas aumentaron el tenor de ácidos grasos saturados ( $p=0,056$ ) y disminuyeron el de ácidos grasos insaturados ( $p=0,068$ ). Al analizar estas respuestas ante una restricción estival no se observaron efectos significativos del nivel nutricional ni del sexo sobre la proporción de áci-

Cuadro 3: Ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) en la capa externa del tocino en cerdos machos castrados (M) y hembras sin servicio (H) restringidos y sus testigos ad libitum en invierno  
 Table 3: Saturated (AGS) and insaturated (AGI) fatty acids in the external backfat layer in restricted barrows (M) and gilts (H) and in their ad libitum controls, in winter

Estación		Invierno					
NN	ad libitum		restringidos 25%		Efectos		
Sexo	M	H	M	H	NN	Sexo	NNxS
AGS	39,5 ± 0,75	38,0 ± 0,78	37,7 ± 0,49	42,0 ± 0,78	1,997 (0,165)	3,570 (0,066)	13,996 (0,001)
AGI	57,3 ± 0,55	58,2 ± 1,02	58,5 ± 0,52	54,6 ± 0,65	2,443 (0,126)	3,593 (0,065)	9,188 (0,004)

Todos los valores corresponden al promedio ± error estándar

<sup>1</sup> Valor del estadístico F y probabilidad asociada

Cuadro 4: Ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) en la capa interna del tocino en cerdos machos castrados (M) y hembras sin servicio (H) restringidos y sus testigos ad libitum en invierno  
 Table 4: Saturated (AGS) and insaturated (AGI) fatty acids in the internal backfat layer in restricted barrows (M) and gilts (H) and in their ad libitum controls, in winter.

Estación		Invierno					
NN	ad libitum		restringidos 25%		Efectos		
Sexo	M	H	M	H	NN	Sexo	NNxS
AGS	43,9 ± 0,75	42,2 ± 0,53	43,7 ± 0,66	44,7 ± 0,49	3,062 (0,087)	0,297 (0,588)	3,866 (0,056)
AGI	51,7 ± 0,74	53,9 ± 0,60	51,8 ± 0,57	51,5 ± 0,63	2,856 (0,098)	1,837 (0,182)	3,501 (0,068)

Todos los valores corresponden al promedio ± error estándar

<sup>1</sup> Valor del estadístico F y probabilidad asociada

dos grasos saturados ni insaturados en la capa externa (Cuadro 5), pero sí una interacción significativa nivel nutricional x sexo (AGS:  $p=0,039$ ; AGI:  $p=0,075$ ). Ante el cambio de ambiente nutricional (ad libitum a restringido) las hembras aumentaron el contenido de ácidos grasos saturados mientras que los machos lo disminuyeron. Este comportamiento se invierte en el caso de los ácidos grasos insaturados. En consecuencia, en el ambiente nutricional restringido el porcentaje de ácidos grasos saturados fue menor en los machos que en las hembras, mientras que el de ácidos grasos insaturados fue mayor en los machos que en las

hembras. En la capa interna (Cuadro 6) el nivel nutricional afectó la deposición de los ácidos grasos saturados sin que se observaran diferencias significativas entre sexos ni interacción entre el nivel nutricional y el sexo en las demás variables.

Con respecto al efecto de la estación del año, y en relación con los requerimientos de termorregulación, se ha descrito (Close et al., 1978) que ante una exposición al frío la deposición de grasa está, en términos cuantitativos, más afectada que la deposición de proteína, hecho que podría

Cuadro 5: Ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) en la capa externa del tocino en cerdos machos castrados (M) y hembras sin servicio (H) restringidos y sus testigos ad libitum en verano  
 Table 5: Saturated (AGS) and insaturated (AGI) fatty acids in the external backfat layer in restricted barrows (M) and gilts (H) and in their ad libitum controls, in summer.

Estación	Verano						Efectos	
	ad libitum		restringidos 25%		NN	Sexo	NNxS	
Sexo	M	H	M	H				
AGS	43,4 ± 0,56	41,8 ± 0,67	42,6 ± 0,83	44,4 ± 0,73	1,328 (0,256)	0,016 (0,901)	4,566 (0,039)	
AGI	52,3 ± 0,80	53,6 ± 0,78	52,7 ± 0,95	50,7 ± 0,90	1,835 (0,183)	0,121 (0,730)	3,349 (0,075)	

Todos los valores corresponden al promedio ± error estándar

<sup>1</sup> Valor del estadístico F y probabilidad asociada

Cuadro 6: Ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) en la capa interna del tocino en cerdos machos castrados (M) y hembras sin servicio (H) restringidos y sus testigos ad libitum en verano  
 Table 6: Saturated (AGS) and insaturated (AGI) fatty acids in the internal backfat layer in restricted barrows (M) and gilts (H) and in their ad libitum controls, in summer.

