Programas de alimentación en porcino en función del sexo: efectos de la castración quirúrgica y la inmunocastración

PONENCIA PRESENTADA EN EL XXVII CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA

Fotos Axón Comunicación

F. Bravo de Laguna Ortega
Nutreco Swine Research Centre. Países Bajos

Introducción

Debido a la actual situación económica, los elevados precios de las materias primas, y la alta presión de la oferta de carne de cerdo que ha hecho que la competitividad haya aumentado drásticamente, uno de los retos más importantes de la producción porcina moderna es mejorar la eficiencia de producción. Además, cada vez existen más regulaciones y normativas que hay que cumplir. Estas regulaciones afectan a todos los eslabones de la cadena de producción (inclusión de ciertos aditivos o materias primas en el pienso, instalaciones y proceso productivo de acuerdo con la Ley Europea de Bienestar Animal en su Directiva 2008/120/CE, control de la seguridad alimentaria), aumentando mucho la competitividad.

Esta nueva situación requiere profesionales cualificados que sean capaces de adaptar los recursos disponibles a las demandas del mercado. Por lo tanto, la producción porcina europea en general, y española en particular, continuará en los próximos años con su proceso de modernización, en el que se aplicarán nuevas técnicas de manejo y de alimentación adaptadas al tipo de animal presente hoy en día en nuestras granjas y a la legislación vigente, y enfocados a una mejora de la eficiencia productiva con el fin de disminuir costes y así aumentar los márgenes para el ganadero.

Una de las prácticas que provocan un mayor debate es la castración. La castración tiene muchas implicaciones tanto desde el punto de vista del bienestar animal como del de la eficiencia productiva. La prohibición de esta práctica va a suponer nuevos retos para los productores que tradicionalmente han producido cerdo castrado, y que tendrán que adaptarse a los nuevos tiempos para seguir siendo competitivos.

En este trabajo se pretende describir lo que supondrá la desaparición de la castración desde el punto de vista productivo; se describe una alternativa a la castración que cada vez está más en uso, la inmunocastración; y se analizan las alternativas aplicables en la alimentación de los cerdos para sacarles el mayor rendimiento posible.

Castración

Castración física o quirúrgica

1.1. Normativa

Como ya se ha mencionado, los aspectos legales alrededor de la castración están regulados a nivel europeo, en la Directiva 2008/120/CE, relativa a las normas mínimas para la protección de cerdos. En ella, se indica que "la castración puede provocar un dolor prolongado que es más fuerte si se produce un desgarro de los tejidos [...] Por consiguiente, deben establecerse normas para garantizar unas mejores prácticas".

El Anexo 1 indica, en su Capítulo 1, Punto 8, que se prohíben todos los procedimientos que "provoquen lesiones, o la pérdida de una parte sensible del cuerpo o la alteración de la estructura ósea". No obstante, señala algunas excepciones, entre ellas "la castración de los cerdos macho por medios que no sean el desgarre de tejidos". Además solo se autoriza a un veterinario o una persona formada a llevar a cabo la castración. Si ésta se lleva a cabo a partir del séptimo día de vida, "se utilizará anestesia y una analgesia prolongada practicada por un veterinario". Cada Estado miembro puede ser más restrictivo si lo considera. En el caso de España, el Real Decreto 1135/2002 relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos ratifica la normativa europea en cuanto a castración de los machos.

Con vistas al futuro, hay organizaciones del sector porcino que han suscrito la "Declaración europea sobre alternativas a la castración quirúrgica de los cerdos" (2010), en el que se comprometen a la aplicación de anestesia y analgesia prolongada desde el 1 de enero de 2012, y a poner fin voluntariamente a la castración quirúrgica antes del 1 de enero de 2018.

La EFSA (2004) indica que más de 600 millones de lechones son castrados al año en el mundo. En Europa se sacrifican anualmente unos 250 millones de cerdos, de los que la mitad son machos. De ellos, el 80% son castrados, de los cuales solo el 3% (3 millones), son castrados con anestesia (Frederiksen et al., 2009). En cuanto a la castración de hembras, el Real Decreto 1221/2009 por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo, señala que por motivos justificados, la castración de una hembra "deberá ser certificada y realizada por un veterinario, con anestesia y analgesia prolongada".

1.2. Aspectos generales

La castración de lechones ha sido y sigue siendo una práctica común en muchos países europeos, que se lleva a cabo después del nacimiento, casi siempre durante la primera semana de vida. No obstante, el porcentaje de cerdos que llegan enteros a matadero está creciendo cada vez más, y debido a las nuevas normativas sobre bienestar animal, dicha práctica tiende a desaparecer (Stevenson, 2000). En la figura 1 se representa el porcentaje de los cerdos producidos que son castrados en distintos países europeos. La tendencia al abandono del uso de la castración va a suponer en la mayor parte de Europa un cambio drástico en la manera de producir cerdos, teniendo que adaptar tanto la alimentación como en el manejo.

En España también se presenta la problemática de la castración en cerdo Ibérico. Debido al elevado peso al sacrificio de estos animales, la práctica de la castración en cerdo Ibérico se lleva a cabo tanto en machos como en hembras, siendo en estas últimas donde se genera un mayor debate en cuanto al bienestar animal, ya que normalmente se realiza alrededor de los 20 kg.

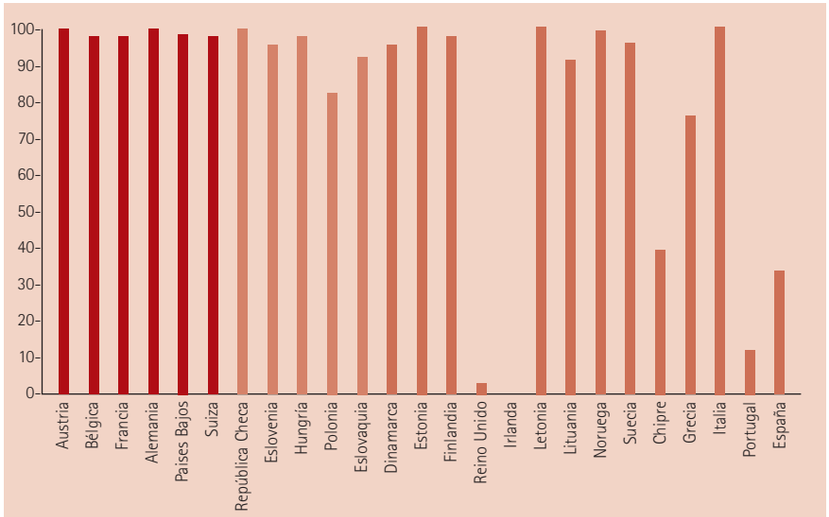

Figura 1. Porcentaje de cerdos castrados por país de la UE-25 (datos 2007-2008) (Fredriksen et al., 2009).

¿Por qué castramos? La castración es habitual por varios motivos: controlar mejor el comportamiento de los animales, ya que los machos enteros son más activos y agresivos que los castrados, y para prevenir el olor sexual de la carne, y así mejorar la calidad organoléptica de la misma. El olor sexual se produce por la acumulación de androstenona y escatol en el tejido adiposo del animal, produciendo un olor y un sabor desagradables para el consumidor. La androstenona se forma en los testículos al alcanzar los animales la pubertad. En cambio, el escatol procede de la fermentación anaeróbica bacteriana del triptófano en el intestino grueso (Lundstrom y Zamaratskaia, 2006) de tanto machos como de hembras, aunque en mayor concentración en los machos enteros, ya que ciertos esteroides testiculares inhiben su degradación en el hígado, llegando al intestino y estando disponible para la degradación bacteriana. Yokohama y Carlson (1979) describieron su proceso de producción (figura 2). Este proceso se da en el ciego y colon de los cerdos, y también se ha detectado en el rumen de las vacas (Jensen, 2006).

