

CARACTERIZACIÓN E INFLUENCIA DE LOS PRINCIPALES FACTORES DE PRODUCCIÓN SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE CERDOS DE CEBO EN CONDICIONES COMERCIALES ESPAÑOLAS

P. Agostini^{1*}, C. de Blas² y J. Gasa¹

¹SNiBA, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, josep.gasa@uab.cat. ²Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, c.deblas@upm.es

* Dirección actual: Investigador y Consultor del Poultry Cluster, Schothorst Feed Research, pagostini@schothorst.nl

1.- INTRODUCCIÓN

El sector porcino es el más importante de la ganadería española y generó en 2011 casi 5.200 millones de euros, equivalente a un 34,2% de la producción final ganadera y un 12,4% de la producción final agraria (MAGRAMA, 2012). En 2011 la producción de carne de cerdo fue de aproximadamente 3,5 millones de toneladas equivalente a un 3,45 % de la producción mundial y un 15,5% de la UE-27.

El censo de porcino en España es de poco más de 25 millones de cabezas (MAGRAMA, 2012). Según el informe del Observatorio del Porcino (2012), el grupo más numeroso de animales es el de cebo (61,6%), seguido por los lechones (27,8%) y finalmente un 9,6% corresponde a reproductores. Como muestra la Figura 1, a pesar de que la producción está distribuida por todo el país, las comunidades de Cataluña y Aragón cuentan con la mayor parte del censo de lechones (51%), cebo (50%) y también de reproductores (41%). Además, durante el decenio 2002-2012, ambas comunidades aumentaron su censo total en un 18,5 y 50,9%, respectivamente. En el mismo periodo, salvo Galicia que también aumentó un 42,9% y Castilla y León que apenas varió, el resto de las comunidades autónomas perdieron efectivos (entre el 10 y el 30%). En conjunto se produjo un aumento neto del censo porcino en España de casi un 7.0% entre 2002 y 2012 (Observatorio del Porcino, 2013).

Por otra parte, el sector productivo se organiza genéricamente en tres “formas” de producción: libre, cooperativas de producción y empresas integradoras. De este modo, la Figura 2 presenta la distribución de explotaciones de reproductoras y de engorde en Cataluña según el tipo de régimen de propiedad en la primavera de 2011 (aunque la información se refiere solamente a Cataluña, los resultados pueden extrapolarse al menos a parte del Estado). Se puede observar que en los rebaños de madres, el sistema de producción libre (propiedad) es el predominante mientras que en el caso de los engordes la integración es la forma de producción más común.

Figura 1.- Importancia de las diferentes comunidades autónomas en el censo de lechones, cerdos de engorde y reproductores durante el año 2011 (MAGRAMA, 2012)

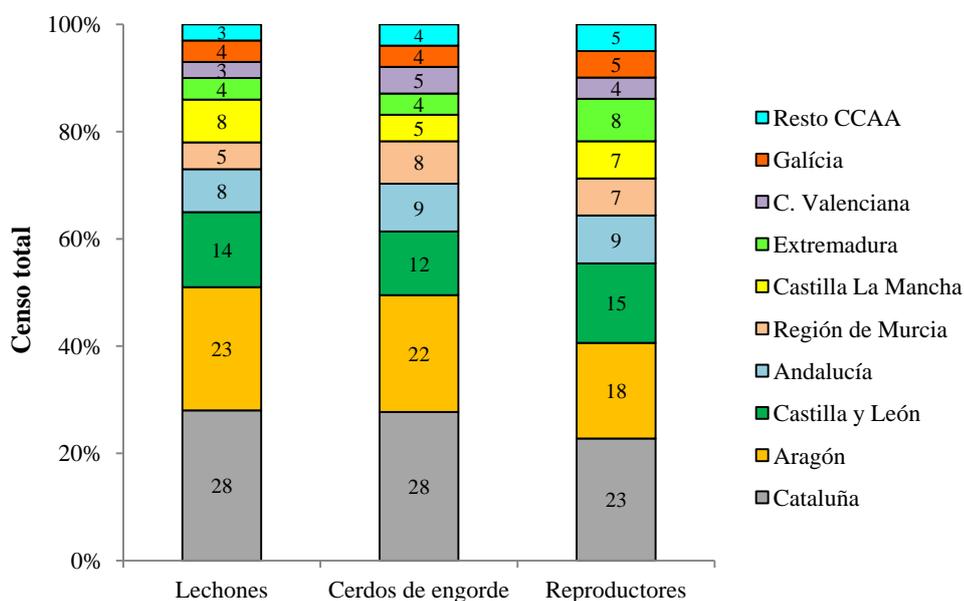
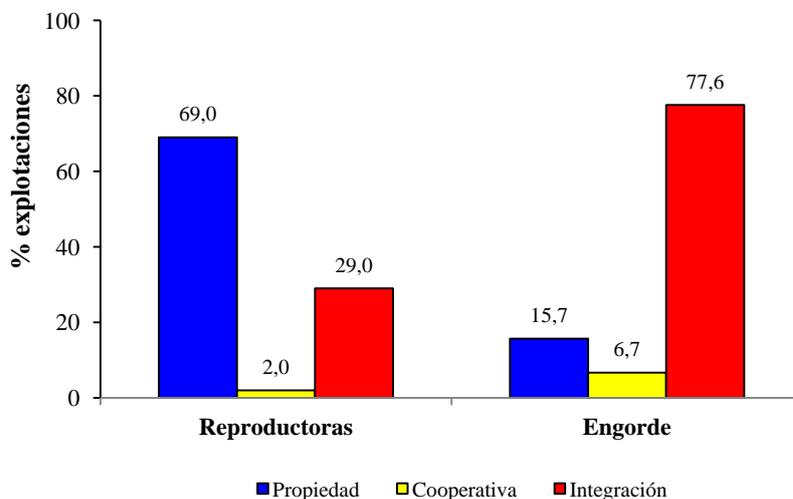


Figura 2.- Distribución de las explotaciones de reproductoras y de engorde de Cataluña según el tipo de régimen de propiedad en los meses de mayo-junio de 2011 (adaptado del DAAM, 2012)



Durante las últimas dos décadas, la porcicultura en su conjunto ha dirigido su atención preferente a abordar nuevos retos que permitan ofrecer un mejor servicio al consumidor y a la sociedad en general. Entre estos nuevos retos se incluye: a) obtener carne y productos cárnicos de calidad contrastada con las máximas garantías de salubridad y trazabilidad, b) garantizar las condiciones de bienestar animal en todas y cada una de las etapas de la cría, el transporte y el sacrificio y c) generar una especial sensibilidad en aspectos medioambientales derivados de la actividad ganadera e industrial asociada al porcino. En la mayoría de los casos, bajo una legislación cambiante y cada vez más restrictiva, abordar estas cuestiones requiere implementar soluciones más eficientes para viejos problemas (generar nuevas líneas genéticas, mejorar las instalaciones, optimizar el ciclo reproductivo, la alimentación y el control de enfermedades, racionalizar la comercialización, etc.).

Según un informe reciente publicado por la empresa SIP Consultors (SIP Consultors, 2011a, 2012), en las condiciones comerciales españolas la fase de crecimiento y cebo supone alrededor del 62% del coste del cerdo de 100 kg de peso vivo. Además, durante esta fase, alrededor de 82% del coste es de alimentación, el 15,7% son costes fijos y de integración y el 2,3% se gasta en medicación.

Por otra parte, un estudio realizado por la misma empresa utilizando más de 350.000 lechones, muestra un grado de variabilidad entre el 10 y el 30% del crecimiento diario, índice de conversión o el coste por plaza y año y porcentajes muy superiores en parámetros como la mortalidad, tanto en las fases de transición como en el crecimiento y cebo (SIP Consultors, 2011b).

Los principales factores que afectan los índices productivos, y consecuentemente los costes del porcino en crecimiento y cebo, son bien conocidos (Losinger, 1998; Cline y Richert, 2001; Quiles y Hervia, 2008, Oliveira et al., 2007, 2009). Entre ellos destacan la línea genética y el tipo comercial de cerdo producido, la alimentación, las condiciones de las instalaciones y el estado sanitario. Existen trabajos científicos que relacionan estos parámetros entre sí, en especial la línea genética y el tipo comercial (Corrêa et al., 2006; Gispert et al., 2007; Latorre et al., 2004), la alimentación (Han et al., 2000; Hill et al., 2007; Mößeler et al., 2010; Niemi et al., 2010) e incluso el estado sanitario (Martinez et al., 2009) o los que se refieren a las condiciones de las instalaciones (Garcimartín et al., 2008; Street y Gonyou, 2008; Averós et al., 2010; Saha et al., 2010).

En los últimos años, ha habido un creciente aumento en la utilización de modelos matemáticos, más o menos complejos, destinados a representar de forma simplificada una realidad que desde el punto de vista matemático se entiende como la descripción de un objeto o un fenómeno real a través del uso de la predicción y/o explicación de un determinado grupo de factores de interés (Villalba, 2000); ello permite trabajar con varios factores, hechos, variables, parámetros o entidades así como discernir las posibles interacciones entre ellos, difíciles de observar en la realidad.

En definitiva, la fase de crecimiento y engorde representa las tres cuartas partes de los costes de producción del cerdo a matadero y conocer y, si es posible, cuantificar el efecto

de los factores que condicionan los rendimientos productivos durante esta fase puede ayudar a jerarquizar los problemas, tomar decisiones y, así, optimizar los costes de producción y aumentar el margen de beneficio. Desafortunadamente, existe poca información que relacione de un modo cuantitativo los factores de producción o los principales parámetros que los definen con los índices de eficiencia productiva y económica, y todavía es más escasa la información referida a las condiciones de producción españolas.

Por tanto, esta colaboración tiene dos objetivos: 1) presentar información actualizada, representativa y fiable que permita conocer la situación real del sector porcino en España en aspectos que las estadísticas oficiales difícilmente contemplan; 2) describir modelos matemáticos, derivados de situaciones y enfoques diferentes, que puedan contribuir a facilitar la toma de decisiones de granjeros, técnicos o empresas ganaderas.

2.- METODOLOGÍA UTILIZADA

Durante los últimos meses del año 2009 se contactó con las 25 empresas más importantes del sector porcino dedicadas al crecimiento y engorde en España explicando el proyecto e invitándoles a participar. A finales de enero de 2010 nueve de las empresas contactadas contestaron afirmativamente. Las nueve empresas acumulan alrededor del 20% de todo el ganado porcino engordado en España.

Utilizando un sistema de encuestas (Agostini, 2013), se obtuvo información de 764 lotes de crecimiento y cebo pertenecientes a 452 granjas con un número de lotes recogido por cada granja variando entre uno y tres. La información obtenida se refiere al periodo comprendido entre julio de 2008 y julio de 2010. La muestra total fue de alrededor de 1.157.212 de cerdos, aproximadamente un 1,5% del número total de cerdos sacrificados en España durante un periodo de dos años. La mayoría de las granjas se localizaban en Aragón (44%) y Cataluña (35%) seguido por Castilla y León (18%).

Una vez recibidas todas las encuestas se procedió a elaborar una base de datos general y bases de datos específicas para el estudio de cada variable. El estudio estadístico de los resultados se realizó en dos fases; i) análisis exploratorio y ii) desarrollo de modelos; para detalles ver Agostini (2013)

Para el análisis exploratorio se utilizó la exploración visual seguido de a) un análisis univariable de los datos, con objeto de conocer a priori las diferentes variables, su distribución y principales estadísticos descriptivos, y b) un análisis bivariable, para conocer posibles correlaciones entre las variables dependientes e independientes. En cuanto al desarrollo de modelos matemáticos, en la bibliografía consultada se encontraron muchos estudios que utilizan modelos empíricos para predecir el efecto de distintos factores que afectan a i) los rendimientos productivos de cerdos de cebo a través del uso de regresiones lineales y no lineales (Losinger, 1998; Losinger et al., 1998; Maes et al., 2000, 2004; Larriestra et al., 2005; Oliveira et al., 2007, 2009), ii) la prevalencia de enfermedades (Keessen et al., 2011; Fablet et al., 2012; Vico et al., 2012), iii) la digestibilidad de nutrientes (Bell y Keith, 1989; Kemme et al., 1997; McCann et al., 2006) o iv) la ingestión voluntaria de pienso (Tsaras et al., 1998; Yoosuk et al., 2011).

En nuestro caso se ajustaron los modelos a partir de las variables que fueron codificadas y patronizadas en la primera etapa mediante aproximaciones por regresión lineal utilizando el método de máxima verosimilitud para el ajuste de los modelos desarrollados. La comparación del ajuste de los modelos se hizo a partir de la proporción de la varianza que era explicada por los distintos modelos, utilizando el coeficiente de determinación (R^2) como criterio de comparación.

3.- FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS DE CRECIMIENTO Y CEBO

Los factores que afectan los parámetros productivos registrados durante el periodo de crecimiento son muchos y muy variados aunque, de una forma sencilla, pueden clasificarse en tres grupos: 1) factores propios del animal, 2) factores estructurales ligados al sistema productivo y 3) factores ambientales y de manejo.

3.1.- Factores ligados al animal

Los factores asociados al animal son responsables de una fracción considerable de la variación de los rendimientos productivos; entre ellos, la genética del macho finalizador, el peso al sacrificio y el sexo/género se consideran los más determinantes.

Las características genéticas ejercen una influencia determinante sobre aspectos clave como el potencial de crecimiento magro, la precocidad o la capacidad máxima de ingestión de alimento. Además, el potencial genético está directamente relacionado con el tipo comercial de cerdo producido y, consecuentemente, con el peso óptimo al sacrificio. Genética y peso al sacrificio muy comúnmente van asociados e incluso pueden condicionar la separación por sexo/género en la granja.

En España, la producción de cerdos, excluyendo los pertenecientes al tronco ibérico, incluye tres “tipos” comerciales: i) cerdo “de verdeo” que se comercializa con bajo peso (máximo 100 kg) y se asocia a la utilización como finalizador de una línea genética que ofrezca una canal con alta deposición magra y mínimo contenido en grasa (ej: Pietrain) (Michalska et al., 2004); se engordan machos enteros y comúnmente se alojan machos y hembras en corrales separados; ii) cerdo “industrial” sacrificado entre 100 y 110 kg de peso vivo y que se asocia a genéticas llamadas “blancas” como por ejemplo finalizadores Large White o Landrace o también cruces de hembras de estas razas con Pietrain. En este caso, se utilizan machos enteros y castrados y el manejo de segregación de sexos es más flexible; y finalmente iii) el cerdo “pesado” o “jamonero” (120 o más kg) que está asociado a líneas genéticas con mayor nivel de grasa en general y de grasa intramuscular en particular; la raza Duroc es la más utilizada como línea padre (Plastow et al., 2005), los machos se castran y no suele haber segregación de sexos. En definitiva, los troncos raciales más utilizados en España para obtener las cerdas híbridas y los machos finalizadores son sin duda el Large White y Landrace en distintas proporciones como línea madre, con alguna incorporación eventual de sangre Duroc, y Pietrain, Landrace y Duroc como línea padre.