Estación	Verano						Efectos	
	ad libitum		restringidos 25%		NN	Sexo	NNxS	
Sexo	M	H	M	H				
AGS	46,2 ± 0,79	44,2 ± 0,94	47,2 ± 0,83	46,7 ± 0,89	3,831 (0,057)	2,048 (0,160)	0,673 (0,417)	
AGI	48,7 ± 1,01	51,3 ± 0,60	49,0 ± 0,94	48,9 ± 1,01	1,132 (0,294)	1,592 (0,215)	1,632 (0,209)	

Todos los valores corresponden al promedio ± error estándar

<sup>1</sup> Valor del estadístico F y probabilidad asociada

traducirse en carcasas más magras. Enfält et al. (1997) comprobaron que los cerdos criados en invierno al aire libre fueron más magros que aquellos criados en confinamiento. Por su parte, Sather et al. (1997) observaron que los animales criados al aire libre durante los meses de invierno presentaron menor ganancia diaria de peso y requirieron un 13,5% más de ración que los criados en confinamiento.

Los resultados de este trabajo muestran también un efecto cualitativo dado que el contenido de ácidos grasos saturados fue menor ( $p < 0,05$ ) en invierno, independiente-

mente del sexo, la capa y el nivel nutricional. Ello se explica porque, con bajas temperaturas, los animales sintetizan ácidos grasos con un alto grado de insaturación (Fuller et al., 1974) respuesta relacionada con el punto de fusión y las características físicas de la grasa dentro de la canal.

### Conclusiones

Si bien no se observó un efecto directo de la restricción en ninguna de las estaciones estudiadas, la tendencia en las hembras

a aumentar el espesor de grasa dorsal con la restricción invernal (interacción nivel nutricional x sexo significativa) representaría una respuesta adaptativa que prioriza el disponer de cierto nivel de reservas corporales en una edad próxima a la pubertad como un reaseguro frente a una eventual demanda reproductiva. Dicha respuesta sólo se observa en invierno porque tendría lugar a partir de un determinado umbral de restricción y, pese a que el nivel teórico del 25% fue el mismo en las dos épocas, el umbral mencionado se alcanzaría sólo en invierno estación en la cual las bajas temperaturas aumentan los requerimientos energéticos para la termorregulación (mayor restricción real) y no así en verano, momento en el que las altas temperaturas deprimen el consumo (menor restricción real). El efecto cualitativo de la restricción definido en términos del porcentaje de ácidos grasos saturados e insaturados sería independiente de la tendencia observada en la respuesta cuantitativa en el espesor de grasa dorsal total pero dependería del sexo dado que en las hembras aumentó la contribución de ácidos saturados en ambas capas y en las dos estaciones, mientras que en los machos disminuyó el aporte de ácidos saturados, respuesta observada sólo en la capa externa. Esta respuesta cualitativa adquiere relevancia debido a que la reducción de los ácidos grasos saturados y el aumento de los insaturados en la carne para consumo representa uno de los mayores desafíos actuales para la salud humana.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la firma Paladini S.A. (Pcia. Santa Fe, Argentina) por permitirnos efectuar las determinaciones en la canal de los animales estudiados; a los señores Carlos Bonthuis y Enrique Berni del Módulo de Producción Porcina por su buena predisposición y dedicación en el cuidado y manejo de los animales, y a los alumnos

de la carrera de Ingeniería Agronómica que contribuyeron en la recolección de los datos experimentales.

### Bibliografía

- Barb, C. and Kraeling, R. 2004. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83 (Special Issue SI): 155-167.
- Bellaver, C. 1995. Qualidade da carcaça relacionada a restrição alimentar. In: Simposio Latino Americano de Nutrição de Suínos. Campinas, 21-27.
- Black, J. L. 1988. Animal growth and its regulation. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 3): 1-22
- Carden, A., Cutiño, P., Goenaga, P., Jacoud, E. y Lloveras, M. 1997. Efectos del consumo restringido de alimento entre 64 y 107 kg de peso vivo sobre el crecimiento, la conversión alimenticia y el contenido de magro en cerdos. *Memorias de VII ALVEC*. Río Cuarto.
- Close, W., Mount, L. and Brown, D. 1978. The effects of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. *Br. J. Nutr.* 40: 423-431.
- Cobos, A., de la Hoz, M.I., Cambero, M.I. y Ordóñez, J.A. 1994. Revisión: Influencia de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* 34 (1): 35-51.
- Cohn, C. and Joseph, D. 1960. Role of rate of ingestion of diet on regulation of intermediary metabolism ("Meal Eating" versus "Nibbling"). *Metabolism*, 9, 492-500.
- Chemineau, P., Zarazaga, L., Caraty, A., Brunneau, G. y Monget, P. 1998. Subnutrition, reproducción y sistema nervioso central. Función de la leptina. Conferencia 22º Congreso Argentino de Producción Animal. Río Cuarto.
- Chen, C., Chang, T. and Su, H. 2004. Genetic polymorphisms in porcine leptin gene and their association with reproduction and production traits. *Australian J. Agr. Res.* 55 (6): 699-704.
- Di Masso, R.J., Rucci, A.N y Font, M.T. 1984. Efecto del cambio de nivel nutricional a la pubertad sobre la alometría de los componentes corporales con valor calórico en la rata. *Actas de la IV Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario*.