Lundstrom y Zamaratskaia (2006) estudiaron los factores que afectan a la producción de escatol y androstenona en machos enteros (figura 3). Los que afectan directamente a la producción de ambos compuestos son: el metabolismo del animal, la capacidad de síntesis, el estado hormonal y la genética. El fotoperíodo parece afectar solo a la producción de androstenona, mientras que el ambiente y la dieta afectan más a la síntesis de escatol.

Como hemos mencionado anteriormente, la androstenona se forma en los

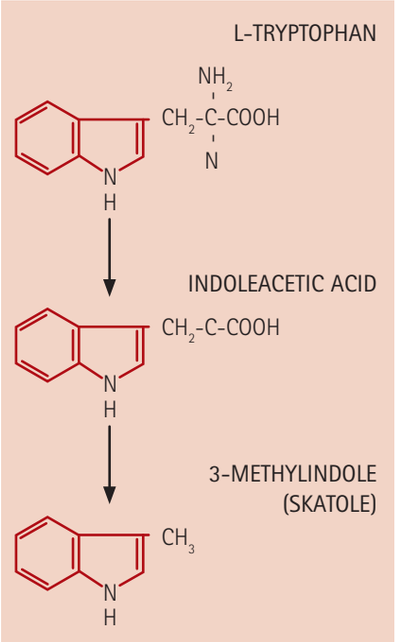

Figura 2. Formación de escatol a partir de L-Triptófano (Yokoyama y Carlson, 1979).

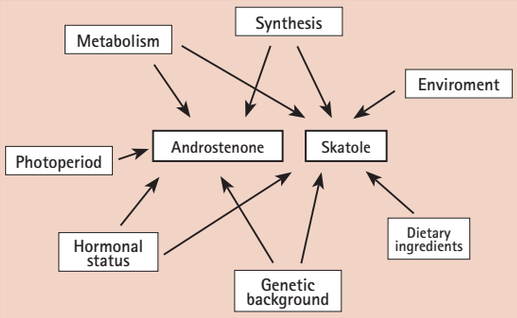

Figura 3. Factores que afectan la producción de androstenona y escatol en machos enteros (Lundstrom y Zamaratskaia, 2006).

testículos, y el nivel que alcanza está especialmente influido por la genética (figura 4). Según Bonneau (2006) las líneas genéticas que alcanzan la madurez a edades más tempranas son más propensas a producirla. El nivel máximo de androstenona para que la carne se mantenga en buenas condiciones de olor y sabor ha sido determinado experimentalmente por Zamaratskaia (2004), y se sitúa entre 0,5-1 ppm.

El peso que tiene el escatol en el olor sexual es mayor que el de la androstenona. Su mecanismo de distribución se muestra en la figura 5 (Font i Furnols, 2002). El triptófano no metabolizado en el hígado es transformado en escatol en el intestino grueso y pasa al torrente sanguíneo, desde donde es depositado en diversos tejidos corporales, sobre todo en el adiposo, ya que tiene una naturaleza afín a las grasas (Jensen, 2006).

Hay autores que han estudiado cómo minimizar el contenido de escatol en grasa. Bonneau y Squire (2000), concluyeron que algunas estrategias podrían ser: tener un acceso ilimitado al agua, la cría de los animales sobre slat, y el uso de alimentación líquida. En cuanto a otros factores que afectan al nivel de escatol: un pH bajo y condiciones anaeróbicas estimulan su formación, según Kemmer et al. (1997). También se ha reportado la edad del animal como factor. En cerdos sacrificados entre 90 y 100 kg se encontraron niveles significativamente más bajos de escatol en grasa dorsal que en cerdos sacrificados a los 110 kg (Andersson et al., 2005). Lawlor (2010) determinó que cerdos sacrificados con menos de 105 kg es poco probable que presenten olor sexual. Aunque esto dependerá de la genética, ya que la variación en el nivel de escatol a lo largo de la vida del animal difiere entre razas (Lundstrom et al., 2004). Estos autores observaron que el nivel de escatol en machos enteros incrementaba a los 180-200 días de vida, y que posteriormente empezó a reducirse entre los 240-260 días de vida en cerdos Yorkshire y Landrace, y entre los 310-360 en cerdos Hampshire y Duroc.

Otro de los factores influyentes ha resultado ser el tamaño de los órganos sexuales. Zamaratskaia et al (2005) observaron que cerdos con un peso de los testículos <565 g no producían grandes cantidades de escatol. Respecto al efecto del ambiente, Hansen et al. (1994) concluyeron que cerdos criados en ambientes limpios acumulaban menos escatol que los criados en corrales más sucios. Otra consideración es que en verano el nivel de escatol es mayor que en invierno (Lundstrom y Zamaratskaia, 2005).

No todas las personas son capaces de percibir el olor sexual de la carne, la percepción de estos compuestos está determinada genéticamente y además difiere entre países. En España hay un porcentaje más alto de mujeres que de hombres que lo detectan (Font i Furnols et al., 2009).

Además de lo discutido sobre el olor sexual, la castración es importante en España para la producción de ciertos productos cárnicos, como por ejemplo algunos embutidos. Hay ciertas indicaciones geográficas protegidas, denominaciones de origen o tipo de producto, que imponen ciertos requisitos en los animales de los cuales se van a producir dichos embutidos. Estos requisitos conciernen a la raza (sobrasada de Mallorca de cerdo negro, productos ibéricos, jamón de Teruel), al peso al sacrificio (productos ibéricos, jamón de Teruel), al tipo de alimentación (chorizo de Cantimpalo, Ibérico de bellota), a su composición en cuanto a ingredientes (chosco de Tineo), a su tiempo de curación (jamón ibérico) al sexo (jamón de hembra) o a la castración (longaniza de Vic). Para la producción de estos productos, en ocasiones como hemos dicho es necesario un mínimo de grasa, ya sea por requerimientos legales, ya sea por facilitar el proceso de preparado y curación. El contenido graso es mayor en machos castrados que en hembras y en machos enteros, por este orden.

Alternativa a la castración quirúrgica: inmunocastración

2.1. Estatus legal

Actualmente existe la Decisión de Ejecución de la Comisión 2011/C 243/06 del 19 de

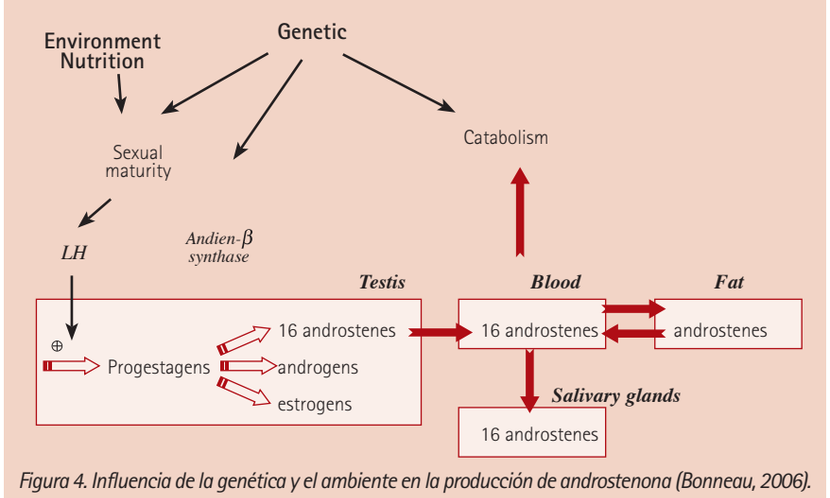

Figura 4. Influencia de la genética y el ambiente en la producción de androstenona (Bonneau, 2006).