En las últimas décadas, se han conseguido avances importantes en la mejora genética de los animales de cebo; el objetivo principal ha sido disminuir la proporción de tejido graso y aumentar la de tejido magro en la canal y, consecuentemente, mejorar el índice de conversión (Gispert et al., 1997). Sin embargo, estas genéticas tienen el inconveniente bien de presentar un nivel insuficiente de grasa intramuscular, que se relaciona directamente con la calidad sensorial de la carne, o bien de depositar escasa grasa de cobertura, parámetro muy importante para conseguir la correcta curación de piezas nobles como el jamón. En este sentido, en los últimos años se observa una tendencia a aumentar el peso al sacrificio de los animales para intentar compensar estas dificultades (Cisneros et al., 1996). En efecto, con el aumento del peso al sacrificio se puede mejorar la deposición de grasa de cobertura (Latorre et al., 2004) y algunas características organolépticas de la carne como el sabor, la ternura y la jugosidad (Piao et al., 2004), debidas en gran medida a una mayor cantidad de grasa intramuscular presente en la carne (Hugo et al., 1999). De hecho, cuando el cerdo se destina a la producción de jamones curados, existe la tendencia a sacrificarlos con un mayor peso dado que se precisa una cantidad mínima de grasa de cobertura e intramuscular en la carne para garantizar su procesado (Latorre et al., 2004). Sin embargo, el hecho de sacrificar animales con mayor peso empeora la eficiencia alimenticia (Cisneros et al., 1996; Latorre et al., 2004) debido a la menor capacidad relativa de deposición de proteína (músculo) y mayor de grasa.

En un estudio realizado por Edwards et al. (2006) se compararon los rendimientos productivos de cerdos oriundos Pietrain y Duroc y se observó que los Duroc presentaron mayores pesos en la semana 26^a, mayor espesor de grasa dorsal y mayor ganancia media diaria entre la semana 10^a y 26^a comparado con los Pietrain. Affentranger et al. (1996) también obtuvieron peor índice de conversión en cerdos entre 25 y 103 kg de la raza Duroc comparada con la raza Pietrain (2,75 vs 2,59 respectivamente).

Según Borja y Medel (1998) y Morales et al. (2010), el potencial de crecimiento magro suele ser mayor en los machos enteros seguido de las hembras y de los castrados. De este modo, la utilización de cerdos no castrados está asociada al sacrificio a pesos inferiores y edades más jóvenes. Según Wise et al. (1996) los machos castrados son menos eficientes que hembras que a su vez son menos eficientes que los machos enteros. En definitiva, habrá granjas que alojarán bien un único sexo o bien una mezcla de hembras con machos enteros o castrados. Además, Niemi et al. (2010) afirman que la segregación de sexos en corrales diferentes permite utilizar piensos específicos para cada sexo/género. El cuadro 1 incluye resultados de diferentes estudios que evalúan las principales diferencias entre sexos/géneros.

Como resultado del estudio descriptivo llevado a cabo a partir de las 454 granjas estudiadas (Agostini et al., 2013) se observó que la mayoría de las granjas engordaban cerdo tipo industrial, utilizaban la raza Pietrain como macho finalizador y machos enteros en lugar de castrados. Además se observó que en la mitad de las granjas se segregaban sexos/géneros en corrales distintos (Figura 3).

Cuadro 1.- Efecto del sexo/género sobre los parámetros productivos y algunas características en la canal del cerdo

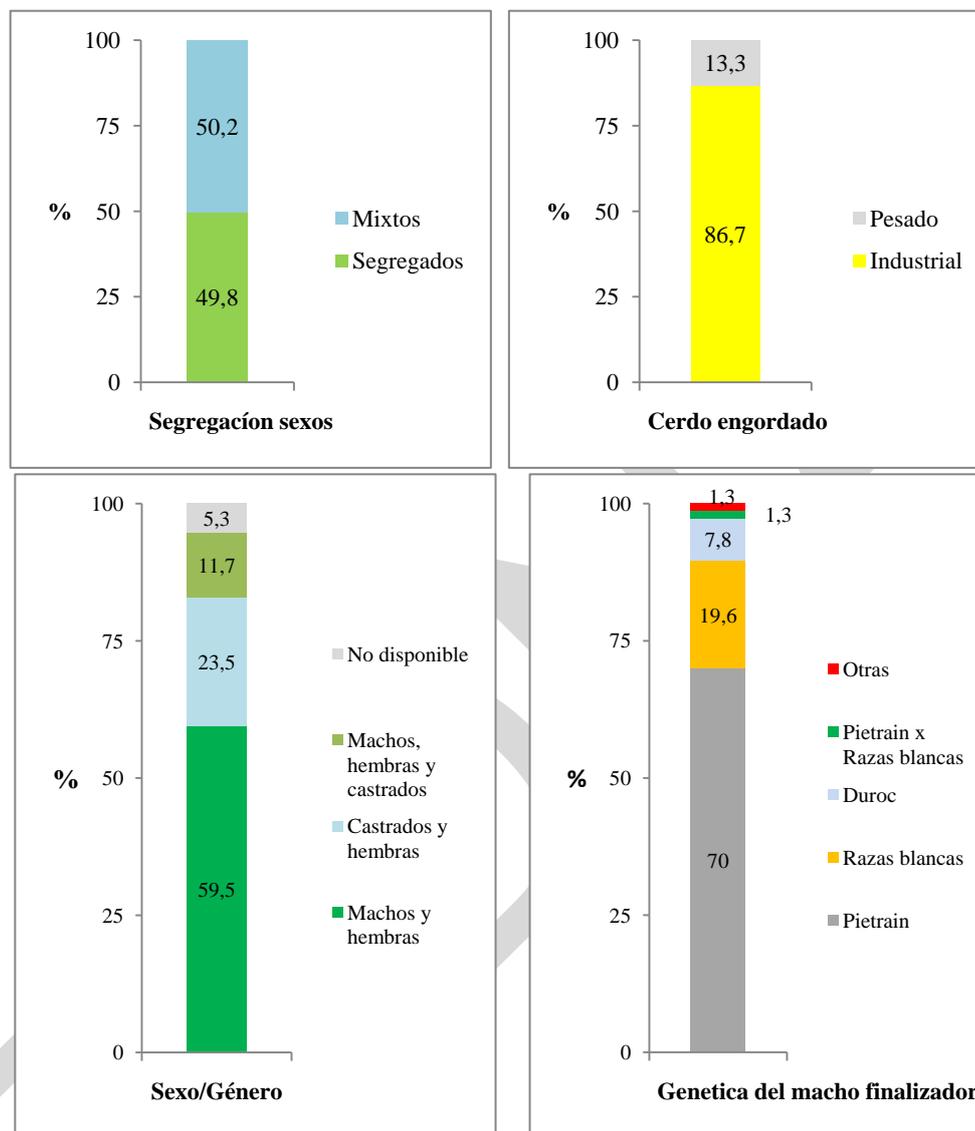
Estudio	Trat.	DUR	CMD	GMD	G:C	IC*
Cisneros <i>et al.</i> (1996)	Castrados (C) Hembras	- 5,5% (C)	-	+ 6,4% (C)	-	-
Dunshea <i>et al.</i> (2001)	Castrados (C) Machos	-	+16,1% (C)	-	-	+ 10,6% (C)
Hamilton <i>et al.</i> (2003)	Castrados (C) Hembras	-	+8,6% (C)	+ 4,4% (C)	- 5,4% (C)	-
Mc Cauley <i>et al.</i> (2003)	Machos (C) Hembras	-	+ 7,9% (C)	+ 13,7% (C)	-	- 9,0% (C)
Turkstra <i>et al.</i> (2002)	Castrados (C) Machos	-	-	- 5,4% (C)	- 6,1% (C)	-
Morales <i>et al.</i> (2010)	Castrados (C) Machos	-	+ 10,6% (C)	-	-	+ 10,6% (C)
	Castrados (C) Hembras	-	+ 8,9% (C)	-	-	+ 3,3% (C)
	Hembras (C) Machos	-	-	-	-	+ 7,5% (C)

Los valores en porcentajes corresponden al aumento o disminución de un determinado índice en relación al tratamiento considerado como el control (C) que aparece entre paréntesis. Todas las diferencias presentadas en la tabla tuvieron una $P < 0,05$.

* Un mayor porcentaje en el IC indica peor IC.

- Trat.: tratamientos.
- DUR: duración del período de crecimiento y engorde.
- CMD: consumo medio diario de pienso.
- GMD: ganancia media diaria de peso.
- G:C: relación ganancia de peso / consumo de pienso.
- IC: índice de conversión.

Figura 3.- Descripción de algunas variables ligadas al animal a partir de 452 granjas de crecimiento y engorde en España (adaptado de Agostini *et al.*, 2013).



El cuadro 2 muestra un resumen de los rendimientos productivos obtenidos en función del macho finalizador, el sexo/género y su posible segregación. Más allá de pequeñas diferencias en la ganancia media diaria que, aunque significativas, apenas superaron el 3%, la principal diferencia se observó en el consumo de pienso y el índice de conversión. Para cerdo tipo industrial, la combinación de macho finalizador Pietrain, presencia de machos enteros y la segregación de machos y hembras en los corrales diferentes presentó el mejor consumo de pienso e índice de conversión. Los cerdos de padre Pietrain consumieron un 9% menos de pienso y convirtieron un 5% mejor que los de padres de razas blancas, mientras que los castrados (de padres de razas blancas) consumieron un 5,4% más y convirtieron igual que los enteros. La segregación de machos y hembras de padre Pietrain no modificó los rendimientos productivos en relación a los grupos mezclados.

Cuadro 2.- Asociación entre variables ligadas al animal (sexo/género, segregación de sexos en los corrales y genética del macho finalizador) y los principales rendimientos productivos en lotes de cerdos industriales (peso final entre 100-110 kg) de 8 empresas productoras en España (adaptado de Agostini et al., 2013)

Sexo/género de los animals Segregación de sexos/generous Genética del macho finalizador	n	CP (kg/cerdo)	GMD (kg/cerdo/día)	DUR (días)	IC (kg/kg)	MORT (%)
Machos y hembras Segregados Pietrain	243	226 c	0,655 abc	154	2,65 c	4,0
Machos y hembras Mixtos Pietrain	180	229 c	0,644 bc	149	2,74 bc	4,6
Machos y hembras Mixtos Razas blancas	24	241 b	0,664 ab	146	2,87 ab	5,2
Castrados y hembras Mixtos Razas blancas	53	253 a	0,678 a	147	2,92 a	4,8
Castrados y hembras Mixtos Duroc	24	242 b	0,674 a	143	2,88 a	4,1
<i>P-valor</i>		<0,01	<0,01	0,40	< 0,01	0,51

Letras diferentes en una misma columna fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

n.- Numero de granjas

CP.- Consumo de pienso

GMD.- Ganancia media diaria de peso

DUR.- Duración total del crecimiento y engorde

IC.- Índice de conversión

MORT.- Mortalidad

Se puede concluir que la genética del macho finalizador, y en menor medida también la de la madre, se elige en función del tipo de producto que se pretende producir y que las características genéticas de los animales condicionarán la edad y el peso al sacrificio y, consecuentemente, el proceso productivo global y especialmente el periodo de engorde. La castración de los machos suele asociarse a la producción de cerdos pesados.

3.2.- Factores estructurales

Analizados las principales variables que afectan al “contenido”, los animales, este epígrafe se ocupa del “continente”; en concreto incluye factores como el sistema de producción, la estructura del engorde y también las características de las instalaciones.

Sistema de producción: El sistema de producción del porcino comercial en España se divide en dos subciclos, de una parte las cerdas y de otra los lechones. El ciclo de las cerdas, se refiere a recria, gestación y lactación y el de los lechones a la transición y el crecimiento y cebo. De este modo, las granjas porcinas pueden presentar diferentes formas de organización y el sistema de producción se puede dividir en hasta tres fases siendo la fase o sitio uno (S1) la que incluye el ciclo de las madres, fase o sitio dos (S2) la que

incluye únicamente el período de destete-transición y fase o sitio tres (S3) la que alberga los animales de crecimiento y cebo.

De este modo, las empresas porcinas pueden organizarse de distintas maneras: a) la granja puede tener las tres fases en el mismo espacio físico (ciclo cerrado = S1+S2+S3); b) presencia en una granja del sitio S1 y S2 y en otra granja del sitio S3 (espacio físico diferente) o bien presentar en una granja el sitio S1 y en la otra los sitios S2 y S3, el sistema “wean to finish” sería un buen ejemplo, o c) presentar cada sitio o fase separadamente (multifases), o sea, cuando cada fase se encuentra en granjas diferentes.

De las 452 granjas encuestadas, aproximadamente el 95% eran específicas de crecimiento y engorde (S3) mientras que el resto incluían la transición además del crecimiento y engorde (S2+S3) (Agostini *et al.*, 2013). De acuerdo con el informe Anual del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2011), España disponía de alrededor de 94,252 explotaciones porcinas en noviembre de 2010, más de la mitad (56%) de crecimiento y engorde (S3), el 10,9% de ciclo cerrado (S1+S2+S3), el 5,5% de transición (S2) y el 23% eran consideradas como “mixtas”.

Con todo, en los sistemas de producción “en fases”, la efectividad de las granjas S3 suele estar relacionada con el número de granjas S1 del que provienen los cerdos alojados en la S3, es decir, con el número de orígenes del que provienen los animales. De este modo, cuando se llena un cebadero con animales de distintos orígenes, se mezclan diferentes tipos de patógenos y niveles inmunitarios, distintos “status” sanitarios, aumentando los factores de riesgo relacionados con la aparición de enfermedades respiratorias (Hurnik *et al.*, 1994; Maes *et al.*, 2000) y gastrointestinales (Yanga *et al.*, 1995), que suelen cursar al menos con un aumento de la mortalidad en la fase de crecimiento y engorde (Maes *et al.*, 2000).

En el presente estudio (cuadro 3) se observó que aproximadamente la mitad de las 452 granjas albergaban cerdos de un único origen (54%) y el resto de dos o más orígenes. En los lotes que produjeron cerdos tipo industrial (624 en total), se observó que cuando los cerdos procedían de una única S1 el periodo de crecimiento y cebo se redujo en un 3,4% (5 días) y mejoró ligeramente el índice de conversión (1,1%). Con todo, la mejora más importante (27%) se produjo en la mortalidad que descendió 1,1 unidades porcentuales cuando los cerdos provenían del mismo origen.

Estos resultados coinciden con los de Maes *et al.* (2004) quienes evaluaron distintos factores de riesgo de mortalidad en cerdos de crecimiento y cebo y observaron que el número de orígenes fue el factor más asociado a la mortalidad, y los lotes con animales de un único origen los que registraron menores mortalidades. Además, por lo general, un aumento en la mortalidad también se refleja en el empeoramiento de otros parámetros productivos como el índice de conversión y la duración de la estancia en el cebadero.

Cuadro 3.- Efecto del número de orígenes de los cerdos sobre los rendimientos productivos de lotes industriales (peso final entre 100-110 kg) de 8 empresas integradoras (n = 624) (adaptado de Agostini *et al.*, 2013)

	n	CP (kg/cerdo)	GMD (kg/cerdo/día)	DUR (días)	IC (kg/kg)	MORT (%)
Origen único	386	234	0,647	148	2,74	4,0
Dos o más orígenes	267	237	0,641	153	2,77	5,1
<i>P-valor</i>		<i>0,12</i>	<i>0,19</i>	<i><0,01</i>	<i>0,04</i>	<i><0,01</i>

n.- Numero de granjas

CP.- Consumo de pienso

GMD.- Ganancia média diaria de peso

DUR.- Duración total del crecimiento y engorde

IC.- Índice de conversión

MORT.- Mortalidad

Condiciones y características de las instalaciones: Entre los factores responsables de la variación de los rendimientos, sin duda, las instalaciones es uno de los factores importantes y a la vez menos estudiado. De hecho, muy a menudo incluso se convierte en el factor más importante, en especial cuando se afecta negativamente el bienestar de los animales (Averós *et al.*, 2010). Entre los aspectos más destacados, referidos a las instalaciones y su interacción con los animales, podemos citar la densidad de animales (Leek *et al.*, 2004; Averós *et al.*, 2010) o las condiciones de aislamiento térmico y de ventilación destinadas a controlar el ambiente interno de las naves (Noblet *et al.*, 2001) pero también otros factores como el tipo de suelo o el tipo y protocolo de manejo de comederos y bebederos.