- Di Masso, R.J., Silva, P.S. and Font, M.T. 1992. The effect of sex on the pattern of fat deposition in mice selected for body conformation: Agonistic selection. *Brazil J. Genetics* 15: 65-72.
- Enfält, A., Lundstrom, K., Hansson, L., Lundheim, N. and Nystrom, P. 1997. Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Science*, 45: 1-15.
- Fuller, M., Duncan, W. and Boyne, A. 1974. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25, 205-210 en Lawrence, T.L.J. y Fowler, V. R. (1998) *Growth of farm animals*. Ed. CAB INTERNATIONAL
- García, P. 2004. Aspectos nutricionales de la carne porcina. Curso de Producción de carne porcina y alimentación humana. *Fanus*.
- Girard, J., Bout, J. and Salort, D. 1988. Lipides et qualités des tissus adipeux et musculaires de porc, facteurs de variation. I. Lipides et qualités des tissus adipeux, facteurs de variation. II. Lipides et qualités des tissus musculaires, facteurs de variation. *J. Rech. Porcine* 20, 255-278.
- Grandhi, R.M. and Strain, J.H. 1980. Evaluation of two methods of feed restriction for growing-finishing hogs. *Can. J. Anim. Sci.* 60: 149-158.
- Henry, Y. 1993. Recent developments in pig production systems: effects on carcass and meat quality. *Pig News and Information*. v. 14 (4) 149N-156N.
- Hossner, K. 1998. Cellular, molecular and physiological aspects of leptin: potencial application in animal production. *Can. J. Anim. Sci.* 78: 463-472.
- Lebret, B. and Mourot, J. 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *INRA. Prod. Anim.* 11, 131- 143.
- Lebret, B., Lefaucheur, L. and Mourot, J. 1999. Caractéristiques et qualité des tissus musculaires chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *INRA. Prod. Anim.* 12: 11-28.
- Leveille, G.A. 1970. Adipose tissue metabolism: influence of periodicity of eating and diet composition. *Fed. Proc.* 29: 1294. Ed. Butterworths, London - Boston.
- Lizardo, R., van Milgen, J., Mourot, J., Noblet, J. and Bonneau, M. 2002. A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finishing pig. *Livestock Prod. Sci.*, 75, 167-182.
- Mackowiak, P., Nowak, K., Kaczmarek, P., Szdrowski, M., Kamyczek, M., Eckert, R., Rozycki, M. and Switonski, M. 2004. Leptin concentration in blood and its hypothalamic binding are poorly related with amount of fat and growth rate in pigs. *J. Anim. & Feed Sci.* 13 (1): 153-162.
- Mantzoros, C. 1999. The role of leptin in human obesity and disease: a review of current evidence. *Ann. Intern. Med.* 130: 671- 680.
- Patience, J. and Beaulieu, A. 2003. Nutritional aspects of physiology, stress and pork quality. *Proc. of the 4th Amer. Meat Sci. Assoc. Pork Quality Symposium (15-21)*. Columbia, Missouri.
- Roppa, L. 1997. Manejo y alimentación del ganado porcino en crecimiento y engorde. *Actas del Congreso VII ALVEC, Río Cuarto, Argentina*.
- Sather, A., Jones, S., Schaefer, A., Colyn, J. and Robertson, W. 1997. Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 77: 225-232.
- Solari, J. 2004. *Genética humana, Fundamentos y aplicaciones en medicina*, 3ª Edición, Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, pp: 484.
- Trumper, L., Di Masso, R.J., Abadala, S. and Font, M.T. 1989. The effect of sex on the pattern of fat deposition in mice selected for body conformation. *Brazil J. Genetics* 12: 535-542.
- Valsta, L., Tapanainen, H. and Männistö, S. 2005. Meat fats in nutrition. *Meat Sci.* 70: 525-530.
- Villegas, F., Hedrick, H., Veum, K., McFate, K. and Bailey, M. 1973. Effect of diet and breed on fatty acid composition of porcine adipose tissue. *J. Anim. Sci.* 36 (4), 1973.
- Whittemore, C. 1996. *Ciencia y práctica de la producción porcina*. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España.
- Zhang, Y., Proenca, R., Maffei, M., Barone, M., Leopold, L. and Friedman, J. 1994. Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature* 372: 425-432.