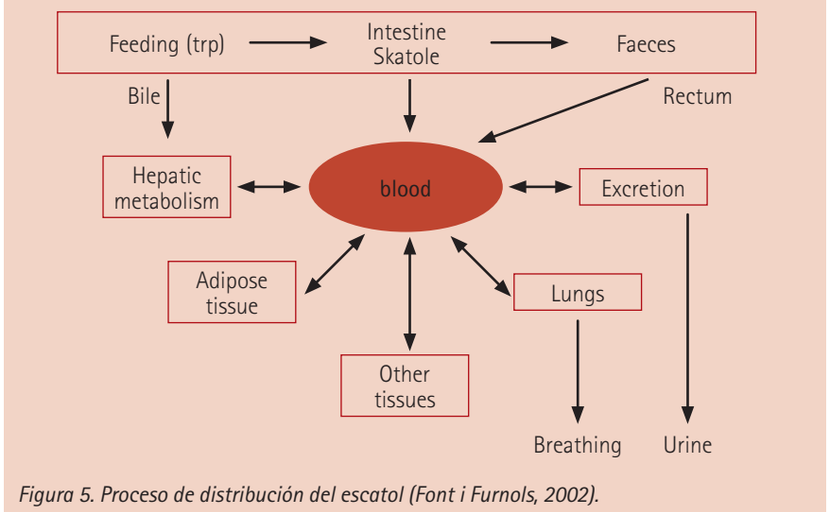

Figura 5. Proceso de distribución del escatol (Font i Furnols, 2002).

Cuadro 1.
Ventajas e inconvenientes de la castración.

Ventajas	Inconvenientes
• Reducción de olor sexual • Disminuyen las agresiones • Disminuyen las montas • Deposición de grasa necesaria para producción de ciertos productos cárnicos	• Menor eficiencia del macho castrado • Efecto negativo sobre el sitema inmune y el crecimiento • Aumenta la mortalidad • Aumenta el uso de antibióticos • Dolor y estrés asociado

agosto, por la que se adopta un programa de trabajo para la financiación de las actividades de la Unión sobre alternativas a la castración quirúrgica de los cerdos. Este programa constará de "medidas técnicas, científicas y educativas encaminadas a buscar y adoptar alternativas a la castración quirúrgica". Entre otras cosas, en su consideración número 4 indica que "para evitar el olor sexual en la carne de porcino se suele recurrir a 3 medidas: el sacrificio temprano, la ablación de los testículos (castración quirúrgica) o la inmunocastración", y que "la castración quirúrgica de los cerdos constituye una preocupación de bienestar animal". Teniendo en cuenta los compromisos adquiridos en la Declaración europea sobre alternativas a la castración quirúrgica de los cerdos (2010) mencionados anteriormente al hablar sobre la normativa de la castración, la Decisión de la Comisión indica en su consideración número 8 que «conviene que la Unión invierta en estudios sobre alternativas a la castración quirúrgica de los cerdos».

Este programa incluye:

- el desarrollo de métodos de referencia reconocidos por la UE para la detección y medición de los compuestos responsables del olor sexual del cerdo.
- estudios sobre la aceptación por parte de los consumidores de carne y productos procedentes de cerdos enteros.
- estudios sobre métodos de detección rápida del olor sexual que se usen o desarrollen en plantas de sacrificio de la UE.
- estudio sobre cómo reducir los compuestos responsables del olor sexual por medio de técnicas de reproducción, alimentación y manejo.
- estudio económico sobre costes y beneficios de abandonar la castración quirúrgica.
- crear un sitio web que proporcione educación y formación sobre alternativas a las castración quirúrgica de los cerdos.

En cuanto al estatus de la aplicación de la inmunocastración en España, la vacuna que existe en el mercado (de la que se habla más adelante) está incorporada en la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, y su uso está autorizado en machos. Para su uso en hembras (especialmente Ibéricas, aunque en Italia también hay interés por la producción de jamón de Parma), está amparado por el Real Decreto 1132/2010, que en su artículo 82 señala que "cuando no existan medicamentos veterinarios autorizados para una enfermedad, el veterinario podrá [...], para evitar sufrimientos inaceptables, tratar al animal o animales afectados de una explotación concreta administrando un medicamento veterinario, con similar efecto terapéutico al deseado, autorizado para su uso en otra especie, o para tratar otra enfermedad de la misma especie, por la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios.

2.2. Aspectos generales

Debido a las limitaciones que presenta la castración quirúrgica en cuanto a bienestar animal y a la pérdida de rendimientos productivos y calidad de canal con respecto a los machos enteros (este aspecto se discute en el apartado 3 del presente trabajo), se ha trabajado en encontrar técnicas alternativas con las que se consigan los mismos efectos sin necesidad de la aplicación de la castración quirúrgica. Uno de estas alternativas consiste en una vacunación que desencadena una serie de procesos que inhiben el desarrollo de los órganos sexuales. Es la inmunocastración.

La inmunocastración consiste en una vacuna que estimula el sistema inmunitario del animal para la producción de anticuerpos que inhiban la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), y así la proliferación de los tejidos masculinos (Pfizer Animal Health; figura 6). Así, se inhibe el desarrollo de los testículos, y consiguientemente la producción de los esteroides que allí se producen, como testosterona y androstenona; esta última se ha indicado anteriormente como uno de los causantes directos del olor sexual de la carne.

La inmunocastración actúa directamente sobre el eje hipotálamo-hipófisiariogonadal, que es el que controla la síntesis de las hormonas luteinizante (LH), y folículo estimulante (FSH, figura 6): en el hipotálamo se libera la GnRH, que se une a receptores específicos de la hipófisis para la secreción de LH y FSH. En el macho, la LH induce en los testículos la producción de testosterona, que es, junto con la FSH, la desencadenante de la fabricación de los espermatozoides. Así, con la vacuna se consigue:

- inhibir la producción de espermatozoides, es decir, esterilizar al animal.
- inhibir la producción de androstenona disminuyendo así el olor sexual de la carne.

La vacuna consiste en dos dosis, y los animales inmunizados comienzan a comportarse como castrados a partir de la segunda dosis. Hasta ese momento crece como un entero. El efecto de la inmunocastración es temporal, por lo que el animal

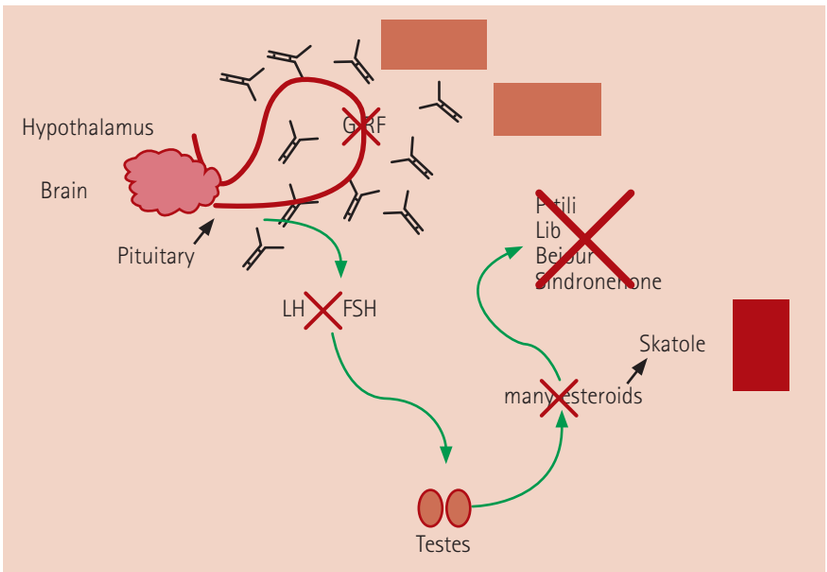

Figura 6. Efecto de la inmunocastración en la producción de androstenona y escatol (Pfizer Animal Health, 2011).

Cuadro 3.
Efectos de la inmunocastración.