Sin duda un factor muy importante es la **antigüedad de la edificación** y las modificaciones que se hayan llevado a cabo, ya que de forma indirecta indica la posibilidad real de control de las condiciones climáticas y de habitabilidad interna e incluso, de forma menos convincente, el estado sanitario de la granja. Sin embargo, existe muy poca información que haga referencia a la antigüedad de las edificaciones. En muchos casos ni tan siquiera se conoce con certeza la antigüedad de las granjas y/o de sus instalaciones. De hecho, como resultado del estudio a partir de las 452 granjas, se observó que en el 38% de los casos no se disponía de dicha información, el 11,5% tenían menos de 10 años, el 41,8% entre 10 y 30 años y finalmente el 8,2% tenían más de 30 años de antigüedad. Con todo, Maes *et al.* (2004) evaluaron el efecto de diferentes factores de riesgo sobre la mortalidad de cerdos de crecimiento y cebo y no encontraron diferencias entre ocho niveles de antigüedad (clasificados en periodos de cinco años para construcciones de entre 2 y 41 años).

Otro factor responsable de pérdidas en los rendimientos es la **densidad de animales** en los corrales. En este sentido, la relación entre la superficie útil disponible y el número de animales alojados en una determinada área (densidad animal) y su productividad ha sido ampliamente documentada en las últimas décadas; el resultado es que tanto densidades

bajas como, especialmente, densidades altas empeoran los resultados productivos (Meunier-Salaun et al., 1987; Gonyou y Stricklin, 1998; Hyun et al., 1998b; Turner et al., 2003; Wolter et al., 2003; Street et al., 2008; White et al., 2008), comprometiendo especialmente el consumo de pienso y la ganancia de peso.

Según Dinand Ekkel et al. (2003), la densidad óptima es la que permite a los cerdos delimitar perfectamente las tres áreas de convivencia dentro del corral; un área prioritaria de descanso, otra de alimentación y una tercera de deyecciones. En este sentido, según el BOE (2002), referido a las normas mínimas para la protección de cerdos, la densidad óptima de animales varía de acuerdo con la fase y el peso vivo (cuadro 4), pudiendo variar desde 0,16 m²/animal para cerdos de menos de 10 kg hasta 0,85 m² para cerdos de 110 kg.

Cuadro 4.- Densidad máxima obligatoria para diferentes intervalos de pesos. Comparación entre requerimientos técnicos y legales (adaptado del BOE, 2002 y de EFSA, 2006)

Peso (kg)	Densidad mínima (m ² /animal)	
	Técnico	Legal
< 10	0,16	0,15
10 – 20	0,28	0,20
20 – 30	0,36	0,30
30 – 50	0,50	0,40
50 – 85	0,72	0,55
85 – 110	0,85	0,65

Sin embargo, numerosos estudios demuestran que el efecto de la densidad de animales sobre el bienestar y los rendimientos productivos depende, indirectamente, de otros factores tales como la temperatura ambiente de la nave (Brumm y Miller, 1996; White et al., 2008), el tamaño del grupo alojado en el mismo corral (Patherick et al., 1989; Gonyou y Stricklin, 1998; Turner et al., 2000, 2003; Street y Gonyou, 2008), el tipo de suelo (Corino et al., 2003; Averós et al., 2010) o el espacio de comedero (Morrison et al., 2003). Un informe elaborado por EFSA (2006) indica que durante la estación calurosa sería necesario aumentar un 10% el espacio por animal, dado que el aumento de la temperatura ambiente potencia el efecto negativo de la densidad animal sobre los rendimientos productivos (Kerr et al., 2005). De este modo, en el cuadro 5 se presentan de forma resumida los resultados de un estudio realizado por White et al. (2008) en el que se evaluó el efecto de dos densidades y dos temperaturas ambiente sobre los rendimientos productivos de cerdos de crecimiento y cebo. Como era de esperar, al aumentar la temperatura ambiente de 24 a 32°C se redujo la ingestión de pienso y empeoraron los rendimientos productivos. Sin embargo, reducir la densidad (pasar de 0,66m² a 0,93m² por cerdo) afectó poco los rendimientos productivos a 24°C pero ofreció mejoras de crecimiento diario de hasta un 37,8% cuando la temperatura ambiente fue de 32°C.

Otro aspecto a considerar es que, en condiciones prácticas, la densidad de animales no siempre es uniforme entre corrales de la misma granja y, en todo caso, no es una

información que suele registrarse detalladamente. La forma fácil y práctica de obtener indirectamente esta información es registrando la densidad de la nave, es decir, el resultado de dividir el número total de cerdos alojados por la capacidad teórica de la nave (Maes et al., 2004).

Cuadro 5.- Efectos de la temperatura ambiente y de la densidad de animales sobre la ganancia de peso (GDP), el consumo diario de pienso (CDP) y la relación ganancia de peso:consumo de pienso o eficiencia alimentaria (G:C) (adaptado de White et al., 2008)

	23,9° C		32,2° C		Nivel de significación	
	0,93m ²	0,66m ²	0,93m ²	0,66m ²	T	S
GDP (kg)	0,95	0,84	0,62	0,45	< 0,01	< 0,01
CDP (kg)	3,2	2,9	2,3	2,0	< 0,01	< 0,01
G:C (kg/kg)	0,29	0,28	0,26	0,23	< 0,01	< 0,01

T = efecto de la temperatura; S = efecto del espacio disponible por animal.

Suponiendo una densidad correcta, el **tamaño del grupo** o número de cerdos por corral también puede afectar los rendimientos productivos. En los últimos años la porcicultura industrial ha seguido la tendencia de aumentar el tamaño del grupo en los cebaderos (Penny, 2000), aunque los resultados encontrados en la bibliografía en ningún caso son concluyentes (Turner y Edwards, 2000).

De acuerdo con Wolter y Ellis (2002), los grupos con más de 50 cerdos pueden ofrecer beneficios económicos, de bienestar y también de manejo. En grupos grandes, se minimiza el estrés de los individuos subordinados debido a que tienen más espacio en el corral para huir y evitar el contacto con los dominantes (Turner et al., 2000). Por el contrario, otros estudios muestran que hay una pérdida de eficiencia a medida que se aumenta el tamaño del grupo; los resultados de Turner et al. (2003) así lo indican. El estudio indica que al aumentar el tamaño del grupo se reduce el crecimiento diario, mientras el índice de conversión empeora en el crecimiento y engorde pero no durante la transición.

En las 452 granjas evaluadas se observó que el 9,3% alojaban menos de 13 cerdos por corral, el 87,2% entre 13 y 20 cerdos y solamente 1,1% alojaban más que 20 cerdos por corral (Agostini et al., 2013). Además, se observó que los lotes con menos de 13 cerdos presentaron una ligera mejora en el consumo de pienso, crecimiento e índice de conversión; aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas en comparación con lotes de 13 a 20 cerdos. Con todo, en cuanto a los días totales de cebo, se observó una reducción del 3,5% favorable a lotes con menos de 13 cerdos por corral (145 vs. 150 días).

El **suelo** de los corrales de crecimiento y cebo suelen ser de cemento/hormigón y en la inmensa mayoría de los casos disponen de una fracción (entre el 20 y el 100%) de emparrillado (“slat”). El emparrillado ha de ser legalmente homologado (un máximo de 18 mm de superficie de luz y un mínimo de 80 mm de superficie de costilla) para facilitar la limpieza y minimizar la posibilidad de accidentes locomotores (BOE, 2002).

En este sentido, la importancia del tipo de suelo radica en la proporción de “slat”, al estar indirectamente relacionado con las emisiones de amoníaco y otros gases nocivos dentro de la nave, que pueden afectar tanto el bienestar como los rendimientos productivos de los animales. Estudios como los de Sun et al. (2008) y Ye et al. (2009) comparan las emisiones de amoníaco en corrales con suelos con “slat” total o parcial, concluyen que en los segundos se producen menores emisiones y mejor calidad del aire. También, Aarnink et al. (1996) afirman que disminuyendo el área de “slat” del corral de 50 para 25% los niveles de amoníaco se redujeron casi un 11%. En ambos casos, los resultados pueden ser explicados por una reducción del área de contacto de los purines con el aire circundante bajo el suelo combinado con el hecho que el suelo compacto suele caracterizarse por ser el área limpia del corral (Xavier-Philippe et al., 2011).

En nuestro estudio, la mayoría de la granjas (70%) tenían corrales con 50% o más de emparrillado mientras que el 28% tenían menos de 50% y el 2% de las 452 granjas estudiadas no facilitaron dicha información. En este caso también se observó una ligera ventaja de ganancia de peso (0,649 vs. 0,641 g/día) de los lotes engordados en corrales con menos de 50% de “slat” (Agostini et al., 2013). Según Hacker et al. (1994), si las condiciones ambientales no resultan limitantes, los cerdos definen con precisión tres áreas específicas en el corral; de alimentación, descanso y deyección, prefiriendo descansar en áreas de suelo compacto y eliminar las excretas en áreas de “slat”. Sin embargo, otros estudios (Nollet et al., 2004) muestran que la presencia de emparrillado total supuso un efecto protector sobre los cerdos en cuanto a la prevalencia de Salmonella en comparación con el “slat” parcial, debido a un menor contacto de los animales con las heces. Esta contradicción puede obedecer al hecho de que la respuesta de los animales a la proporción de “slat” no suele ser diáfana, dado que interacciona con otros factores como el volumen y forma de la fosa (factores que determinan la frecuencia de vaciado y la superficie de exposición al aire del purín), la temperatura ambiental, la densidad de animales o el sistema de ventilación (Aarnink et al., 2006; Guingand et al., 2010).

El potencial genético del cerdo, la concentración energética y de nutrientes del pienso y las condiciones ambientales, probablemente son los principales factores determinantes del consumo de pienso; pero el **tipo, diseño y disponibilidad de los comederos** pueden tener también una importancia capital y están directamente asociados a variaciones en los rendimientos productivos. De este modo, a nivel de granja, el índice de conversión se obtiene a partir de la medida del consumo, que incluye la ingestión de pienso por parte de los animales más el desperdicio asociado al propio proceso de ingestión y al manejo del pienso. La diferencia entre consumo e ingestión se explica en gran medida por el tipo y manejo de los comederos. En cualquier caso, existen numerosos estudios en la literatura (Walker, 1990; Gonyou y Lou, 2000; Magowan et al., 2008) que evalúan el efecto del tipo

de comedero sobre el consumo de pienso y los rendimientos productivos durante la fase de crecimiento y cebo.

En general, en las granjas de crecimiento y cebo encontramos bien comederos denominados multi-espacio (tolva) o bien uni-espacio (holandés); en este último caso con o sin bebedero incorporado. Observamos que de las 452 granjas, alrededor del 75% disponían de un comedero uni-espacio (holandés), 21% con bebedero incorporado y 54% sin, mientras que el 24,3% del total de granjas disponían de un comedero multi-espacio (Agostini et al., 2013).

Según Walker (1990), el hecho de que el consumo de pienso sea similar en cerdos alimentados en ambos tipos de comederos pero que el índice de conversión sea mejor en el comedero uni-espacio sugiere que el grado de desperdicio de pienso es superior en el comedero multi-espacio. Por otra parte, estudios llevados a cabo por Walker (1990), Payne (1991) y Gonyou y Lou (2000) concluyen que cerdos de cebo alimentados en comederos con un bebedero incorporado mejoraron sus rendimientos productivos. En este sentido, Gonyou y Lou (2000) afirman que la incorporación de agua en los comederos reduce el tiempo destinado a comer y Hartog y Smits, (2005) sostienen que con comederos en seco los animales necesitan más tiempo para consumir su ración diaria. El cuadro 6 muestra cómo los cerdos alimentados en comederos con pienso seco (sin agua incorporada) pasan más tiempo comiendo y realizan más visitas al día al comedero que aquellos alimentados en comederos con un bebedero incorporado.

Cuadro 6.- Diferencia de rendimiento entre grupos de cerdos alimentados en un comedero uni-espacio sin o con bebedero incorporado (adaptado de Hartog y Smits, 2005)

	Comedero Seco	Comedero con chupete
Duración de la comida (min/día)	104	86
Número de visitas al día	60	37
Consumo de pienso (kg/día)	2,66	2,82
Ganancia media diaria (g)	873	917

Con todo, algunos otros estudios reflejan beneficios favorables a los comederos multi-espacio. O'Connell et al. (2002) observaron mayor ganancia de peso y consumo de pienso, además de menos agresiones con este tipo de comedero. De acuerdo con Young y Lawrence (1994), ello ocurriría debido a un mayor grado de competencia por la reducción en el espacio de comedero por animal en los uni-espacio en comparación con los multi-espacio.

Así, por ejemplo, la comparación entre dos comederos puede ofrecer resultados contrarios dependiendo de la edad o peso vivo del cerdo. Aunque hay una componente individual evidente (Nielsen, 1995), el cerdo joven en crecimiento, comparado con el de engorde y acabado, realiza más visitas diarias al comedero e ingiere menor cantidad de pienso por visita (Rauw et al., 2006) y, por ello, registra una mayor ocupación de comedero y precisa mayor espacio de comedero por cerdo. En este sentido el comedero multi-espacio

se asociaría a animales jóvenes y el uni-espacio a cerdos más pesados (Magowan et al., 2008). Desde un punto de vista teórico, para garantizar la máxima ingestión cuando se utilizan comederos uni-espacio, la densidad (cerdos por comedero) debería ser inferior al principio del crecimiento que al final del cebo. Por otra parte la densidad de cerdos por corral también afecta a la eficiencia de utilización del comedero, ya que si es excesiva se reducen el número de visitas diarias y la ingestión por visita y cerdo (Hyun et al., 1998b).

Los principales objetivos del **sistema de ventilación** (Wathes, 1994; Hadina et al., 2003) son: a) controlar el acúmulo de gases, partículas de polvo y olores potencialmente nocivos y aportar oxígeno a los animales, b) controlar el grado de humedad ambiental que facilita la respiración de los animales y preserva la durabilidad de la instalación y el utillaje y c) controlar la temperatura interior de las naves para procurar mantener los animales en la zona de confort climático y dentro del intervalo de neutralidad térmica. Las dos primeras funciones son prioritarias en condiciones de invierno y la tercera lo es en verano. Según Forcada et al. (1997), la mayoría de las instalaciones de engorde españolas no disponen de ventilación dinámica sino que suelen estar equipadas con ventilación estática con automatización de ventanas. En efecto, el 71% de las granjas encuestadas disponían de un sistema automático de ventilación (Agostini et al., 2013). El cuadro 7 incluye las recomendaciones mínimas de ventilación para cerdos entre 11 y 120 kg de peso, dependiendo de las condiciones de temperatura ambiental.

Cuadro 7.- Ritmo de ventilación recomendado utilizando ventiladores habituales (adaptado de Gadd, 2007)

Peso (kg)	Ritmo de ventilación (m ³ /minuto)		
	Condiciones frías	Condiciones normales	Condiciones cálidas
11 – 25	0,09	0,43	0,99
25 – 68	0,20	0,68	2,12
68 – 120	0,28	1,00	3,40

La separación en frías/normales/cálidas se refiere a mantener los animales dentro de la zona de confort térmico, sin sufrir estrés por frío o por calor.