- El olor sexual de la carne procedente de estos animales se reduce a un nivel imperceptible: ya que disminuye la producción de testorena, lo que hace que dismunuya la androstenona, causando un aumento del metabolismo hepático y provocado una mayor eliminación de escatol.
- Disminución del tamaño de los testiculos tras la vacunación.
- Menos montas y agresividad en la cría en grupos.
- Menos espesor de grasa dorsal al secrificio que el macho castrado quirúrgicamente.

vuelve a su estado de entero tras un período aproximado de 10 semanas. Además, al tratarse de una vacuna, no es necesario un período de retirada antes del sacrificio. Los efectos observados tras la inmunocastración se sintetizan en el cuadro 3.

Uno de los obstáculos para su aceptación es el temor de los productores y de las empresas a una depreciación del producto final. Esta técnica precisa de estudios para demostrar que otras características relacionadas con la calidad de la carne no se ven afectadas, y que no repercute negativamente en la seguridad alimentaria. La EFSA (2004) señala en sus conclusiones una serie de incertidumbres alrededor de la inmunocastración:

- la aceptabilidad que va a tener entre la población.
- problemas de seguridad alimentaria debido a la presencia de residuos en la carne.
- problemas de seguridad del personal que la aplica, al poder inyectarse a sí mismos, con los mismos efectos que en los animales.

Efecto de la castración en los rendimientos productivos

Son muchos los factores que se han reportado que influyen en los rendimientos productivos de los cerdos: genética, estatus sanitario, factores ambientales, alimentación, manejo... En este trabajo nos vamos a centrar en el efecto del sexo, considerando que en producción porcina tenemos 3 sexos: macho entero, macho castrado y hembra (el caso de la hembra castrada, común en producción de cerdo Ibérico, no se tratará). Entre los machos castrados distinguiremos entre castrados físicamente e inmunizados, ya que se ha observado experimentalmente que no se comportan igual a partir de la segunda dosis de la vacuna.

Se ha observado que los machos castrados comen más y crecen más rápido que los enteros. Dunshea (2010) llevó a cabo un meta-análisis en el que revisó diversos estudios en que se utilizaron machos enteros y machos castrados durante la última fase del cebo (cuadro 4), desde las 4 ó 5 semanas previas al sacrificio. Observó que los castrados tenían un crecimiento (GMD) más rápido (+31 g/d), un consumo (CMD) más alto (+467 g/d), un índice de conversión (IC) peor (-0,48 kg/d), un espesor de grasa dorsal (EGD) más alto (+4,9 mm), y se sacrificaron a mayor peso (+2,14 kg).

Dunshea (2010) también estudió por el mismo método de meta-análisis, el efecto en los rendimientos productivos de machos inmunizados, entre la segunda vacunación y el sacrificio, comparado con los rendimientos de los enteros (cuadro 5). El sacrificio en todos los estudios utilizados para este meta-análisis se produjo 4 ó 5 semanas tras la segunda dosis. Como se observa, a partir de la segunda dosis los animales inmunizados empiezan a comportarse como castrados y se diferencian de los enteros con una GMD más alta (149 g/d), un mayor CMD (512 g/d), un peor IC (0,07 kg/d), un mayor EGD (1,2 mm), y un mayor peso canal (1,48 kg).

Al comparar los valores de los cuadros 4 y 5, teniendo en cuenta que ambos metaanálisis han recogido datos correspondientes al mismo período de tiempo pre-sacrificio, se puede deducir que a partir de la segunda vacunación los animales inmunizados se comportan como castrados. Además, aunque el espesor de la grasa dorsal aumenta, no llega al nivel que el de los castrados.

Cuadro 4.
Diferencias de rendimiento entre enteros y castrados (Dunshea, 2010).

	Enteros vs. Castrados	N
GMD ((g/d)	-31	8
CMD (g/d)	-467	7
IC (Kg/kg)	-0,48	7
EGD (mm)	-4,9	10
Peso canal (kg)	-2,14	11

N = número de estudios incluídos en el meta-análisis.

Cuadro 5.
Diferencias de rendimiento entre inmunocastrados y enteros (Dunshea, 2010).

	Inmunocastrados vs. Castrados	N
GMD ((g/d)	149	14
CMD (g/d)	512	10
IC (Kg/kg)	0,07	16
EGD (mm)	1,2	16
Peso canal (kg)	1,48	16

N = número de estudios incluídos en el meta-análisis.

En la misma línea que estos resultados, en un estudio llevado a cabo en Nutreco Canadá Agresearch (2009), se compararon los rendimientos productivos de machos enteros, machos castrados físicamente y machos inmunizados (cuadro 6).

Los machos inmunizados presentaron una eficiencia intermedia entre los enteros y los castrados físicamente. Esto se debe al hecho de que hasta la segunda vacunación se desarrollan como enteros. A partir de este momento su metabolismo se asemeja más al de un castrado, e incluso parece que intenta compensar, como se intuye de los datos de GMD y CMD desde la segunda dosis hasta el sacrificio. Parece como si el cerdo deseara tener una composición corporal para cada estado metabólico y en cada momento. En el momento en que el cerdo es inmunizado, tiene que compensar la deposición de grasa de un castrado físicamente, y para igualarse lo hace aumentando el consumo de pienso.

Hay numerosos estudios que reportan una mayor eficiencia de los machos enteros que los castrados durante la fase final del cebo, también resultan más eficientes si miramos el período completo (Campbell y Tavemer, 1988; Hennessy et al., 2009). Si sólo miramos el período post-destete (de 28 a 63 días de edad), Quiniou et al. (2010) observaron un menor CMD en machos enteros (720 g/d) que en castrados o hembras (760 g/d y 740 g/d respectivamente), lo que produjo una mayor eficiencia en los enteros, aunque estas diferencias no fueron significativas. Pero es a partir de

Cuadro 6.
Rendimientos de machos enteros, castrados fisicamente e inmunizados (Nutreco Canada Agresearch, 2009).

	2º dosis-matadero			Cebo completo (27-127 kg)			
	GMD	CMD	IC	GMD	CMD	IC	EGD
Entero	1,240	3,050	2,46	1,097	2,302	2,10	18,8
Inmunocastrado	1,362	3,712	2,72	1,142	2,539	2,22	20,2
Castrado	1,087	3,452	3,16	1,091	2,677	2,45	22,1
Diferencia entre Inmunocastrado vs. Entero y Castrado quirúrgicamente							
Entero	+122	+662	+0,26	+45	+237	+0,12	+14
Castrado	+275	+260	-0,44	+51	-138	-0,23	-1,9

Cuadro 7.
Características de la canal en machos enteros y castrados, criados en grupo (Suster et al., 2006).

	Enteros	Castrados
Peso vivo (kg)		
122	76,8	78,3
150	103	108
Peso magro (kg)		
122	51,4	50,2
150	69,1	66,2
Peso grasa (kg)		
122	11,9	13,4
150	18,2	23,8
EGD (mm)		
150	15,1	17,1

los 63 días de edad (aproximadamente 25 kg de peso) cuando se empiezan a observar diferencias significativas. En el trabajo mencionado de Quiniou et al. (2010), la mayor GMD se observó en los machos, independientemente de si eran castrados o enteros. Mirando en detalle las dos mitades del período de cebo, se observó cómo desde los 25 kg hasta los 70 kg, los castrados crecieron significativamente más que los enteros y las hembras. A partir de 70 kg fueron los enteros los que tuvieron mayor crecimiento que los castrados y las hembras. Hay que tener en cuenta que en este estudio se utilizó un pienso único, y que existe un desajuste entre necesidades y consumo durante gran parte del cebo, lo que perjudica significativamente el crecimiento.

Se han llevado a cabo diversos estudios sobre el efecto de la castración en la composición de la canal. Suster et al. (2006) compararon machos enteros y castrados (cuadro 7) a los 122 y a los 150 días de edad. Como se observa en el cuadro, los enteros presentaron más tejido magro y menos tejido graso que los castrados, además de un menor EGD. Con estudios de sacrificio comparado se puede determinar la curva de deposición de proteína de los distintos sexos (figura 7). Estos datos pueden utilizarse para la creación de modelos matemáticos de simulación, con los que predecir el desarrollo de los animales.

En el gráfico se aprecian las curvas de deposición de proteína de machos enteros, castrados físicamente, e inmunocastrados, según el modelo Watson®, desarrollado en Nutreco Canadá. Como se observa, el animal inmunocastrado es un macho entero hasta el momento de la segunda vacunación, cuando empieza a comportarse como un castrado. Estas diferencias son las que hacen que las necesidades de un macho entero y de un macho castrado sean distintas, que es lo que se analiza en el apartado 4.

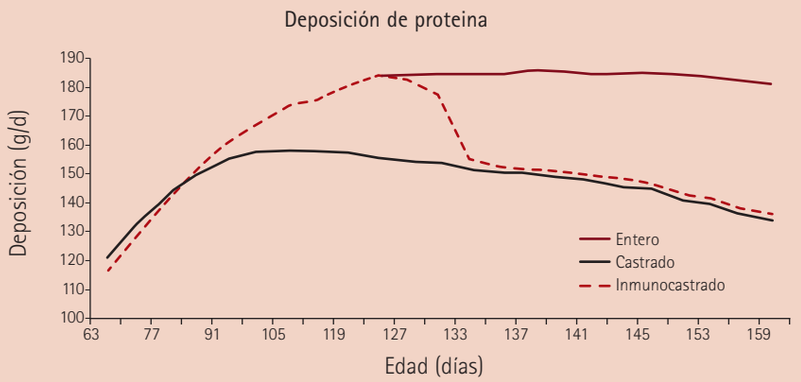

Figura 7. Deposición de proteína diaria de machos enteros, castrados físicamente e inmunocastrados (Modelo Watson®, Nutreco).

Recomendaciones nutricionales

Para el diseño de un programa de alimentación óptimo, es necesario conocer: i) las necesidades de los animales a los que va dirigido dicho programa de alimentación, y ii) la capacidad de consumo de estos animales. Es en base a estos dos parámetros como se pueden hacer recomendaciones más precisas para los niveles de inclusión de los distintos nutrientes en las dietas.

Energía

La técnica más utilizada para el cálculo de las necesidades de energía es el método factorial. Este método consiste en sumar la energía necesaria para cada una de las actividades de los animales. En el caso de la fase de cebo, que es la que nos ocupa, la energía es la necesaria para mantenimiento, termorregulación, y crecimiento. En el caso del mantenimiento y la termorregulación, no existen diferencias entre sexos. Los gastos de mantenimiento se calculan en función del peso metabólico del animal (Peso vivo ^{0,60}), mediante la ecuación:

Ecuación 1: EM_m (kcal/d) = 206 x $PV^{0,60}$ (FEDNA, 2006)

Los gastos de termorregulación se calculan en función de la diferencia entre la temperatura ambiente (T) y la temperatura crítica inferior (TCI), mediante las ecuaciones:

Ecuación 2: TCI = 26 - 0,061 x PV (FEDNA, 2006)

Ecuación 3: EM_t (kcal/d) = 46-134 x (TCI- T) (FEDNA, 2006)

En cambio, los gastos de crecimiento se calculan en función de la naturaleza de dicho crecimiento, básicamente cantidad de grasa y de proteína depuesta. Cada uno de los sexos tratados muestra una composición corporal distinta y una composición del crecimiento distintas. Por este motivo, las necesidades de energía serán diferentes para cada sexo. Las necesidades se calculan mediante la ecuación:

Ecuación 4: EMc (kcal) = 12,8 x gramo grasa + 12,1 x gramo proteína (FEDNA, 2006)

En definitiva, habiendo estimado la composición corporal de cada sexo, FEDNA estima las siguientes necesidades de crecimiento, para un crecimiento de 700 g/d. En el cuadro 8 se muestra la composición del crecimiento de machos enteros, hembras y castrados, y las necesidades de energía para crecimiento de los mismos. Hay que tener en cuenta que los castrados crecen más que las hembras y que los machos enteros, por lo que las diferencias que se observan en el cuadro, se verían incrementadas algo más en condiciones reales.

Proteína

Las necesidades de proteína están directamente relacionadas con la capacidad de deposición de proteína y síntesis de tejido muscular que tenga el animal. Entre los factores que influyen en esta capacidad,

Cuadro 8.
Necesidades de crecimiento en la fase de cebo en función del sexo.

Sexo	Proteína (% crecimiento)	Grasa (% crecimiento)	kcal EM_c/d*
Macho entero	16,1	20,3	3182
Hembra < 95 kg	15,3	24,1	3455
Hembra > 95 kg	15,3	28,0	3805
Castrado < 95 kg	15,3	29,0	3894
Castrado > 95 kg	15,3	32,0	4163

*Recomendaciones FEDNA (2006) basadas en una GMD de 700 g/d.

están el peso vivo, la genética y el sexo (Lizaso, 1994). En la figura 8 vemos cómo varía la retención de proteína con el peso vivo. Como se observa, los machos enteros tienen un mayor potencial de deposición de proteína para un mismo peso que las hembras y que los machos castrados.

No obstante, hay que tener en cuenta que el animal alcanza su potencial genético siempre y cuando no exista otro tipo de limitación. Una de estas posibles limitaciones es la energía disponible. Para que el proceso de deposición de proteína se dé, es necesaria una cantidad mínima de energía. Esto ha sido estudiado por distintos autores. Uno de los modelos teóricos más aceptados es el desarrollado por el NRC (1998; figura 9), que consiste en un modelo "lineal-plateau". El modelo "lineal-plateau" consiste en que la respuesta de los cerdos a un incremento en el consumo de energía, aumenta de manera lineal hasta un punto a partir del cual un aumento de la energía consumida no produce un aumento en la deposición proteica. Esto ocurre siempre y cuando el nivel de proteína no sea limitante. En la figura 9 se aprecia que para cada peso vivo existe una capacidad de deposición de proteína máxima. Para cada genética y cada sexo tendríamos un gráfico distinto (figura 10). En la figura se observa como con el mismo peso vivo, los machos son capaces de retener más nitrógeno, y por consiguiente depositar más proteína, que las hembras.

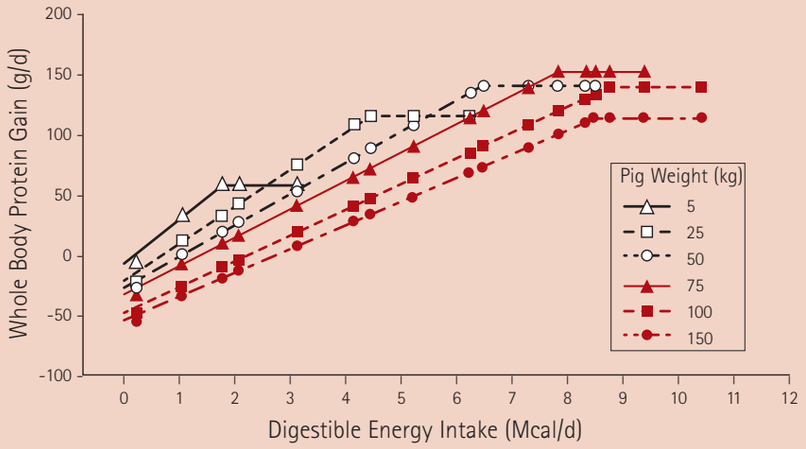

Figura 9. Relación entre deposición de proteína y consumo de energía digestible (NRC, 1998).