Según Banhazi et al. (2004), el aumento de los niveles de gases nocivos (CO₂, NH₃, SH₂) en la nave son síntoma inequívoco de una ventilación insuficiente y son responsables directos de enfermedades respiratorias (Fablet et al., 2012). Además, el aire interior de las naves puede actuar como un reservorio de microorganismos potencialmente patógenos (Wathes, 1994). Los niveles máximos permitidos de estos gases y el posible efecto que ejercen sobre los animales pueden consultarse en la “guía de las mejores técnicas disponibles en el sector porcino” publicada en 2006 conjuntamente por los ministerios de Agricultura, Pesca y Alimentación y el de Medio Ambiente.

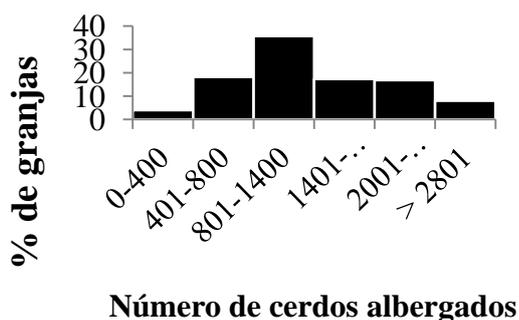
Los estudios que evalúan el efecto del sistema de ventilación sobre los rendimientos productivos de cerdos de cebo son escasos en la literatura. Choi et al. (2010), demuestran, en lechones en transición, mejores rendimientos en naves equipadas con ventilación dinámica que en aquellas con ventilación natural. El mejor resultado a favor de la

ventilación dinámica se explica por un control más eficiente de temperatura y calidad del aire dentro de la nave. Nuestros datos indican que, con cerdos tipo industrial, se observa una mejora del 2,3% en el índice de conversión (2,72 vs 2,78 kg/kg) y del 16,3% en la tasa de mortalidad (4,1 vs 4,7%) cuando se utiliza ventilación dinámica en comparación a la estática (Agostini et al., 2013). Sin embargo, Oliveira et al. (2009) evaluaron, en condiciones mediterráneas, varios factores de riesgo de la mortalidad y el consumo de pienso de cerdos en crecimiento y cebo y no encontraron ningún efecto significativo de la ventilación (natural vs automática) en ambos parámetros estudiados.

El **tamaño de la granja**, se puede medir de diferentes formas y, según Gardner et al. (2002), el criterio utilizado en crecimiento y cebo es muy variable y puede incluir: 1) el número de cerdos sacrificados al año, 2) el número de cerdos alojados en la granja con edades comprendidas entre el destete y el sacrificio o 3) el número total de cerdos de la granja y número de cerdos alojados por nave o por lote. El tamaño de la granja se considera un importante factor de riesgo sanitario y de bioseguridad, al estar directamente ligado a la aparición de enfermedades (Gardner et al., 2002). Los resultados encontrados en la literatura son bastante variables, debido probablemente, a los diferentes criterios utilizados para clasificar el tamaño de las granjas o a otros factores implicados como las prácticas de manejo, los protocolos de vacunación, alimentación y bioseguridad.

Maes et al. (2004) encuentran una tendencia a reducirse la mortalidad en granjas pequeñas (el total de granjas estudiadas contenían entre 65 y 1288 cerdos alojados por lote) y Oliveira et al. (2007) observan una disminución en los días medios de crecimiento y cebo también en granjas pequeñas (≤ 400 vs > 400 cerdos) debido a una mejora en la ganancia diaria de peso. A nivel de campo, granjas o lotes más pequeños permiten conseguir con más facilidad el "todo dentro/todo fuera" mejorando de esta forma el estatus sanitario, mientras que para llenar las granjas grandes puede ser necesario bien utilizar un periodo más largo o bien alojar lechones de diferentes orígenes, comprometiendo en ambos casos el estatus sanitario. En el estudio con las 452 granjas, un 36% podían albergar entre 801 y 1400 animales y un 88% entre 401 y 2800 (figura 4). Al igual que los autores anteriores, y para cerdos de tipo industrial, también se observa un mayor crecimiento (2-3%) y menor tiempo de permanencia (11-15 días) y una menor mortalidad (15-23%) en granjas que albergan menos de 800 animales (tabla 8).

Figura 4.- Capacidad de cerdos alojados por granja de crecimiento y engorde (n = 452 granjas) (adaptado de Agostini et al., 2013)



Cuadro 8.- Efecto del número de cerdos alojados sobre algunos parámetros productivos de cerdos de crecimiento y engorde (adaptado de Agostini et al., 2013)

	Nº lotes	Ganancia media diaria (kg/día)	Duración total (días)	Mortalidad (%)
< 800 cerdos	146	0,656 ^a	141 ^c	3,9 ^b
800-2000 cerdos	348	0,643 ^b	152 ^b	4,5 ^a
> 2000 cerdos	159	0,636 ^b	156 ^a	4,8 ^a
<i>P valor</i>	-	<0,01	<0,01	<0,01

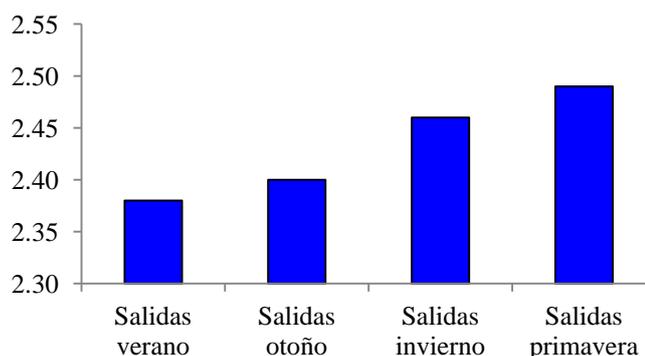
Letras diferentes en una misma columna fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$).

3.3.- Factores ambientales

Entre los factores ambientales son especialmente importantes: 1) la época del año en que los cerdos llegan al cebadero, y 2) los múltiples aspectos relacionados tanto con la alimentación como con el nivel sanitario de la granja.

Estación de entrada al cebadero: La época del año en que los animales inician el periodo de crecimiento y cebo y el periodo de permanencia en las granjas está asociada, fundamentalmente, a la variación de las condiciones climatológicas entre las que destaca la temperatura ambiente. En este sentido, es de esperar que durante el 2º (primavera) y el 4º trimestre (otoño) las condiciones climatológicas (principalmente la temperatura) sean más suaves que durante el 1º y el 3º trimestres (invierno y verano respectivamente) donde hay mayor riesgo de sobrepasar la temperatura crítica efectiva inferior y superior y sufrir estrés por frío o calor, respectivamente. Por otra parte, en naves mal acondicionadas, las variaciones diarias de temperatura, que se dan en momentos concretos de la primavera y el otoño, pueden ejercer un efecto determinante a la hora de contraer enfermedades respiratorias (Goodwin, 1985). La figura 5 muestra los valores medios de índice de conversión corregido, para un peso entre 25 y 100 kg y piensos de 3.150 Kcal de EM, de cerdos alojados en una granja experimental entre los años 1995 y 2001.

Figura 5.- Influencia de la época del año sobre el índice de conversión (kg/kg) de cerdos en crecimiento-cebo (adaptado de Santomá y Pontes, 2004).



Estos resultados fueron confirmados con las 452 granjas de nuestro estudio, ya que se observó peor índice de conversión y mayor mortalidad con lotes de cerdos que iniciaron el periodo de crecimiento y cebo en invierno, siendo los mejores resultados los encontrados en lotes entrados en verano (cuadro 9). El consumo de pienso fue menor con lotes que iniciaron el periodo de crecimiento y cebo en verano. Esta reducción en la eficiencia alimentaria observada en lotes entrados en invierno se asocia a la utilización de parte de la energía del pienso para mantener la temperatura corporal (Gonyou et al., 2000).

Por otra parte, otros estudios reflejan una reducción de la eficiencia productiva de los cerdos durante los meses más calurosos del año. Schoder et al. (1993) y Maes et al. (2001) observaron un aumento de la mortalidad durante los meses de verano con un máximo en el mes de septiembre. En el cuadro 9 se presentan distintos estudios que evaluaron los rendimientos productivos de cerdos sometidos a diferentes temperaturas ambiente o engordados en distintas estaciones.

Cuadro 9.- Efecto de la estación del año o la temperatura ambiente sobre los parámetros productivos de cerdos en crecimiento y engorde

Estudio	Tratamientos	CTP	CMD	GMD	G:C	IC	MORT
Hyun et al. (1998a)	24 °C 28-34 °C (C)	-	- 8,7% (C)	-	-	-	-
Le Bellego et al. (2002)	22 °C 29 °C (C)	-	- 15% (C)	- 13% (C)	-	-	-
Maes et al. (2004)*	Jan-Feb-Mar Abr-May-Jun Jul-Ago-Sep Oct-Nov-Dic (C)	-	-	-	-	-	+ 10,3% (C)
White et al. (2008)	23,9 °C 32,2 °C (C)	-	- 31% (C)	- 46,4% (C)	- 17,9% (C)	-	-
Fagundes et al. (2009)	17,6-26,6 °C 22,5-33,2 °C (C)	-	- 16,6% (C)	- 12% (C)	-	-	-
Agostini et al. (2013)*	Abr-May-Jun Oct-Nov-Dic (C)	+ 6,2% (C)	-	-	-	+ 3,0% (C)	+ 37% (C)

Los valores en porcentajes corresponden al aumento o disminución de un determinado índice en relación al tratamiento considerado como el control (C) que aparece entre paréntesis. Todas las diferencias presentadas en la tabla tuvieron una $P < 0,05$.

* Los animales fueron alojados en los trimestres asignados.

CTP: consumo total de pienso por cerdo. CMD: consumo medio diario de pienso. GMD: ganancia media diaria de peso.

G:C: relación ganancia de peso / consumo de pienso. IC: índice de conversión. MORT: mortalidad.

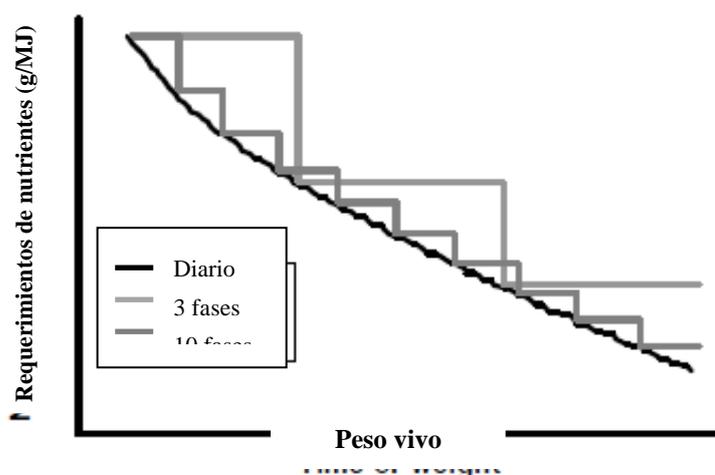
En definitiva, controlar las condiciones ambientales en el interior de las naves, y más concretamente mantener las variaciones de temperatura dentro del intervalo de neutralidad térmica de los animales, contribuye a optimizar los rendimientos productivos. Este control resulta más fácil obtenerlo en naves bien aisladas y se consigue eligiendo el programa de ventilación más adecuado para cada región o zona geográfica.

Alimentación y su manejo: La alimentación es sin duda uno de los factores de producción que más contribuye a alcanzar los índices productivos potenciales del cerdo.

Uno de los aspectos posiblemente más importantes sea conseguir el mejor ajuste entre el valor nutritivo del pienso y las recomendaciones nutritivas del animal a lo largo del periodo de crecimiento y cebo. Para ello inicialmente se parte de información bibliográfica publicada por distintos organismos nacionales (FEDNA) o internacionales (AFRC británico, INRA francés, NRC americano, CVB holandés,...) que el nutricionista adapta a una realidad práctica concreta, mediante el conocimiento exhaustivo de las condiciones de producción y la experiencia acumulada mediante pruebas de “ensayo y error”. Sin embargo, la alimentación a nivel de granja contempla muchas más variables; factores como el número de piensos utilizados en cada fase, el momento de cambio de un pienso a otro (Han et al., 2000) o tener la posibilidad de confeccionar piensos diferentes por género (machos, hembras y castrados) (Hill et al., 2007), sin duda contribuyen a optimizar la alimentación. Otros aspectos que resultan de interés son la forma física de presentación del pienso; harina o gránulo (Möbeler et al., 2010), la práctica de la alimentación líquida (Missotten et al., 2010) o el manejo del pienso en granja asociada al tipo de comedero y a las pérdidas de pienso por desperdicio (Magowan et al., 2008). Además, el agua de bebida es un factor clave, principalmente en relación a su calidad física, química y/o biológica. Algunos de estos aspectos serán ampliados a continuación.

Contemplar la posibilidad de utilizar mayor **número de fases o piensos** a lo largo del periodo de crecimiento y engorde persigue realizar un ajuste más preciso entre la composición del pienso y las recomendaciones nutricionales del animal para optimizar los rendimientos productivos, minimizar el impacto ambiental y reducir costes. Según Pomar et al. (2009), la tecnología actual permite diseñar, e implementar a nivel de granja, programas de alimentación capaces de ajustar la cantidad correcta de pienso a las necesidades diarias de los cerdos (figura 6).

Figura 6.- Concentración de un nutriente en el pienso de cerdos de crecimiento y engorde de acuerdo con un sistema diario, de tres y de diez piensos (adaptado de Pomar et al., 2009)

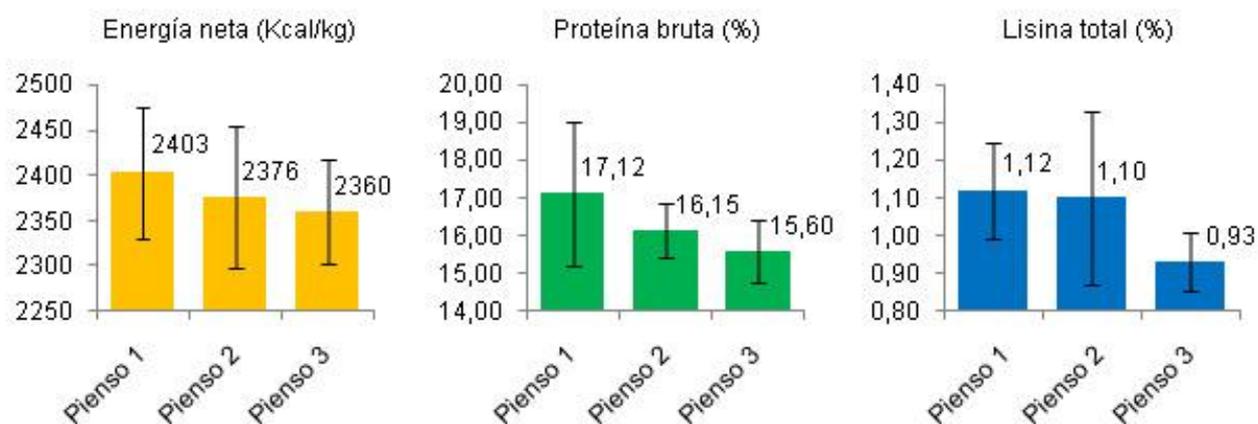


En cualquier caso, a nivel práctico no es fácil implementar programas de crecimiento y engorde que incluyan más de tres o cuatro piensos por dos motivos: 1) la logística de

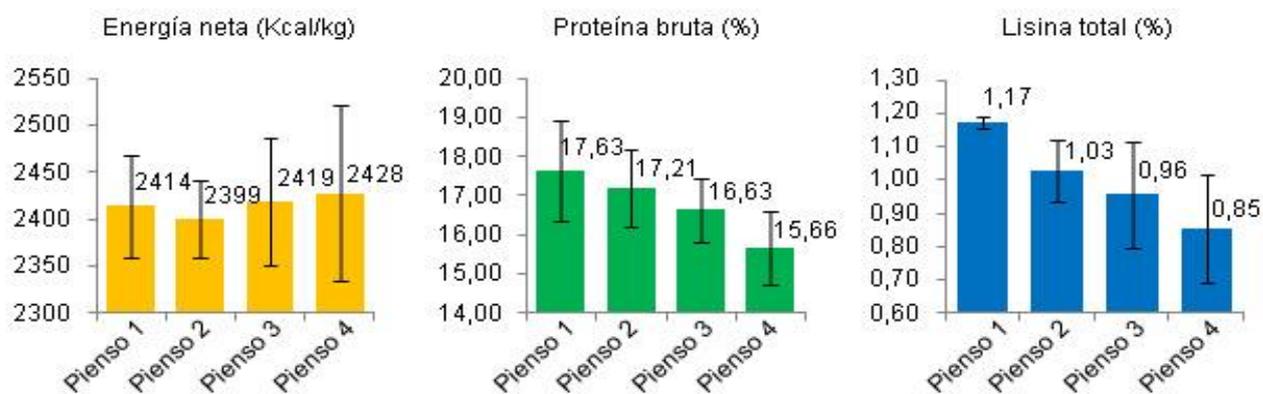
preparación del pienso a nivel de fábrica y/o de transporte hasta las granjas no es simple; solamente empresas con un volumen grande de producción podrán hacer un uso eficiente de más de cuatro piensos y 2) al evaluar el binomio “coste-riesgo vs beneficio” la medida no resulta recomendable. En las 452 granjas estudiadas se observa que el 75% utilizan tres fases o piensos mientras que el 24% contemplan cuatro fases y solamente el 1% dos piensos (Agostini et al., 2013).