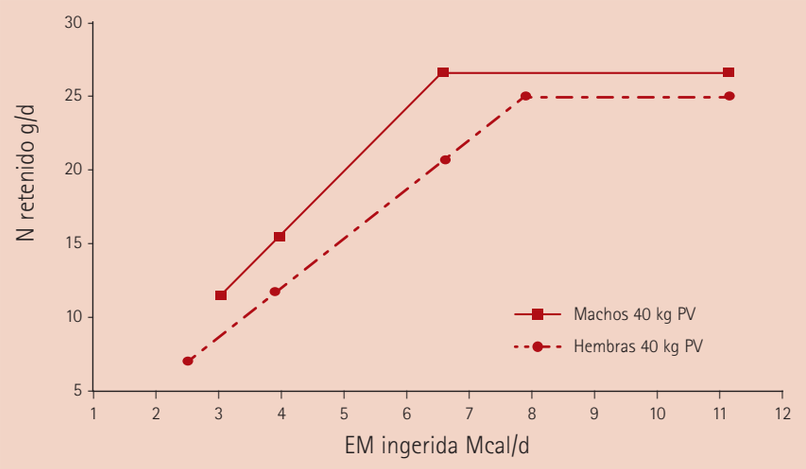

Figura 10. Efecto del sexo sobre el nitrógeno retenido (Lizaso, 1994).

En el Swine Research Centre se ha realizado un estudio en el que se han recogido datos productivos de machos enteros y de hembras, y se ha observado su respuesta a niveles crecientes de aminoácidos. En los cuadros 9 y 10 se muestran los datos correspondientes al período de cebo completo. A ambos sexos se les alimentó con las mismas dietas y durante los mismos intervalos de peso. Se observó que la GMD de las hembras fue mayor que la de los machos. En cuanto al IC, en los niveles más bajos de aminoácidos, los machos presentaron una peor conversión, pero esta fue mejorando con niveles más altos de aminoácidos, resultando ser, en el nivel más óptimo mejor que en las hembras. Esto sugiere que en machos, con un mayor potencial de deposición de proteína, un déficit de aminoácidos penaliza más que en hembras. Por último, se observa como las hembras presentaron un mayor EGD que los machos.

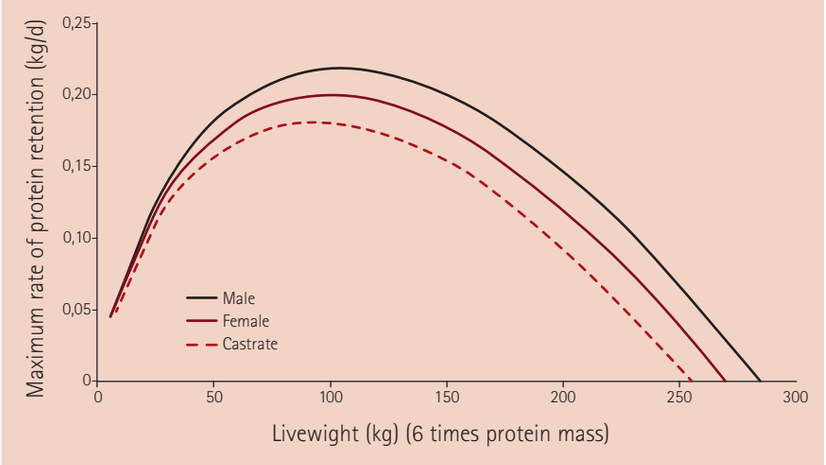

Figura 8. Predicción de la retención de proteína máxima en machos enteros, castrados y hembras (Miller, 2002).

El programa de alimentación fue de 4 fases: de los 25 kg a los 40 kg, de los 40 kg a los 55 kg, de los 55 kg a los 75 kg, y de los 75 kg hasta el sacrificio a los 110 kg. Las dietas experimentales se formularon de acuerdo al concepto de proteína ideal, con diferentes niveles de lisina digestible aparente (AID lys) y el resto de aminoácidos se incluyeron a un contenido fijo en relación a la lisina. En las dos primeras fases no se observaron diferencias entre machos y hembras. Es a partir de los 55 kg cuando se empieza a observar una respuesta distinta a niveles de aminoácidos entre los dos sexos. En cada fase y para cada sexo se dibujaron las curvas de dosis-respuesta a los diferentes niveles de aminoácidos tanto para la GMD como para el IC, aplicando el modelo de "lineal-plateau".

Como se observa en la figura 11, la respuesta del IC de los machos enteros ante un nivel creciente de lisina digestible se alargó más que en las hembras, debido al mayor potencial de deposición de proteína. Esto quiere decir que para aprovechar todo el potencial de machos y hembras, y ser económicamente óptimo al mismo tiempo, habría que alimentar separadamente a machos

Pfizer Salud Animal

IMPROVAC, MÁXIMA RENTABILIDAD EN PRODUCCIÓN PORCINA.

IMPROVAC CONDUCE LA PRODUCCIÓN PORCINA A UNA NUEVA ERA, PRESERVANDO EL RENDIMIENTO NATURAL DE LOS CERDOS MACHO PROPORCIONANDO LA CALIDAD EXIGIDA POR LOS CLIENTES.

- La única vacuna que ha probado su eficacia frente al olor sexual en condiciones comerciales.
- Permite a los productores beneficiarse de la superior eficiencia productiva y calidad de la canal del macho entero, reduciendo la producción de purines.
- La opción preferida por muchos consumidores para evitar la castración física, mejorando así el bienestar del animal.

Improvac® solución inyectable para cerdos (Nº de registro: EU/2/09/095/001-003). **Composición** por dosis 2 ml: Conjugado de proteína análoga del Factor de Liberación de la Gonadotropina (GnRF) mínimo 300 µg. **Especie de destino:** cerdos macho (desde 8 semanas de edad). **Indicaciones de uso:** Inducción de anticuerpos frente al GnRF para producir una supresión inmunológica temporal de la función testicular. Es una alternativa a la castración física al reducir el olor a verraco producido por el principal compuesto del olor sexual, androstenona, en machos enteros tras el comienzo de la pubertad. El escatol, otro factor importante del olor sexual, también puede reducirse pero de forma indirecta. **Contraindicaciones:** No usar en cerdas. No usar en cerdos machos destinados a la reproducción. **Incompatibilidades:** No mezclar con ningún otro medicamento veterinario. **Precauciones para el animal:** Sólo deben inmunizarse animales sanos. Improvac® ha demostrado ser seguro en cerdos desde las 8 semanas de edad. El tiempo recomendado de sacrificio es 4-6 semanas después de la segunda inyección. Si los cerdos no pueden sacrificarse dentro de este periodo recomendado, los datos de los estudios disponibles avalan que los cerdos pueden todavía enviarse para sacrificio hasta 10 semanas después de la segunda inyección, con escaso riesgo de olor sexual. Una creciente proporción volverá a la función normal después de este tiempo. **Precauciones para el aplicador:** La autoinyección accidental puede producir en personas los mismos efectos que se observan en cerdos (reducción temporal de las hormonas sexuales y de las funciones reproductivas tanto en hombres como en mujeres, y afectar adversamente la gestación). Evitar la autoinyección accidental y sólo administrar el producto con un vacunador de seguridad. El producto no debe ser administrado por mujeres embarazadas o que puedan estarlo. En caso de contacto con los ojos, enjuague con agua abundante inmediatamente. En caso de derrame sobre la piel, lávela inmediatamente con agua y jabón. **Posología:** Vía subcutánea. Dos dosis de 2 ml administradas con, al menos, 4 semanas de intervalo, la segunda dosis se aplicará de 4-6 semanas antes del sacrificio. Si se sospecha que se ha infradosificado, el animal debe revacunarse inmediatamente. **Tiempo de espera:** 0 días. **Laboratorio titular:** Pfizer Limited, Ramsgate Road. Sandwich, Kent CT13 9NJ Reino Unido. **Representante del titular:** Pfizer Salud Animal. Avda. de Europa 20-B. Parque Empresarial la Moraleja, 28108 Alcobendas (Madrid).