Figura 7.- Medias y desviaciones estándar de los contenidos de energía, proteína bruta y lisina total de los piensos utilizados durante la fase de crecimiento y cebo

a) Granjas con tres piensos (75% del total)



b) Granjas con cuatro piensos (24% del total)



Por otra parte, en la figura 7 se muestra la composición media en energía neta (kcal/kg), proteína bruta (%) y lisina total (%) de los piensos utilizados por las distintas granjas y empresas evaluados. Las desviaciones estándar incluyen tanto la variación entre empresas como dentro de cada empresa; en este sentido, la composición de los piensos de las granjas integradas en una misma empresa fue bastante homogénea (valores de desviación estándar entre 0 y 38 kcal/kg de EN, 0 y 0,72% de PB y entre 0 y 0,07% de lisina total), comparada con las diferencias observadas entre las distintas empresas (valores de 94 kcal/kg de EN, 1,91% de PB y 0,23% de lisina total). Finalmente, la variabilidad observada en los niveles de energía neta del “pienso 4” se debe a que casi la mitad de las granjas que utilizaban cuatro piensos producían cerdos industriales y el nivel de energía neta del pienso consumido en estas granjas fue más elevado que en las granjas productoras

de cerdos pesados. De hecho, el número de piensos de crecimiento y engorde también depende de los pesos de entrada y salida de los animales y, consecuentemente, del tiempo de permanencia de los cerdos en la nave.

En definitiva, conforme aumenta el número de piensos diferentes administrados durante el periodo de crecimiento y cebo existe en teoría un potencial de mejora de los rendimientos productivos de los animales y de reducción de la contaminación ambiental por deyecciones. Sin embargo en la práctica el número de piensos utilizados suele variar entre dos y cuatro por motivos tanto logísticos como económicos.

La forma de presentación del pienso puede afectar a los rendimientos productivos; lo más habitual es administrar los piensos en seco, bien en forma de harina o bien en granulado (pellet), aunque en los últimos años también ha recibido especial atención la alimentación en forma líquida.

Rantanen et al. (1995) y van Heugten et al. (1997) mostraron que, en condiciones experimentales, los piensos granulados se utilizan más eficientemente que la harina al mejorar el índice de conversión, la digestibilidad y la ganancia media diaria. El extracto etéreo es la fracción que registra un mayor aumento de digestibilidad con el granulado (Noblet, 2012). De acuerdo con Schell y van Heugten (1998), la mejora del índice de conversión con el granulado puede variar entre un 4 y un 6% con respecto a la harina.

La alimentación en forma líquida en porcino ha surgido como una vía para reducir los costes de producción, especialmente si en el proceso se utilizan coproductos generados por la industria agroalimentaria (Scholten et al., 2002). Esta reducción de costes puede variar entre un 10 y un 25 % (Scholten et al., 2000; Palomo, 2007; Rodríguez-Estévez et al., 2007). Para más información acudir a las revisiones de Scholten et al. (2000) y Canibe y Jensen (2003).

Entre las 452 granjas, la totalidad de las que engordaban un cerdo tipo industrial utilizaban piensos granulados mientras que el 74% de las granjas de cerdos pesados utilizaban piensos en harina (Agostini et al., 2013).

Los resultados obtenidos a nivel de campo son variables y, en ocasiones, incluso contradictorios. El cuadro 10 incluye los resultados de algunos estudios que evaluaron los rendimientos productivos y la prevalencia de salmonella de cerdos de crecimiento y engorde dependiendo de la forma física de presentación del pienso.

Cuadro 10.- Efecto de diferentes formas de presentación del alimento sobre los parámetros productivos y la prevalencia de salmonella en cerdos en el crecimiento y engorde

Estudio	Tratamientos	CMD	GMD	IC	S
Rantanen et al. (1995)	Pienso harina Pienso pellet (C)	- 6,3% (C)	-	- 4,3% (C)	-
Scholten et al. (1997)	Pienso liquido (harina + agua) Pienso liquido (coproductos) (C)	-	+ 3,6% (C)	- 4,1% (C)	-
Jensen y Mikkelsen (1998)*	Pienso seco Pienso líquido (C)	-	+ 4,4% (C)	- 6,9% (C)	-
Yang et al. (2002)	Pienso harina Pienso pellet (C)	-	-	- 6,0% (C)	-
	Pienso pellet roto Pienso pellet (C)	-	-	- 5,1% (C)	-
Farzan et al. (2006)	Pienso seco Pienso líquido (C)	-	-	-	- 4,1 (C)
Potter et al. (2010)	Pienso harina Pienso pellet (C)	-	-	- 5,3% (C)	-

Los valores en porcentajes corresponden al aumento o disminución de un determinado índice en relación al tratamiento considerado como el control (C) que aparece entre paréntesis. Todas las diferencias presentadas en la tabla tuvieron una $P < 0,05$.

* Valores promedios obtenidos a partir de un comparativo entre 9 experimentos.

CMD: consumo medio diario de pienso.

GMD: ganancia media diaria de peso.

IC: índice de conversión.

S: prevalencia de Salmonella.

Factores sanitarios: la aparición de enfermedades en las granjas muy comúnmente está relacionada no solo con la presencia del/los agente/s causal/es sino también con otros factores de producción que pueden actuar de forma predisponente. Entre estos factores predisponentes destacan el manejo, las instalaciones, la nutrición o el rigor de aplicación de las medidas de bioseguridad. Tanto las enfermedades como el grado de cumplimiento de las medidas de bioseguridad influyen directamente sobre los rendimientos productivos (cuadro 11).

En cualquier caso, los tratamientos terapéuticos son bastante comunes en los cebaderos, en especial tras la prohibición del uso de los antimicrobianos promotores de crecimiento en enero de 2006. Comúnmente se utilizan antibióticos, de forma preventiva o curativa, para resolver los problemas sanitarios que comprometen los rendimientos productivos. Los preparados antibióticos se ofrecen a los animales por tres vías: el pienso, el agua de bebida o de forma inyectable. Según Miller et al. (2003), cuantificar la frecuencia de utilización de antibióticos podría ser un índice indirecto del estado sanitario del rebaño y estar inversamente relacionado con algunos parámetros productivos.

Cuadro 11.- Efecto de la presencia del virus del PRRS y del grado de control de la bioseguridad sobre el crecimiento, conversión alimentaria y mortalidad de credos en crecimiento y engorde (adaptado de Dritz, 2012 y citado por Patience, 2013)

	GMD (g/d)	IC (g/g)	Mortalidad (%)
PRRS			
- Negativo	835 ^a	2,88 ^a	4,2 ^a
- Positivo	804 ^b	2,93 ^b	5,7 ^b
Bioseguridad			
- Buena	831 ^a	2,88 ^a	4,8
- Mala	804 ^b	2,97 ^b	5,5

Letras diferentes en una misma columna fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$).

De hecho, el estudio de Dionissopoulos (1997), muestra como el “status sanitario” por sí solo, y sin necesidad de que los animales presenten síntomas ni exista ninguna enfermedad diagnosticada, afecta los parámetros productivos de los cerdos en crecimiento y cebo (cuadro 12).

Cuadro 12.- Influencia del estado sanitario de granjas porcinas sobre los rendimientos productivos de cerdos en crecimiento y cebo (los valores entre paréntesis indican diferencias relativas con respecto al grupo control) (adaptado de Dionissopoulos, 1997)

	Estado sanitario		
	LP	Muy bueno	De alto riesgo
Consumo de pienso (kg/día)	2,24	2,22 (-1,3%)	1,92 (-14,7%)
Ganancia de peso (kg/día)	0,921	0,872 (-5,3%)	0,723 (-21,5%)
Índice de conversión	2,42	2,55 (-5,4%)	2,67 (-10,3%)

LP: libre de patógenos.

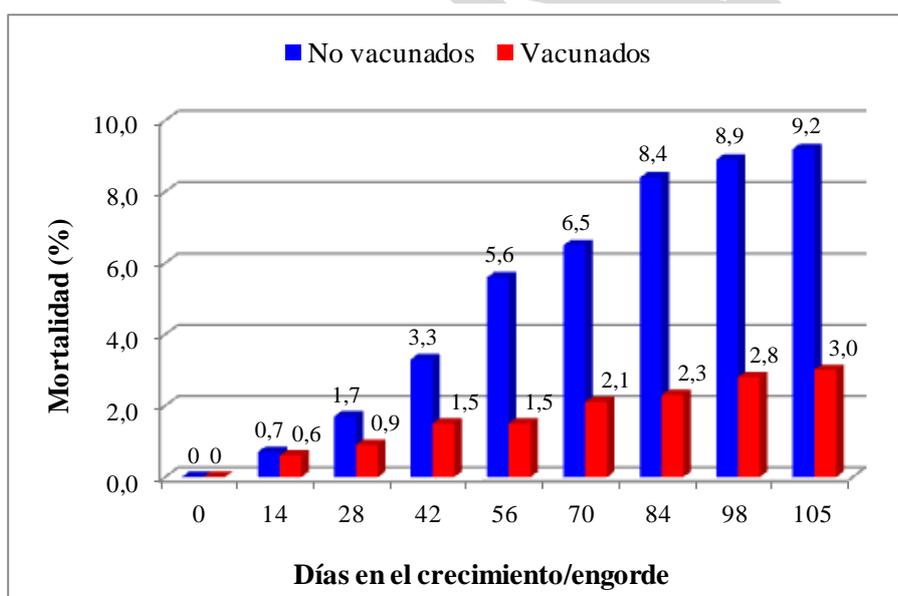
Muy Bueno; convencional con alto estatus sanitario.

De alto riesgo: bajo estatus sanitario y mezcla de distintos orígenes.

De este modo, se observó que el 61,3% de las 452 granjas encuestadas realizaron tres o más tandas de tratamientos con antibióticos durante la fase de crecimiento y cebo, frente a tan solo el 37,8% que realizaron dos o menos. Las vías de administración más comúnmente utilizadas fueron indistintamente el agua de bebida, el pienso o inyectable (51,3%), solamente en pienso el 21,3%, en pienso y agua el 13,9% y en pienso e inyectable el 9,1%.

Aunque en ningún caso se pretende revisar en profundidad el efecto de las distintas enfermedades sobre los rendimientos productivos y económicos de los cerdos durante el crecimiento y cebo, sirva como ejemplo el caso del circovirus. El circovirus fue descrito por primera vez en España en 1997 y está presente en casi el 100% de las granjas (Sibila et al., 2004). En EEUU, supone un coste medio de 3,0 a 4,0 U\$ por cerdo con picos que pueden llegar a los 20,0 U\$ (Gillespie et al., 2009). En los últimos años, con la aparición de las vacunas administradas comúnmente durante la fase de crecimiento (Beach y Meng, 2012), se ha tendido a reducir los daños causados por la enfermedad (Fenaux et al., 2004; Henry y Tokach, 2006). En un estudio llevado a cabo por Jacela et al. (2011) utilizando dos dosis de una vacuna comercial, a las 9 y 11 semanas de edad, observaron una reducción del 47% en la mortalidad y un aumento del 3,4% en la ganancia de peso y del 1,5% en la relación ganancia/consumo. La figura 8 muestra el porcentaje de mortalidad acumulada a lo largo del periodo de crecimiento y engorde para cerdos vacunados y no vacunados de circovirus.

Figura 8.- Efecto del uso de una vacuna de circovirus sobre la mortalidad acumulada de cerdos en crecimiento y cebo (1.253 cerdos en total) (adaptado de Jacela et al., 2011)



Finalmente, el cuadro 13 muestra el efecto de la vacunación de circovirus, la frecuencia de tratamientos antibióticos realizados durante el crecimiento y cebo y las vías de administración de dichos antibióticos sobre los rendimientos productivos en lotes de granjas que produjeron cerdos industriales (100-110 kg de peso).

La "no vacunación" de circovirus apenas modificó el crecimiento diario pero aumentó la mortalidad y empeoró el índice de conversión. Por otra parte cuando el antibiótico se administra en el agua de bebida, y especialmente cuando ha de aplicarse en inyectable, aumenta la mortalidad y la duración del ciclo de crecimiento y cebo.

En definitiva, se conocen y existe documentación abundante sobre los principales factores de producción que afectan los rendimientos productivos del cerdo en crecimiento y cebo. Sin embargo no es tarea fácil jerarquizarlos dependiendo de su repercusión y más complejo si cabe cuantificar el efecto de aquellos más importantes, ya sea por si solos o en interacción con otros.

Cuadro 13.- Efecto de la vacunación contra el circovirus, frecuencia de tratamientos antibióticos y las vías de administración sobre la ganancia media diaria de peso (GMD, kg/día), duración total del ciclo (DUR, días), índice de conversión (IC, kg/kg) y en la mortalidad (MORT, %) en lotes de cerdos durante el crecimiento y engorde (adaptado de Agostini et al., 2013)

Variable	n° lotes	GMD	DUR	IC	MORT
Vacuna contra el circovirus					
No	481	0,649	148	2,76	4,5
Si	157	0,645	143	2,65	2,3
<i>P valor</i>		0,40	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Frecuencia uso antibioticos					
Hasta dos veces	234	0,643	148	2,72	3,8
Tres o más veces	410	0,644	150	2,77	4,9
<i>P valor</i>		0,95	0,61	0,16	0,07
Vías de utilización					
Pienso	170	0,658	135 b	2,76	3,3 b
Agua + Pienso	123	0,640	146 a	2,73	3,9 ab
Agua + Pienso + Inyectable	325	0,632	164 a	2,79	5,7 a
<i>P valor</i>		0,09	< 0,01	0,54	0,04

Letras diferentes en una misma columna fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$).

n.- Numero de lotes evaluados.

4. MODELOS LINEALES DE PREDICCIÓN

Para desarrollar los modelos lineales, se contempló un grupo de variables como “independientes” (X_i) y otras como “dependientes” (Y_i). Las “independientes” (X_i) incluían variables tanto “continuas” (por ejemplo el peso medio inicial y final) como “discretas” (por ejemplo el tipo genético, tipo de comedero, sistema de ventilación, tamaño de la granja en número de cerdos...). Entre las variables “dependientes” (Y_i) se consideró el consumo de pienso, el índice de conversión y la mortalidad.

Una vez concluido el estudio descriptivo, se observó que las empresas de un modo general disponían de granjas y lotes bastante homogéneos, haciendo que la variabilidad entre empresas fuera mayor que dentro de cada empresa; en especial por lo que se refiere a los factores relacionados con la alimentación, la genética y el tipo de cerdo engordado, protocolos de vacunación y el peso vivo medio inicial y final de los cerdos.

En una primera aproximación, se optó por reducir la diversidad de la base de datos original seleccionando granjas con el mismo valor para una serie de factores. En concreto se estableció como fija la genética del macho finalizador, los géneros de los animales presentes en los lotes y el intervalo de peso medio inicial y final, entre otras razones por el alto grado de correlación existente entre estas variables (Medel y Fuentetaja, 2001). En definitiva, la base de datos quedó reducida a 316 lotes de 246 granjas pertenecientes a seis empresas. De este modo, todas las granjas y lotes tenían en común los siguientes factores:

1. Tipo de cerdo engordado (95-110 kg de peso),
2. Genética del macho finalizador (Pietrain),
3. Géneros de los animales (machos enteros y hembras),
4. Número de cerdos por corral (entre 10 y 20),
5. Tipo de bebedero (chupete) y
6. Número y forma de los piensos utilizados (tres piensos en forma granulada).

El promedio del número de lotes por empresa fue de 52,7 (variando entre 17 y 168) con un promedio de 76.525 cerdos por empresa (variando 18.852 y 243.364). El objetivo principal fue determinar el efecto ejercido por diferentes factores de producción sobre el consumo de pienso, índice de conversión y la mortalidad de cerdos en crecimiento y engorde utilizando un análisis de regresión lineal múltiple. El cuadro 14 muestra las variables categóricas estudiadas y las frecuencias de los diferentes niveles y en el cuadro 15 las variables continuas independientes y dependientes utilizadas en este estudio entre-empresas.

Cuadro 14.- Variables categóricas independientes contempladas en 316 lotes de 246 granjas de crecimiento y cebo pertenecientes a seis empresas integradoras

Factores estudiados	Porcentaje de lotes en cada nivel
Trimestre de alojamiento	Enero-Febrero-Marzo (12,7%); Abril-Mayo-Junio (34,5%); Julio-Agosto-Septiembre (10,1%); Octubre-Noviembre-Diciembre (47,7%)
Numero de cerdos alojados	< 800 cerdos (22,8%); 800-2000 cerdos (53,5%); > 2000 cerdos (23,7%)
Numero de orígenes de los cerdos	Origen único (52,2%); Dos o más orígenes (47,8%)
Segregación de sexos en los corrales	Segregados (62,3%); Mixtos (37,7%)
Porcentaje de emparrillado	< 50% emparrillado (21,6%); ≥ 50% emparrillado (78,4%)
Tipo de comedero	Multi-bocas (19,6%); Boca única (64,3%); Boca única con bebedero incorporado (16,1%)
Tipo de control de la ventilación	Manual (28,3%); Automática (71,7%)
Origen del agua de bebida	Red pública (30,9%); Otras (69,1%)

Cuadro 15.- Variables continuas independientes y dependientes contempladas en lotes de 246 granjas de crecimiento y cebo pertenecientes a seis empresas integradoras

Variable	Medi a	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Peso medio a la entrada al cebadero (kg)	19,5	1,73	17,0	27,8
Peso medio a la salida del cebadero (kg)	104	3,44	96,3	109,9
Consumo total de pienso (kg/cerdo)	227	16	179	278
Índice de conversión (kg/kg)	2,71	0,15	2,28	3,20
Porcentaje de mortalidad (%)	4,13	2,66	0,00	16,5

Los detalles de la metodología se pueden encontrar en la memoria de tesis doctoral de Agostini (2013). El efecto "empresa" fue considerado como un factor "aleatorio" pero al no haber sido significativo ($P > 0,10$) no fue incluido en los modelos finales.

Los resultados más representativos muestran que se observa un mayor consumo total de pienso (CP, media=227 kg/cerdo) y un peor índice de conversión (IC, media=2,71) cuando los lotes:

- i) Entraron al cebadero entre Octubre y Marzo (2,0%, CP y 2,4%, IC)
- ii) Se mezclan géneros en un mismo corral (3,4%, CP y 4,3%, IC)
- iii) Se alojaron en corrales con más del 50% emparrillado (1,9%, IC)
- iv) Con comederos uni o multi-espacios sin bebedero incorporado (5,6%, CP y 5,1%, IC)
- v) Alcanzaron un mayor peso final (por cada 1kg de aumento en el peso final):
- vi) Aumento de 3,05 kg respecto al CP.
- vii) Aumento de 0,005 kg/kg respecto al IC.

Además, se observó una interacción peso inicial x trimestre de entrada de los cerdos al cebadero tanto para el consumo total de pienso como para el índice de conversión ($P < 0,01$) mostrando que un mayor peso inicial de entrada en lotes alojados entre julio y septiembre resultó en una reducción del CP y mejor IC.

En cuanto al CP, se observó que el R^2 (coeficiente de determinación o porcentaje de la variación de "Y" explicada por la variación de las "Xi") fue de 0,63 siendo las variables más importantes el tipo de comedero ($P < 0,0001$), el peso final ($P < 0,0001$) y la segregación de sexos en los corrales ($P = 0,0003$), que explicaron el 88% del R^2 . En cuanto al IC, la R^2 fue de 0,27, siendo el tipo de comedero ($P < 0,0001$), la segregación de sexos en los corrales ($P < 0,0001$) y el trimestre de entrada de los cerdos ($P = 0,0003$) las "Xi" más importantes y explicaron el 67% de la R^2 .

Dado que los porcentajes de mortalidad no siguieron una "distribución normal" se procedió a realizar una transformación de la variable y se utilizó como "Y" (variable dependiente) la raíz cuadrada del porcentaje de mortalidad. Se observó un valor más alto de

esta nueva variable (RCMORT, media=1,93), por tanto mortalidades más elevadas, cuando los lotes:

- i) Entraron en el cebadero entre Octubre y Marzo (15,9%)
- ii) Tenían cerdos de dos o más orígenes (10,9%)
- iii) Se alojaron en naves con control manual de ventilación (9,6%)
- iv) Se alojaban en granjas de mas de 2000 cerdos (14,8%)

Se observó también una interacción entre el peso inicial a la entrada al cebadero y el sistema de ventilación ($P < 0,01$) mostrando que la mortalidad no se afectaba tan negativamente cuando los cerdos que se alojaban en granjas con ventilación manual tenían mayores pesos iniciales. Otra interacción fue la del peso inicial con número de orígenes ($P < 0,01$), en el sentido de que el aumento del peso inicial en lotes de cerdos de un único origen presentaron una reducida mortalidad.

Finalmente, el R^2 del modelo obtenido para la mortalidad fue de 0,20 siendo las “Xi” más determinantes el trimestre de entrada ($P < 0,0001$), el tipo de control de ventilación ($P = 0,0004$), número de orígenes ($P = 0,001$) y el número de cerdos alojados ($P = 0,007$) que explicaron hasta el 75% de la R^2 .

Sin duda, los bajos coeficientes de determinación (R^2) encontrados, en especial para IC (0,27) y RCMORT (0,20), no permiten ser optimistas por lo que se refiere a la aplicabilidad práctica de las ecuaciones. Sin embargo, en parte pueden justificarse por la limitada variabilidad de los datos disponibles y, en todo caso, no son valores muy diferentes a los encontrados en la bibliografía. De hecho, Maes et al. (2004) y Larriestra et al. (2005) obtuvieron bajos valores de R^2 (0,20 and 0,13 respectivamente) evaluando factores que afectaban la mortalidad en cerdos de cebo. De este modo, el hecho de comparar los valores de R^2 de diferentes estudios es subjetivo debido a las diferencias en variabilidad y/o también al diferente abanico de factores estudiados. Además, a pesar de los bajos valores de R^2 encontrados en el presente estudio, los efectos estudiados fueron altamente significativos y consistentes mostrando que los valores R^2 tuvieron importancia limitada.

Los resultados sugieren que variables como el “trimestre de entrada de los animales” influyeron directamente en las tres variables estudiadas (consumo total de pienso, índice de conversión y mortalidad) mientras que variables como la “segregación de sexos por corrales”, “tipo de comedero” y el “peso final al matadero” afectaron, como era de esperar, el consumo de pienso y el índice de conversión, pero no influyeron en la mortalidad. Por el contrario, variables como el “número de orígenes de los cerdos”, al “tipo de control de la ventilación en las naves” y al “número de cerdos entrados por lote” (tamaño del lote) afectaron más claramente a la mortalidad que al consumo y al índice de conversión.

Debido a que, en contra de lo esperable, la variabilidad entre empresas fue superior a la encontrada dentro de cada empresa, se ensayaron nuevos modelos con dos enfoques en el análisis de los datos: 1) separadamente para cada una de las siete empresas estudiadas, teniendo en cuenta tan solo los factores que presentaban variabilidad dentro de cada

empresa, y 2) combinando los datos de todas las empresas a la vez en un solo modelo (“global”). En este caso, dado que una de las empresas engordaba cerdos con un alto peso al sacrificio, comparado con las demás, no fue incluida en esta base de datos “global” (cuadro 16). Por otra parte, para evitar una excesiva reducción del tamaño de la muestra, aquellas variables que no fueron facilitadas por una o más empresas tampoco se utilizaron en el modelo “global”.

Finalmente se utilizó un total de 686 lotes de 404 granjas pertenecientes a 7 empresas (abreviadas como “Emp” de “A” a “G”). De nuevo para obtener detalles de la metodología estadística se remite a la memoria de tesis doctoral de Agostini (2013). Para el modelo “global” el factor “empresa” fue inicialmente considerado como efecto aleatorio pero al no haber sido significativo ($P > 0,10$) no fue incluido.

Cuadro 16.- Medias de los pesos inicial y final (PI; PF), índice de conversión (IC), porcentaje de mortalidad (MORT) y la raíz cuadrada del porcentaje de la mortalidad (RQMORT) observado en 686 lotes en 404 granjas de crecimiento y engorde pertenecientes a siete empresas integradoras de España

Empresa	Indices productivos				
	PI	PF	IC	MORT	RQMORT
A	19,2	104,8	2,67	4,04	2,01
B	21,0	106,7	2,83	2,82	1,68
C	18,8	106,4	2,89	6,81	2,61
D	16,5	108,2	2,68	2,62	1,62
E	17,4	107,1	2,60	3,40	1,84
F	20,1	106,5	2,59	3,35	1,83
G	20,7	119,7	2,90	3,61	1,90
Global (A a F)*	18,8	106,7	2,72	3,72	1,93

* Base de datos conteniendo información de las empresas A a F.

Los resultados de las variables categóricas que presentaron variabilidad en cada empresa y que fueron significativos para cada modelo, tanto del índice de conversión (IC) como de la raíz cuadrada del porcentaje de mortalidad (RQMORT), se presentan en los cuadros 17 y 18, respectivamente. Por motivos estrictamente pedagógicos, las tablas solo incluyen los resultados de las empresas A y C y los del modelo “global”; además los resultados individuales del resto de empresas no aportan nueva información de relevancia y fueron altamente previsibles.

Por lo que se refiere al IC (cuadro 17), existe bastante coincidencia entre las variables que afectan al modelo “global” y a los modelos por empresa, tan solo el tipo de comedero resulta significativo en el modelo “global” y ni tan siquiera se tiene en cuenta en las dos empresas consideradas. Este parámetro que no fue significativo para ninguna de las siete empresas ($P > 0,10$) resultó serlo en el modelo “global” ($P < 0,05$).

Cuadro 17.- Caracterización de las variables categóricas y aquellas que fueron más determinantes (*subrayadas*) para la predicción del índice de conversión

Variables	Emp A	Emp C	Global ¹
Comunidad Autónoma	x	<u>x</u>	x
Trimestre de entrada	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>
Genética / Sexos / Segregación ²		<u>x</u>	<u>x</u>
Vacuna circovirus	<u>x</u>	x	x
Número de orígenes	x	<u>x</u>	<u>x</u>
Edad instalaciones	-		-
Cerdos por corral		x	x
Porcentaje emparrillado del suelo		x	x
Tipo de comedero			<u>x</u>
Tipo de bebedero			x
Tipo de ventilación			x
Número de fases de piensos			x
Forma física del pienso			x
Origen del agua de la granja	x	-	-
Número de cerdos alojados	<u>x</u>	<u>x</u>	x
Peso inicial	<u>x</u>	x	<u>x</u>

¹ Base de datos conteniendo información de las empresas A a F.

² Variable que combinó la genética del macho finalizador, el sexo de los animales y su segregación en los corrales.

“x”: variables que presentaron variabilidad en una determinada empresa siendo por lo tanto utilizadas inicialmente en el desarrollo de los modelos. Color negro: no significativas ($P > 0,10$); color rojo: significativas ($P < 0,10$), siendo utilizadas en los modelos finales.

- Variable no facilitada por la empresa en cuestión.

Los análisis de regresión múltiple indican que en la “Emp C” el IC fue 0,09 kg/kg peor cuando los lotes se engordaron en Cataluña comparado con Aragón ($P < 0,10$) y un 0,07 mejor cuando los cerdos llegaron al cebadero entre abril y junio ($P < 0,10$) en comparación a aquellos alojados entre octubre y diciembre. En esta misma empresa, el uso de un macho finalizador de raza blanca o Duroc, la presencia de animales castrados y la mezcla de sexos/géneros en los corrales dieron lugar a un 0,15 ($P < 0,01$) y 0,13 ($P < 0,10$) peor IC, respectivamente para blanco y Duroc, comparado con aquellos lotes que tenían un macho finalizador Pietrain, presencia de machos enteros y que mezclaban sexos/géneros en los corrales. Lotes con cerdos de un único origen tuvieron 0,10 y 0,05 mejor IC en la “Emp C” ($P < 0,10$) y en el modelo “global” ($P < 0,01$), respectivamente, que aquellos que venían de múltiple orígenes.

En cuanto a la “Emp A”, el IC fue afectado por el trimestre de entrada en la misma dirección que la “Emp C” y el efecto del uso de la vacuna de circovirus sobre el IC dependió de la época de alojamiento de los cerdos en el sentido de que lotes no vacunados que llegaron al cebadero entre abril y junio presentaron peor IC que aquellos alojados entre octubre y diciembre. También en la “Emp A” por cada 1 kg de aumento en el peso inicial, se observó un deterioro del IC del orden de 0,020, que fue de 0,025 unidades en el modelo “global” ($P < 0,001$).