Improvac®
Un paso adelante

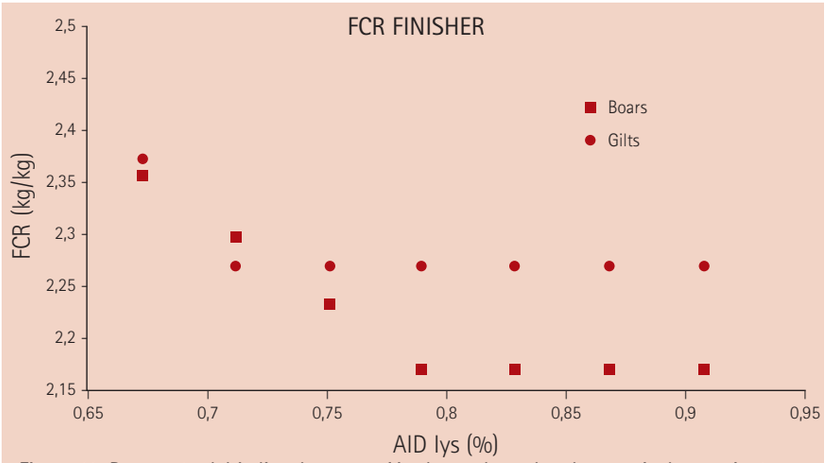

Figura 11. Respuesta del índice de conversión de machos y hembras a niveles crecientes de aminoácidos, entre 55 kg y 75 kg de peso vivo (SRC, 2011).

Tabla 9.
Respuesta de machos enteros de genética magra a niveles crecientes de aminoácidos (SRC,2011).

	Machos enteros							
	-15 %	-10 %	-5 %	Control	+5 %	+10 %	+15 %	+20 %
Peso inicial (kg)	24,7	24,8	24,1	24,7	25,0	25,1	24,8	25,6
Peso final (kg)	94,8	100,2	105,1	106,2	109,0	110,5	108,1	110,4
Crecimiento (g/d)	697	749	807	812	833	849	827	839
Indice de conversión (kg/kg)	2,55	2,45	2,31	2,28	2,21	2,20	2,25	2,19
Espesor de grasa dorsal (mm)	14,1	14,5	13,4	13,6	13,3	12,1	12,7	12,2

Tabla 10.
Respuesta de hembras de genética magra a niveles crecientes de aminoácidos (SRC,2011).

	Machos enteros							
	-15 %	-10 %	-5 %	Control	+5 %	+10 %	+15 %	+20 %
Peso inicial (kg)	21,1	22,4	21,8	21,3	22,5	22,0	21,7	20,6
Peso final (kg)	103,9	106,8	106,7	112,0	113,5	113,7	112	111,4
Crecimiento (g/d)	782	797	804	856	861	868	853	856
Indice de conversión (kg/kg)	2,38	2,37	2,32	2,30	2,33	2,25	2,32	2,26
Espesor de grasa dorsal (mm)	16,0	15,1	15,6	14,7	14,3	14,5	14,0	13,9

enteros y hembras, al menos desde el punto de vista de la concentración de lisina, que los machos enteros necesitan en mayor cantidad.

La misma conclusión se puede sacar si vemos la respuesta de la GMD (figura 12), aunque en este caso las diferencias entre ambos sexos fueron menores.

Si nos fijamos en la última fase del período de cebo, entre 75 kg y 110 kg, lo que se observó en este estudio fue que los machos sí presentan un nivel mínimo de lisina a partir del cual la GMD no aumenta más. En cambio, en las hembras este punto ya no existe. Esto esté probablemente debido a que las necesidades de lisina de las hembras ya están en el período de disminución. En el estudio del SRC (2011) se estimó, mediante ecuaciones obtenidas en un estudio previo con animales de la misma línea genética, el nivel de AID lys en la dieta necesario para alcanzar la deposición de proteína máxima en cada una de las fases probadas (cuadro 11).

En el estudio de Quiniou et al. (2010) también se definieron las curvas de necesidades de la relación lisina digestible/EN en función de los sexos (figura 13), con resultados similares a los descritos anteriormente. Como se observa, el nivel de lisina/EN es decreciente a lo largo del período de cebo para todos los sexos, debido a dos razones: un aumento del consumo y una reducción de las necesidades a partir de los 65-75 kg. No obstante, de nuevo se observa cómo esta reducción es mayor en castrados que en machos enteros. Las hembras permanecen en un nivel intermedio.

En un reciente estudio de Boler et al. (2011), en el que estudiaron si un incremento en el contenido en lisina en dietas para cerdos inmunocastrados produciría un aumento del porcentaje de magro en la canal comparado con cerdos castrados, observaron que así era. No obstante, simplemente el hecho de la inmunocastración ya incrementa el porcentaje de magro en la canal respecto a los machos castrados quirúrgicamente. Como se ha descrito, se puede asumir que las necesidades de lisina son mayores en machos enteros que en hembras, por lo que es esencial tener un buen ajuste del contenido en lisina del pienso a las necesidades de los animales. A los animales inmunocastrados hay que tratarles como enteros hasta el momento de la segunda vacunación, y la recomendación actual es considerarles castrados de ahí en adelante, aunque sería conveniente estudiar con más detalle su comportamiento compensatorio a partir de la segunda vacunación.

Para mejorar los rendimientos globales de una explotación, es una buena estrategia el diferenciar la alimentación entre sexos. Algunos de los obstáculos que encontramos para su aplicación son que se requiere más manejo en granja para separar los sexos, y que algunas explotaciones no tienen un sistema de alimentación preparado para ello, ya sea porque no tienen espacio suficiente para almacenar las distintas dietas necesarias, o porque solo disponen de una línea de alimentación. En función de las posibilidades de que dispongamos en la granja, es labor del nutricionista el diseño de un correcto programa de alimentación.

El objetivo de un programa de alimentación es ajustar de la mayor manera posible el

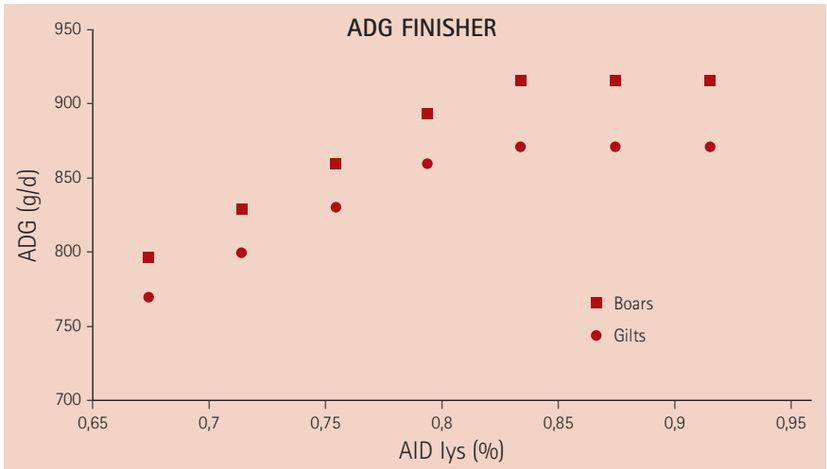

Figura 12. Respuesta de la ganancia media diaria de machos y hembras a niveles crecientes de aminoácidos, entre 55 kg y 75 kg de peso vivo (SRC, 2011).

Tabla 11.
Nivel de AID Lys necesario en el pienso para una deposición de proteína máxima calculada para cada sexo en cada fase de alimentación (SRC, 2011).

	25-40	44-55	55-75	75-110
Machos	1,148	0,915	0,868	0,722
Hembras	-	0,873	0,790	0,652

Tabla 12.
Recomendaciones de SID Lys en machos enteros, inmunizados y castrados, en relación a las necesidades de las hembras (Pfizer Animal Health, 2011).

	25-50	50-95	95-125
Hembra	100	100	100
Macho entero	105	108	114
Inmunocastrado	105	108	94
Castrado	98	94	94

consumo de pienso a las necesidades nutricionales. El ajuste de las necesidades nutricionales es crucial para los rendimientos, tanto técnicos como económicos de la explotación, ya que si el aporte de nutrientes es insuficiente, se desaprovecha el potencial genético del animal. De la misma manera, cuando el aporte es excesivo, el efecto también puede ser negativo. En el caso de la proteína: con un exceso de proteína se observa una disminución en el consumo de pienso, lo que puede provocar un consumo insuficiente de otros nutrientes. Además, el exceso de proteína se excreta, para lo cual es necesario desaminarla, lo que conlleva un coste de energía. Un estudio de Hansen y Lewis (1993), concluyó que un aporte de proteína insuficiente es más prejudicial en machos enteros, que en castrados o hembras, confirmando las observaciones de la prueba del SRC (2011).