Cuadro 18.- Caracterización de las variables categóricas y aquellas que fueron más determinantes (*subrayadas*) en la predicción de la mortalidad (expresada como raíz cuadrada del porcentaje)

Variables	Emp A	Emp C	Global¹
Comunidad Autónoma	x	<u>x</u>	x
Trimestre de entrada	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>
Genética / Sexos / Segregación ²		x	x
Vacuna circovirus	<u>x</u>	x	x
Número de orígenes	x	<u>x</u>	<u>x</u>
Edad instalaciones	-		-
Cerdos por corral		x	x
Porcentaje emparrillado del suelo		x	x
Tipo de comedero			<u>x</u>
Tipo de bebedero			x
Tipo de ventilación			<u>x</u>
Número de fases de piensos			x
Forma física del pienso			x
Origen del agua de la granja	<u>x</u>	-	-
Número de cerdos alojados	x	x	<u>x</u>
Peso inicial	x	x	x

¹ Base de datos conteniendo información de las empresas A a F.

² Variable que combinó la genética del macho finalizador, el sexo de los animales y su segregación en los corrales.

“x”: variables que presentaron variabilidad en una determinada empresa siendo por lo tanto utilizadas inicialmente en el desarrollo de los modelos. Color negro: no significativas ($P > 0,10$); color rojo: significativas ($P < 0,10$), siendo utilizadas en los modelos finales.

- Variable no facilitada por la empresa en cuestión.

Finalmente, el IC fue 0,05 peor en lotes que tenían entre 800 y 2000 cerdos en la “Emp A” ($P < 0,05$) y alrededor de 0,16 peor en lotes con más de 2000 cerdos en la “Emp C” ($P < 0,05$) en comparación a lotes con menos de 800 cerdos.

En cuanto a la mortalidad (cuadro 18), las variables que afectan significativamente al modelo “global” y al individual para las dos empresas elegidas no son tan coincidentes como en el caso del IC; de hecho el modelo “global” viene afectado por el tipo de ventilación (“Emp B”) y el número de cerdos alojados (“Emp B” y “Emp F”); mientras en las empresas “A” y “C” la primera fue una variable no considerada, la segunda no resultó significativa.

Los análisis de regresión múltiple indican que la época del año de entrada al cebadero es un factor importante para todas las empresas. Se observó una reducción de la RQMORT cuando los cerdos fueron alojados entre abril y junio (primavera) y en menor medida también en verano coincidiendo con la época calurosa; en particular, comparando con cerdos alojados entre octubre y diciembre, los cerdos que entraron entre abril y junio redujeron la RQMORT en 0,25 ($P < 0,05$) en la “Emp C” y en 0,04 ($P < 0,10$) en la “Emp A”. De igual manera se observó una reducción de 0,26 ($P < 0,001$) y 0,28 ($P < 0,001$) en el modelo “global” cuando los cerdos fueron alojados entre abril y junio y entre julio y septiembre respectivamente. Además, en la “Emp A” el efecto de la época de entrada varió dependiendo del uso de la vacuna contra el circovirus; la no vacunación aumentó más la

RQMORT de los animales que llegaron al cebadero en primavera que la de aquellos que lo hicieron en otoño.

Por otra parte, lotes que tenían cerdos de un único origen presentaron reducción de 0,38 ($P < 0,01$) y 0,37 ($P < 0,001$) en la RQMORT en la “Emp C” y en el modelo “global”, respectivamente, en comparación a aquellos que tenían cerdos de múltiples orígenes. Además en la “Emp C”, lotes pertenecientes a granjas ubicadas en Cataluña tuvieron 0,25 mayor RQMORT ($P < 0,10$) comparado con granjas de Aragón. En la “Emp A” también se registró una mayor RQMORT (0,16; $P < 0,05$) en lotes de granjas que obtenían el agua de bebida a partir de un río comparado con aquellas que la obtenían de la red pública.

Se concluye que el trimestre de alojamiento de los animales, la combinación entre la genética del macho finalizador, el sexo/género de los animales y la segregación de sexos por corrales, el número de orígenes de los cerdos y el peso inicial deben considerarse los factores más importantes tanto para el índice de conversión como para la mortalidad en la mayoría de las empresas estudiadas y en el modelo global. Sin embargo, se observó que factores como la Comunidad autónoma donde se ubicaba la granja, la vacunación contra circovirus, la edad de las instalaciones, el origen del agua de la granja, el número de animales alojados por lote, el porcentaje de emparrillado de los corrales y el tipo de comedero y de control de la ventilación fueron puntualmente importantes solo en alguna(s) de las empresas evaluadas o en el modelo global.

La homogeneidad entre granjas de una misma empresa puede que sea habitual en las empresas porcinas españolas, aunque tampoco se puede descartar que, al menos en parte, sea debida a un defecto en la recogida de la información. En efecto, según Oliveira et al. (2009), las características de manejo y de genética son comúnmente muy homogéneas entre granjas integradas en una empresa porcina. En los últimos años se observa que factores como la alimentación y el control sanitario también son cada vez más homogéneos dentro de cada empresa (Casal et al., 2007; Oliveira et al., 2007) e incluso algunas empresas intentan unificar determinadas características de las instalaciones (Larriestra et al., 2005).

Sin embargo, es importante mantener la máxima atención y meticulosidad en la recogida de la información. Posiblemente, en lo que se refiere a la recolección de datos, otro aspecto criticable sea el no haber puesto énfasis especial en el número de lotes de engorde por granja (el muestreo ofreció tan solo entre uno y tres); un mayor número de lotes por granja hubiera permitido disponer de más grados de libertad para desarrollar modelos jerárquicos como los publicados por Maes et al. (2004), Larriestra et al. (2005) y Oliveira et al. (2009) que cuantifican las proporciones de la varianza de un determinado índice productivo explicada en los diferentes niveles: i) entre empresas, ii) entre granjas de una misma empresa, iii) entre lotes de una misma granja y finalmente iv) en un lote (residual).

Finalmente señalar que, con la información disponible, los modelos desarrollados por empresa son más precisos y fiables que aquellos obtenidos a partir de la base de datos con información de distintas empresas. Por ello, parece razonable que cualquier nuevo esfuerzo que se realice con objeto de obtener modelos de predicción en condiciones de campo se

realice dentro de una empresa determinada, se obtenga la información de forma exhaustiva y veraz y se complete periódicamente con la introducción de nueva información.

5.- REFERENCIAS

- AARNINK, A.J.A., VAN DEN BERG, A.J., KEEN, A., HOEKSMAN, P. y VERSTEGEN, M.W.A. (1996) *J. Agr. Eng. Res.* 64: 299-310.
- AARNINK, A.J.A., SCHRAMA, M.J.W., HEETKAMP, J. y STEFANOWSKA, T.T.T. (2006) *J. Anim. Sci.* 84: 2224-2231.
- AFFENTRANGER, P., GERWIG, C., SEEWER, G.J.F., SCHWORER, D. y KUNZI, N. (1996) *Livest. Sci.* 45: 187-196.
- AGOSTINI, P.S. (2013) Caracterización e influencia de los factores de producción en el cebo de cerdos en condiciones comerciales. *Tesis doctoral*. Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès, España. Disponible en <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/116079/psa1de1.pdf?sequence=1>.
- AGOSTINI, P.S., GASA, J., MANZANILLA, E.G., SILVA, C.A. y DE BLAS, C. (2013) *Span. J. Agric. Res.* 11: 371-381.
- AVERÓS, X., BROSSARD, L., DOURMAD, J.Y., DE GREEF, K.H., EDGE, H.L., EDWARDS, S.A. y MEUNIER-SALAÜN, M.C. (2010) *Anim.* 4: 777-783.
- BANHAZI, T., SEEDORF, J., RUTLEY, D.L. y PITCHFORD, W.S. (2004) *Proceedings of ISAH Conference* (ed. Madec, F.). St. Malo, France.
- BEACH, N.M. y MENG, X.-J. (2012) *Virus Res.* 164: 33-42.
- BELL, J.M. y KEITH, M.O. (1989) *Anim. Feed Sci. Tech.* 24: 253-265.
- BOE (2002) Real decreto 1135/2002, de 20 de noviembre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos. *Boletín Oficial del Estado* N^o. 278, 31/10/2002.
- BORJA, E. y MEDEL, P. (1998) Avances en la alimentación del porcino: I. Lechones y cerdos de engorde. En: *XIV Curso de Especialización FEDNA*. Madrid, España.
- BRUMM, M.C. y MILLER, P.S. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 2730-2737.
- CANIBE, N. y JENSEN, B.B. (2003) *J. Anim. Sci.* 81: 2019-2031.
- CASAL, J., DE MANUEL, A., MATEU, E. y MARTÍN, M. (2007) *Prev. Vet. Med.* 82: 138-150.
- CHOI, H.L., SONG, J.I., LEE, J.H. y ALBRIGHT, L.D. (2010) *Appl. Eng. Agr.* 26: 1023-1033.
- CISNEROS, F., ELLIS, M., MCKEITH, F.K., MCCAW, J. y FERNANDO, R.L. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 925-933.
- CLINE, T.R. y RICHERT, B.T. (2001) Feeding Growing finishing pigs. En: *Swine Nutrition* (eds. LEWIS, A.J. y SOUTHERN, L.L.) 2nd ed., pp. 717-724, CRC Press, Boca Raton, USA.
- CORINO, C., ROSSI, R., y PASTORELLI, G. (2003) *Ital. J. Anim. Sci.* 2 (Suppl. 1): 388-390.
- CORREA, J.A., FAUCITANO, L., LAFOREST, J.P., RIVEST, J., MARCOUX, M. y GARIÉPY, C. (2006) *Meat Sci.* 72: 91-99.
- DAAM (2012) Departamento de agricultura, ganadería, pesca, alimentación y medio natural. Disponible en <http://www20.gencat.cat/portal/site/DAR>.
- DINAND EKKEL, E.D., SPOOLDER, H.A.M., HULSEGGE, I. y HOPSTER, H. (2003) *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80: 19-30.

- DIONISSOPOULOS, L. (1997) Immune system stimulation and growth performance in swine. *Tesis doctoral*. University of Guelph. Guelph, Canada.
- DRITZ, S.S. (2012) Influence of health on feed efficiency. In: ed. PATIENCE, J.F., *Feed Efficiency in Swine*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen., The Netherlands. pp. 225-237.
- DUNSHEA, F.R., COLANTONI, C., HOWARD, K., MCCAULEY, I., JACKSON, P., LONG, K.A., LOPATICKI, S., NUGENT, E.A., SIMONS, J.A., WALKER, J. y HENNESSY, D.P. (2001) *J. Anim. Sci.* 79: 2524-2535.
- EDWARDS, D.B., TEMPELMAN, R.J. y BATES, R.O. 2006. *J. Anim. Sci.* 84: 266-275.
- EFSA (2006) European Food Safety Authority. *EFSA J.* 611, 1-13.
- FABLET, C., DORENLOR, V., EONO, F., EVENO, E., JOLLY, J.P., PORTIER, F., BIDAN, F., MADEC, F. y ROSE, N. (2012) *Prev. Vet. Med.* 104: 271-280.
- FAGUNDES, A.C.A., SILVA, R.G., GOMES, .J.D.F., SOUZA, L.W.O. y FUKUSHIMA, R.S. (2009) *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 46: 32-39.
- FARZAN, A., FRIENDSHIP, R.M., DEWEY, C.E., WARRINER, K., POPPE, C. y KLOTINS, K. (2006) *Prev. Vet. Med.* 73: 241-254.
- FENAUX, M., OPRIESSNIG, T., HALBUR, T., ELVINGER, F. y MENG, X.J. (2004) *J. Virol.* 78: 6297-6303.
- FORCADA, F. (1997) *Alojamiento para ganado porcino*. Mira editores. Zaragoza, España. 303 p.
- GADD, J. (2007) *Suis* 37: 6-10.
- GARCIMARTÍN, M.A., OVEJERO, I., VÁZQUEZ MINGUELA, J. y DAZA, A. (2008) *Span. J. Agric. Res.* 6, 559-565.
- GARDNER, I.A., WILLEBERG, P. y MOUSING, J. (2002) *Anim. Health Res. Rev.* 3: 43-55.
- GILLESPIE, J, OPRIESSNIG, T., MENG, X.J., PELZER, K. y BUECHNER-MAXWELL, V. (2009) *J. Vet. Intern Med.* 23: 1151-1163.
- GISPERT, M., FONT I FURNOLS, G.M., VELARDE, A., DIESTRE, A., CARRIÓN, D., SOSNICKI, A.A. y PLASTOW, G.S. (2007) *Meat Sci.* 77: 397-404.
- GONYOU, H.W. y LOU, Z. (2000) *J. Anim. Sci.* 78: 865-870.
- GONYOU, H.W., LEMAY, S.P. y ZHANG, Y. (2000) En: *Diseases of Swine* (eds. STRAW, B.E., D'ALLAIRE, S., MENGENLING, W.L. y TAYLOR, D.J.), 8th ed., pp. 829-836, Iowa State University Press, Ames, USA.
- GONYOU, H.W. y STRICKLIN, W.R. (1998) *J. Anim. Sci.* 76: 1326-1330.
- GOODWIN, R.F.W. (1985) *Vet. Rec.* 116: 690-694.
- GUINGAND, N., QUINIOU, N., COURBOULAY, V. (2010) *Journées de la Recherche Porcine*, 277-283.
- HACKER, R.R., OGILVIE, J.R., MORRISON, W.D. y KAINS, F. (1994) *J. Anim. Sci.* 72: 1455-1460.
- HADINA, S., VUCEMILO, M., PAVICIC, Z., TOFANT, A. y MATKOVIC, K. (2003) *Stoaar* 57: 91-99.
- HAMILTON, D.N., ELLIS, M., WOLTER, B.F., SCHINCKEL, A.P. y WILSON, E.R. (2003) *J. Anim. Sci.* 81: 1126-1135.
- HAN, I.K., LEE, J.H., KIM, J.H., KIM, Y.G., KIM, J.D. y PAIK, I.K. (2000) *J. Appl. Anim. Res.* 17: 27-56.

- HARTOG, L. y SMITS, C. (2005) Estrategias de alimentación y manejo para alcanzar la uniformidad y calidad deseadas en porcino. En: *XXI Curso de especialización FEDNA*. Madrid, España.
- HENRY, S.C. y TOKACH, L.M. (2006) En: *Proceedings of the AD Leman Swine Conference*, pp. 110-111, Saint Paul, USA.
- HILL, G.M., BAIDO, S.K., CROMWELL, G.L., MAHAN, D.C., NELSSSEN, J.L. y STEIN, H.H. (2007) *J. Anim. Sci.* 85: 1453-1458.
- HUGO, A., OSTHO, G. y JOOSTE, P. (1999) En: *45th international congress of meat science and technology*, pp. 496, Yokohama, Japan.
- HURNIK, D., DOHOO, I.R. y BATE, L.A. (1994) *Prev. Vet. Med.* 20: 147-157.
- HYUN, Y., ELLIS, M., CURTIS, S.E. y JOHNSON, R.W. (1998a) *J. Anim. Sci.* 76: 721-727.
- HYUN, Y., ELLIS, M. y JOHNSON, R.W. (1998b) *J. Anim. Sci.* 76: 2771-2778.
- JACELA, J.Y., DRITZ, S.S., DEROUCHÉY, J.M., TOKACH, M.D., GOODBAND, R.D. y NELSSSEN, J.L. (2011) *J. Swine Health Prod.* 19: 10-18.
- JENSEN, B.B. y MIKKELSEN, L.L. (1998) En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. (eds. GARNSWORTHY, P.C. y WISEMAN, J.), pp. 107-126 Nottingham University Press, Nottingham, U.K.
- KEESSEN, E.C., VAN DEN BERKT, A.J., HAASJES, N.H., HERMANUS, C., KUIJPER, E.J. y LIPMAN, L.J.A. (2011) *Vet. Microb.* 154: 130-134.
- KEMME, P.A., RADCLIFFE, J.S., JONGBLOED, A.W. y MROZ, Z. (1997) *J. Anim. Sci.* 75: 2139-2146.
- KERR, C.A., GILES, L.R., JONES, M.R. y REVERTER, A. (2005) *J. Anim. Sci.* 83: 908-915.
- LARRIESTRA, A.J., MAES, D.G., DEEN, J. y MORRISON, R.B. (2005) *Can. J. Vet. Res.* 69: 26-31.
- LATORRE, M.A., LÁZARO, R., VALENCIA, D.G., MEDEL, P. y MATEOS, G.G. (2004) *J. Anim. Sci.* 82: 526-533.
- LE BELLEGO, L., VAN MILGEN, J. y NOBLET, J. (2002) *J. Anim. Sci.* 80: 691-701.
- LEEK, A.B.G., SWEENEY, B.T., DUFFY, P., BEATTIE, V.E. y O'DOHERTY, J.V. (2004) *Anim. Sci.* 79: 109-119.
- LOSINGER, W.C. (1998) *Prev. Vet. Med.* 36: 287-305.
- LOSINGER, W.C., BUSH, E.J., SMITH, M.A. y CORSO, B.A. (1998) *Prev. Vet. Med.* 37: 21-31.
- MAES, D., DELUYKER, H., VERDONCK, M., CASTRYCK, F., MIRY, C., VRIJENS, B. y DE KRUIF, A. (2000) *Vet. Res.* 31: 313-327.
- MAES, D., LARRIESTRA, A., DEEN, J. y MORRISON, R.B. (2001) *J. Swine Health Prod.* 9: 267-274.
- MAES, D., DUCHATEAU, L., LARRIESTRA, A.J., DEEN, J. y MORRISON, R.B. (2004) *J. Vet. Med. B* 51: 321-326.
- MAGOWAN, E., MCCANNA, M.E.E. y O'CONNELL, N.E. (2008) *Anim. Feed Sci. Tech.* 142: 133-143.
- MAGRAMA (2011) *El sector de la carne de cerdo en cifras, principales indicadores económicos en 2010*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid. Disponible en <http://www.eurocarne.com/informes/pdf/sector-porcino-2010.pdf>.

- MAGRAMA (2012) *El sector de la carne de cerdo en cifras, Principales indicadores económicos en 2011*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid. Disponible en http://www.magrama.gob.es/app/vocwai/documentos/Adjuntos_AreaPublica/INDICADORES%20ECON%20MICOS%20CARNE%20CERDO%202011.pdf.
- MARTINEZ, J., PERIS, B., GOMEZ, E.A y CORPA, J.M. (2009) *Vet. J.* 179: 240-246.
- MCCANN, M.E.E., MCEVOY, J.D.G. y MCCRACKEN, K.J. (2006) *Livest. Sci.* 102: 51-59.
- MCCAULEY, I., WATT, M., SUSTER, D., KERTON, D.J., OLIVER, W.T., HARRELL, R.J. y DUNSHEA, F.R. (2003) *Aust. J. Agric. Res.* 54: 11-20.
- MEDEL, P. y FUENTETAJA, A. (2001) Efecto del perfil genético, del sexo, del peso al sacrificio y de la alimentación sobre la productividad y la calidad de la canal y de la carne de cerdos grasos. Factores que afectan en la producción de cerdo grasos. XVI *Curso de Especialización FEDNA*. Madrid, España.
- MEUNIER-SALAUN, M.C., VANTRIMPONTE, M.N., RAAB, A. y DANTZER, R. (1987) *J. Anim. Sci.* 64: 1371-1377.
- MICHALSKA, G., NOWACHOWICZ, J., CHOJNACKI, Z., BUCEK, T. y WASILEWSKI, P.D. (2004) *Anim. Sci.* (Suppl. 2): 49-53(Abstr.).
- MILLER, G.Y., ALGOZIN, K.A., MCNAMARA, P. y BUSH, E.J. (2003) *J. Agric. & Appl. Econ.* 35: 467-482.
- MISSOTTEN, J.A.M., MICHIELS, J., OVYNA, A., DE SMETA, S. y DIERICK, N.A. (2010) *Arch. Anim. Nutr.* 64: 437-466.
- MÖBELER, A., KÖTTENDORF, S., LIESNER, V.G. y KAMPHUES, J. (2010) *Livest. Sci.* 134: 146-148.
- MORALES, J., GISPERT, M., HORTOS, M., PEREZ, J., SUAREZ, P. y PIÑEIRO, C. (2010) *J. Agric. Res.* 8: 599-606.
- MORRISON, R.S., HEMSWORTH, P.H., CRONIN, G.M. y CAMPBELL, R.G. (2003) *Appl. Anim. Behav. Sci.* 82: 173-188.
- NIELSEN, B.L. (1995) Feeding behaviour of growing pigs: effects of the social and physical environment. *Tesis Doctoral*, University of Edinburgh, Edinburgh, UK.
- NIEMI, J.K., SEVÓN-AIMONEN, M.L., PIETOLA, K. y STALDER, K.J. (2010) *Livest. Sci.* 129: 13-23.
- NOBLET, J., LE BELLEGO, L., VAN MILGEN, J. y DUBOIS, S. (2001) *Anim. Res.* 50: 227-238.
- NOBLET, J. (2012) En: INDUKERN, S.A., *XXVI Jornadas Técnicas Indukern*, Barcelona, Madrid, 15-16 de Marzo de 2011.
- NOLLET, N., MAES, D., DE ZUTTER, L., DUCHATEAU, L., HOUF, K., HUYSMANS, K., IMBERECHTS, H., GEERS, R., DE KRUIF, A. y VAN HOOFF, J. (2004) *Prev. Vet. Med.* 65: 63-75.
- OBSERVATORIO DEL PORCINO (2012) *Informe del sector porcino. Ejercicio 2011*. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural, Barcelona. Disponible en http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/08_Observatoris_sectorials/04_Observatori_porci/Informes_anuals/Fitxers_estatics/OP_Inf_Anuar_2011_cast.pdf. Accesado en 10 de agosto de 2012.

- OBSERVATORIO DEL PORCINO (2013) *Informe anual del sector porcino. Ejercicio 2012*. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural, Barcelona. Disponible en http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/08_Observatoris_sectorials/04_Observatori_porci/Informes_anuals/Fitxers_estatics/OP_Inf_Anual_2012_A1_AnalisiEstructura.pdf.
- O'CONNELL, N.E., BEATTIE, V.E. y WEATHERUP, R.N. (2002) *Livest. Sci.* 74: 13-17.
- OLIVEIRA, J., GUITIAN, F.J. y YUS, E. (2007) *Prev. Vet. Med.* 80: 243-256.
- OLIVEIRA, J., YUSA, E. y GUITIÁN, F.J. (2009) *Livest. Sci.* 123: 221-229.
- PALOMO, Y.A. (2007) *Mundo Ganadero* 197, 40-42.
- PATHERICK, J.C., BEATTIES, A.W. y BODERO, D.A.V. (1989) *Anim. Prod.* 49: 497-503.
- PATIENCE, J.F. (2013) Management Practices That Maximize Feed Efficiency. En: *London Swine Conference – Managing For Production*, London, Ontario, Canada.
- PAYNE, H.G. (1991) En: *Manipulating Pig Production III* (ed. BATTERHAM, E.S.). pp. 158-161. Australasian Pig Science Association, Albury, Australia.
- PENNY, P.C. (2000) *J. Anim. Sci.* 78 (Suppl. 1): 238 (abstr).
- PIAO, J.R., TIAN, J.Z., KIM, B.G., CHOI, Y.I., KIM, Y.Y. y HAN, I.K. (2004) *J. Anim. Sci.* 17: 1452-1458.
- PLASTOW, G.S., CARRIÓN, D., GIL, M., GARCÍ-REGUEIRO, J.A., FONT, M., FURNOLS, I., GISPERT, M., OLIVER, M.A., VELARDE, A., GUÁRDIA, M.D., HORTÓS, M., RIUS, M.A., SÁRRAGA, C., DÍAZ, I., VALERO, A., SOSNICKI, A., KLONT, R., DORNAN, S., WILKINSON, J.M., EVANS, G., SARGENT, C., DAVEY, G., CONNOLLY, D., HOUEIX, B., MALTIN, C.M., HAYES, H.E., ANANDAVIJAYAN, V., FOURY, A., GEVERINK, N., CAIRNS, M., TILLEY, R.E., MORMÉDE, P. y BLOTT, S.C. (2005) *Meat Sci.* 70: 409-421.
- POMAR, C., HAUSCHILD, L., ZHANG, G., POMAR, J. y LOVATTO, P.A. (2009) *Braz. J. Anim. Sci.* 38: 226-237.
- POTTER, M.L., DRITZ, S.S., TOKASH, M.D., DEROUCHÉY, J.M., GOODBAND, R.D. y NEELSON, J.L. (2010) En: *KSU Swine Day 2010*. pp. 245-251. Kansas State University. Manhattan, USA.
- QUILES, A. y HERVIA, M.L. (2008) *Producción Animal* 248: 6-19.
- RANTANEN, M., HANCOCK, J., HINES, R. y KIM, I. (1995) En: *KSU Swine Day 1995*. pp. 119-120. Kansas State University. Manhattan, USA.
- RAUW, W.M., SOLER, J., TIBAU, J., REIXACH, J. y GOMEZ RAYA, L. (2006) *J. Anim. Sci.* 84: 3404-3409.
- RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V., VALERIO, D., PEREA, J.M. y GARCÍA, A. (2007) *Mundo Ganadero* 197: 44-49.
- SAHA, C.K., ZHANG, G.Q., KAI, P. y BJERG, B. (2010) *Biosyst. Eng.* 105: 279-287.
- SANTOMÁ, G. y PONTES, M. (2004) Interacción nutrición-manejo en explotaciones para aves y porcino. 1. Introducción y factores ambientales. En: *Curso de especialización FEDNA*. Barcelona, España.
- SCHELL, T.C. y VAN HEUGTEN, E. (1998) *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 185(abstr.).
- SCHODER, G., MADERBACHER, R., WAGNER, G., BAUMGARTNER, W. (1993) *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 100: 428-432.

- SCHOLTEN, R.H.J., HOOFS, A.I.J. y BEURSKENS-VOERMANS, M.P. (1997) En: *Proefverslag P1.188*. pp. 1-12. Praktijknoderzoek Varkenshouderij. Rosmalen, Nederlands.
- SCHOLTEN, R.H.J., SCHRAUM, J.W., VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C., DEN HARTOG, L.A., VESSEUR, P.C., VAN LEEUWEN, P. y VERSTEGEN, M.W.A. (2000) En: *Proceedings of the 8th Symposium of Digestive Physiology in Pigs* (ed. Lindberg JE). pp. 59. Uppsala, Sweden.
- SCHOLTEN, R.H., VAN DER PEET-SCHWERING, C.M., DEN HARTOG, L.A., BALK, M., SCHRAMA, J.W. y VERSTEGEN, M.W. (2002) *J. Anim. Sci.* 80: 1179-1186.
- SIBILA, M., CALSAMIGLIA, M., SEGALÉS, J., BLANCHARD, P., BADIELLA, L., LE DIMNA, M., JESTIN, A. y DOMINGO, M. (2004) *Americ. J. Vet. Res.* 65: 88-92.
- SIP CONSULTORS (2011a) *Coste de producción del cerdo en enero 2011*. Disponible en <http://www.sipconsultors.com/images/stories/articles/01-11/precio-coste1-11.pdf>.
- SIP CONSULTORS (2011b) *Informe consolidado 2011*. Disponible en <http://www.sipconsultors.com/images/stories/articles/Cons2011/cost2011.pdf>.
- SIP CONSULTORS (2012) *Informe consolidado 2012*. Disponible en <http://www.sipconsultors.com/images/stories/articles/Cons/2012/coste2012s.pdf>.
- STREET, B.R. y GONYOU, H.W. (2008) *J. Anim. Sci.* 86, 982-991.
- SUN, G., GUO, H.Q., PETERSON, J., PREDICALA, B. y LAGUE, C. (2008) *J. Air Waste Manage.* 58: 1434-1448.
- TSARAS, L.N., KYRIAZAKIS, I. y EMMANS, G.C. (1998) *Anim. Sci.* 66: 713-723.
- TURKSTRA, J.A., ZENG, X.Y., VAN DIEPEN, J.T.M., JONGBLOED, A.W., OONK, H.B., VAN DE WIEL, D.F.M. y MELOEN, R.H. (2002) *J. Anim. Sci.* 80: 2953-2959.
- TURNER, S.P. y EDWARDS, S.A. (2000) Housing in large groups reduces aggressiveness of growing pigs. En: *Proceedings of the 51st Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, The Hague, The Netherlands.
- TURNER, S.P., EWEN, M., ROOKE, J.A. y EDWARDS, S.A. (2000) *Livest. Sci.* 66: 47-55.
- TURNER, S.P., HORGAN, G.W. y EDWARDS, S.A. (2003) *Appl. Anim. Behav. Sci.* 83: 291-302.
- VAN HEUGTEN, E., SCHELL, T.C., RISLEY, C.R. y VALANCIUS, J.A. (1997) *J. Anim. Sci.* 75 (Suppl.1): 194.
- VICO, J.P. y MAINAR-JAIME, R.C. (2012) *Span. J. Agric. Res.* 10: 372-382.
- VILLALBA, D. (2000) Construcción y utilización de un modelo estocástico para la simulación de estrategias de manejo invernal en rebaños de vacas nodrizas. *Tesis Doctoral*. Universitat de Lleida, Lleida, España.
- XAVIER-PHILIPPE, F., CABARAUX, J.F. y NICKS, B. (2011) *Agr. Ecosyst. Environ.* 141: 245-260.
- WALKER, N. (1990) *Anim. Feed Sci. Tech.* 30: 169-173.
- WATHES, C.M. (1994) Air and surface hygiene. In: *Livestock housing* (eds. WATHES, C.M. y CHARLES, D.R.). pp. 123-148, CAB International, Wallingford, UK.
- WHITE, H.M., RICHERT, B.T., SCHINCKEL, A.P., BURGESS, J.R., DONKIN, S.S. y LATOUR, M.A. (2008) *J. Anim. Sci.* 86: 1789-1798.
- WISE, T., KLINDT, J., LUNSTRA, D.D., BUONOMO, F.C. y YEN, J.T. (1996) *J. Anim. Sci.* 74: 2992-3000.
- WOLTER, B.F. y ELLIS, M. (2002) *Pig News and Information* 23: 17N-20N.

- WOLTER, B.F., ELLIS, M., CORRIGAN, B.P., DEDECKER, J.M., CURTIS, S.E., PARR, E.N. y WEBEL, D.M. (2003) *J. Anim. Sci.* 81: 836-842.
- YANG, J.S., JUNG, H.J., XUAN, Z.N., KIM, J.H., KIM, D.S., CHAE, B.J. y HAN, I.K. (2002) *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 14: 1450-1459.
- YANGA, S.T., GARDNER, I.A., HURD, H.S., EERNISSE, K.A. y WILLEBERG, P. (1995) *Prev. Vet. Med.* 24: 213-228.
- YE, Z., ZHANG, G., SEO, I.H., KAI, P., SAHA, C.K., WANG, C. y LI, B. (2009) *Biosyst. Eng.* 104: 97-105.
- YOOSUK, S., ONG, H.B., ROAN, S.W., MORGAN, C.A. y WHITTEMORE, C.T. (2011) *Acta Agri. Scand.* 61: 168-186.
- YOUNG, R.J. y LAWRENCE, A.B. (1994) *Anim. Prod.* 58: 145-152.

FEDNA