Pfizer Animal Health (2011) ha estimado las necesidades de lisina digestible estandarizada (SID lys) de machos enteros, castrados e inmunizados, en relación a las necesidades de las hembras (cuadro 12).

Conclusiones

Las principales conclusiones de este trabajo son:

- Los machos enteros son más eficientes que los machos castrados y las hembras.
- La producción de machos enteros presenta ventajas y desventajas que hay que tener en cuenta en la toma de decisión.
- La inmunocastración es una alternativa a la castración física o quirúrgica, su aplicación permite criar a los animales como machos enteros durante la mayor parte de su vida, siendo por tanto más eficientes, y evita el problema del olor sexual de la carne.
- Las necesidades nutricionales, en particular de proteína y energía son diferentes entre los distintos sexos: por este orden, los castrados necesitan más energía que las hembras y los machos enteros; asimismo, los machos enteros necesitan más proteína que las hembras y los castrados.
- Para permitir que los animales alcancen su máximo potencial genético, es conveniente diseñar un programa de alimentación que se ajuste a las necesidades de cada sexo en cada momento del cebo.

Referencias

1. BONNEAU, M. Y SQUIRE, E. (2000) CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE CUALIDADES DE CARNE SUINA.
2. BONNEAU, M. (2006) ACTA VETERINARIA SCANDINAVICA 48 (1) S7.
3. CAMPBELL, R.G. Y TA VERNER, M.R. (1988) JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE 66, 676-686.
4. DIRECTIVA 2008/120/CE. DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA.
5. DECISIÓN DE EJECUCIÓN DE LA COMISIÓN 2011/C 243/06. DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA.
6. DECLARACIÓN EUROPEA SOBRE ALTERNATIVAS A LAS CASTRACIÓN
7. QUIRÚRGICA DE LOS CERDOS (2010).
8. DUNSHEA, F. (2010) EN: PROCEEDINGS OF THE 10TH LONDON SWINE CONFERENCE.
9. EFSA (2004) THE EFSA JOURNAL 91, 1-18.
10. FEDNA. (2006) NECESIDADES NUTRICIONALES PARA GANADO PORCINO: NORMAS FEDNA.
11. FONT I FURNOLS, M. (2002) IRTA-CENTRO DE TECNOLOGÍA DE LA CARNE. MONELLS. GERONA. ESPAÑA.
12. FONT I FURNOLS, M., GISPERT, M., DIESTRE, A. Y OLIVER, M.A. (2003) MEAT SCIENCE 64, 433-440.
13. FREDERIKSEN, B., FONT I FURNOLS, M., LUNDSTROM, K., PRUNIER, A., TUYTTENS, F. Y MIGDAL, W. (2009) ANIMAL 3, 1480-1487.
14. GRINDFLEK, E., MEUWISSEN, T., AASMUNDSTAD, T., HAMLAND, H., HANSEN, M., NOME, T., KENT, M., TORJESEN, P. Y LIEN, S. (2011) JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE 89, 680-692.
15. HANSEN, B.C. Y LEWIS, A.J. (1993) JOURNAL OF ANIMAL SCENCE 71,2122-2132.
16. HANSEN L.L., LARSEN A.E., JENSEN B.B., HANSEN-MOLLER J. Y BARTONGADE, P. (1994) ANIMAL PRODUCTION 59, 99-110.
17. HENNESSY, D., MA, C., LIU, Z., WU, Q. Y Y ANG, H. (2009). EN: PROCEEDINGS OF THE 49TH INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY PE 1 26.
18. ITP. (1993). INSTITUT TECHNIQUE DU PORC.
19. JENSEN, B.B. (2006) ACTA VETERINARIA SCANDINAVICA 48 (1) S6.
20. KEMMER, H., DEHNHARD, M. Y CLAUS, R. (1997). ZEITSCHRIFI FÜR LEBENSMITTELUNTERSUCHUNG UND -FORSCHUNG A 205 (6), 433-436.
21. LIZASO, J. (1994) EN: X CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA.
22. LUNDSTROM, K. Y ZAMARATSKAIA, G. (2006) ACTA VETERINARIA SCANDINAVICA 48 (1). S L.
23. MILLER, E.L. (2002) EN: PROTEIN SOURCES FOR THE ANIMAL FEED INDUSTRY. EXPERT CONSULTATION AND WORKSHOP. BANGKOK.
24. NOBLET, J. (2001) EN: AFIA EDICATIONAL FORUM: NUTRITION CONFERENCE. INDIANAPOLIS, EE.UU.
25. NUTRECO CANADA AGRESEARCH (2009).
26. PFIZER ANIMAL HEALTH (2011). NUTRITION WHITE PAPER.
27. QUINIOU, N., COURBOULAY, V., SALAÜN, Y. Y CHEVILLON P. (2010) 6LST ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION.
28. REAL DECRETO 1135/2002. BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO 278.
29. REAL DECRETO 1132/2010. BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO 233.
30. STEVENSON, P. (2000) COMPARISON IN WORLD FARMING PUBLICATIONS.
31. SUSTER, D., LEURY, B.J., KERTON, D.J., BORG, M.R., BUTLER, K.L. Y DUNSHEA, F.R. (2006) AUSTRALIAN JOURNAL OF AGRICULTURA! RESEARCH 57, 1009-1015.
32. YOKOY AMA, M. T. Y CARLSON, J.R. (1979) THE AMERICAN JOURNAL OF CLINICAL NUTRITION 32, 173-178.
33. ZAMARATSKAIA, G. (2004) DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE. SWEDISH UNIVERSITY OF AGRICULTURA! SCIENCE.
34. ZAMARATSKAIA, G., SQUIRES, E.J., BABOL, J., ANDERSSON, H.K.,ANDERSSON, K. Y LUNDSTROM, K. (2005) LIVESTOCK PRODUCTION SCIENCE 95, 83-88.

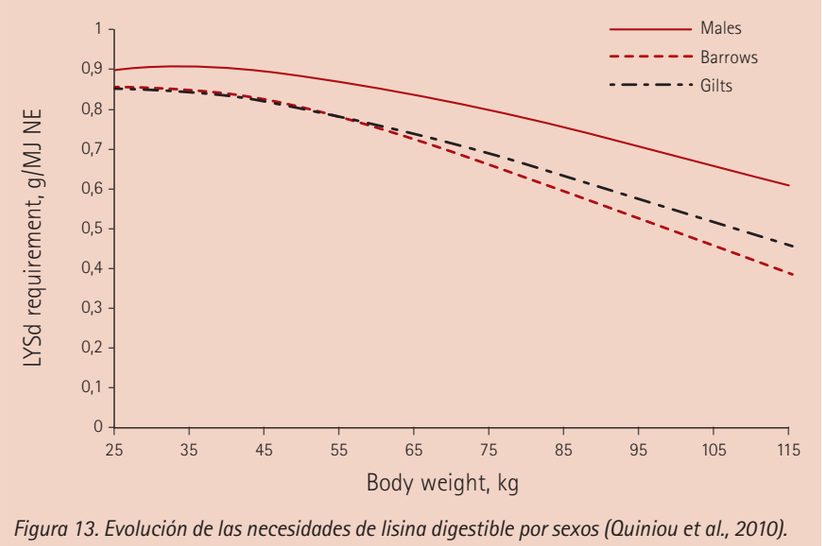

Figura 13. Evolución de las necesidades de lisina digestible por sexos (Quiniou et al., 2010).