



**UNIVERSIDAD DE MURCIA  
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**

**TESIS DOCTORAL**

**Desarrollo de modelizaciones nutricionales en cerdas reproductoras TN 70 (Topigs Norsvin), recría externa y alimentación convencional para la producción de cerdo convencional con el cruce con Pietrain**

**D. José Antonio López Moya  
2024**





**UNIVERSIDAD DE MURCIA  
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**

**TESIS DOCTORAL**

**Desarrollo de modelizaciones nutricionales en cerdas reproductoras TN 70 (Topigs Norsvin), recría externa y alimentación convencional para la producción de cerdo convencional con el cruce con Pietrain**

**Autor: D. José Antonio López Moya**

**Director/es: D. Antonio Muñoz Luna  
D. Guillermo Ramis Vidal**







## AGRADECIMIENTOS

---

Ha sido un placer para mi haber dedicado estos últimos años de mi vida a disfrutar de la elaboración de esta tesis que me ha servido para enriquecerme de conocimientos, crecer profesionalmente y profundizar mucho más en el campo de alimentación de las cerdas reproductoras.

"Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores de tesis, Guillermo Ramis y Antonio Muñoz Luna, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo a lo largo de este arduo proceso. A Antonio Muñoz por animarme a realizar esta tesis dentro del marco de un proyecto CDTI.

A Guillermo Usero por acompañarme y tutelarme en muchos casos mientras realizaba su propia tesis y por sus valiosas aportaciones. A Francisco Arias, por su apoyo a la hora de ayudarme en todo el trabajo de campo y a su disposición siempre a ayudar en lo que necesitara.

A Francisco Gil Rueda, por ser el artífice y el creador del modelo matemático que sirve de base para la realización de esta tesis. Sin él, nada de esto habría sido posible.

Agradecer también a Agropecuaria Casas Nuevas S.A. por haberme dado la posibilidad de desarrollarme en el campo de la producción y nutrición porcina; y al mismo tiempo de darme la oportunidad de desarrollar esta tesis doctoral.

También quiero agradecer a mi familia por su inquebrantable apoyo y comprensión, en especial a mi hermana, mi sobrina y Lourdes, por su amor incondicional y apoyo constante. A mis padres, porque no sería quien soy ahora si no hubiese sido por mis padres. Agradezco profundamente a mis amigos y colegas por sus palabras de aliento y motivación constante.

Finalmente, agradezco a todas las instituciones y personas que contribuyeron a mi formación académica. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en mi vida.

Sin la ayuda de todas estas personas, este logro no habría sido posible. ¡Gracias!"



**“La gratitud no es solo la mayor de las virtudes,  
sino la madre de todas las demás”**

Marco Tulio Cicerón



## ÍNDICE

---

LISTA DE FIGURAS .....	15
LISTA DE TABLAS.....	21
RESUMEN.....	27
SUMMARY.....	31
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	35
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>39</b>
1.1 LINEAS GENÉTICAS ACTUALES.....	41
1.2 Prolificidad.....	46
1.3 Mayor heterogeneidad de la camada.....	48
1.4 Mayor producción lechera.....	53
1.5 Otras características.....	57
2. Antecedentes y Esquema reproductivo.....	59
2.1 Periodo de recría.....	60
2.2. Periodo de gestación.....	65
2.3 Periodo de parto.....	67
2.4 Periodo de lactación.....	69
3. Necesidades nutricionales.....	71
3.1. Necesidades nutricionales durante la gestación.....	71
3.2. Necesidades nutricionales durante la lactación.....	79
3.3. Necesidades nutricionales durante el parto.....	82
4. Recomendaciones nutricionales.....	84
4.1. Recría de futuras reproductoras.....	84
4.2. Gestación.....	88
4.2.1 Flushing.....	88
4.2.2 Gestación.....	90
4.3 Lactación.....	96
5. Modelización.....	103
5.1 Introducción.....	104
5.2 Modelización. Conceptos fundamentales.....	104
5.3 Modelo de gestación.....	105
5.4 Modelo de transición o parto.....	108
5.5 Modelo de lactación.....	109
5.6 Modelo de crecimiento.....	111
<b>6. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>113</b>
	11

<b>7. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	114
7.1 Ubicación.....	114
7.2 Alojamiento de las cerdas.....	114
7.3 Manejo de la alimentación en gestación. ....	114
7.3 Alimentación en lactación.....	116
7.4 Alimentación de la recria. ....	116
7.5 Estatus sanitario. ....	118
7.6 Metodología .....	118
<b>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	130
8.1 Requerimientos nutricionales de la modelización. ....	145
8.2 Curvas de alimentación.....	155
8.3 Análisis de datos productivos. ....	167
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	191
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b> .....	195





## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 Objetivos de selección de Danbred Duroc 2020. Adaptado de Danbred 2019.Objetivos de selección y resultados.....	44
Figura 2 Objetivo de selección de Danbred Landrace y Danbred Yorkshire 2018.Adaptado de Danbred 2019.Objetivos de selección y resultados.....	45
Figura 3 Objetivos de selección TN70 2018. Adaptado de Objetivos de selección y resultados de TN70 2018. ....	46
Figura 4 Evolución tamaño de camada en España en 21 años. Fuente BDPorc.....	47
Figura 5 Efecto del tamaño de la camada en la distribución de pesos del lechón. Adaptado de Quesnel et al., 2008. ....	48
Figura 6 Efecto del tamaño de la camada en la variación del peso del lechón al nacimiento. Quesnel et al., 2008. ....	49
Figura 7 Supervivencia en lactación según el rango de pesos al nacimiento. Adaptado de Quiniou et al., 2002. ....	50
Figura 8 Número de lechones destetados por categoría de peso (barras) y evolución (y variabilidad) de la GMD antes del destete (línea negra) y variabilidad (+- 1ds). Quiniou, et al., 2002.....	51
Figura 9 Edad a los 25 kg y GMD estandarizada de 7 a 25 kg según el rango de pesos al nacimiento (Quiniou et al., 2002). ....	52
Figura 10 Diferencia de peso al destete. ● 27 días al paso a cebo. ▲ 63 días. □ Edad estandarizada a los 105 kg según el rango de pesos al nacimiento, donde el valor 1 kg al nacimiento es usado como referencia. (Quiniou et al.,2002). ....	52
Figura 11 Calostro por camada, independiente del número de lechones nacidos vivos. El calostro por lechón disminuye a medida que aumenta el tamaño de la camada (Swine Research Centre,2017) Nanta, Cerda hiperprolífica. ....	54
Figura 12 Consumo de calostro en relación con la mortalidad (Quesnel et al, 2012). Nanta, Cerda hiperprolífica.....	55
Figura 13 A y B. Consumo de calostro en relación con la mortalidad de lechones hasta 42 días de edad. El número de lechones se muestra dentro de las columnas (Ferrari et al, 2014).....	55
Figura 14 Relación entre el peso al nacimiento (> 1000 gr o < 1000 gr) con la ingesta de calostro (Swine Researche Centre, 2017) Nanta, Cerda hiperprolífica.....	56
Figura 15 IC global, SIP Consultors,2020.....	58
Figura 16 Relación entre el peso vivo a la primera cubrición y nacidos totales a lo largo de la vida productiva. Adaptado de Bussieres, 2013. ....	61

Figura 17 Productividad total y espesor de grasa dorsal a la primera cubrición (Gill, 2007). .....	64
Figura 18 Relación entre el consumo de pienso en lactación y la pérdida de proteína corporal de la cerda. Adaptado de Cozannet P, 2018. ....	70
Figura 19 Correlación entre pérdida de grasa en lactación y prolificidad en el siguiente parto. Adaptado de Allee (2007). ....	70
Figura 20 Cantidad de pienso requerido para mantenimiento y actividad física para 80 minutos y 500 minutos por día para una cerda de 200 kg. Dieta con EM 3.0 Mcal. Young y Aherne (2005). ....	73
Figura 21 . Relación entre el contenido proteico total (gramos) en la camada (n=12) (A), mama (B), placenta y fluidos (C), útero vacío (D) y día de gestación. ....	77
Figura 22 Estimación de requerimientos energéticos para mantenimiento y producción de leche e ingesta energética estimada de cerdas lactantes. Tokach et al., 2019. ....	80
Figura 23 Requerimientos energéticos de cerdas en el periparto (MJ ME/ día). Feyera y Theil, 2014. ....	83
Figura 24 Requerimientos de lisina digestible de cerdas en el periparto (g SID/ día). Feyera y Theil, 2014 . ....	84
Figura 25 Curva de alimentación recomendada cuando se emplea pienso periparto. Manual TN 70 . ....	95
Figura 26 Curva de alimentación recomendada cuando no se emplea pienso periparto. Manual TN70. ....	95
Figura 27 Efecto de la ingesta diaria de lisina digestible en el crecimiento de la camada en cerdas primerizas lactantes (Bruder et al.,2018). ....	99
Figura 28 Efecto de la ingesta diaria de lisina digestible en la ganancia del lechón en cerdas primerizas y múltiparas (Graham et al., 2018). ....	99
Figura 29 Efecto de diferentes ratios de treonina digestible/ lisina sobre el crecimiento de la camada en cerdas en lactación (Greiner et al., 2017). ....	100
Figura 30 Efecto de diferentes ratios de valina digestible/lisina sobre el crecimiento de la camada en cerdas en lactación (Touchette et al., 2018). ....	101
Figura 31 Dinámica metabólica de la cerda productiva. ....	119
Figura 32 Cronograma de actividades en cerdas. ....	120
Figura 33 33 Dinámica metabólica de la cerda en crecimiento. ....	121
Figura 34 Granja Butrón. ....	122
Figura 35 Distribución de pesos a la cubrición. ....	131
Figura 36 Distribución de pesos anteparto. ....	132

Figura 37 Distribución de pesos postparto.....	133
Figura 38 Distribución de pesos al destete.....	134
Figura 39 Número total de cerdas utilizadas para el desarrollo de la modelización nutricional de la cerda durante la gestación y la lactación después del análisis estadístico de los datos recogidos en granja. ....	134
Figura 40 Modelización de crecimiento. ....	140
Figura 41 Curva de peso estimado en base a la ganancia media diaria observada.....	140
Figura 42 Evolución del peso a lo largo de la vida productiva y evolución óptima. ....	144
Figura 43 Evolución del peso a lo largo de la vida productiva.....	145
Figura 44 Requerimientos de lisina en gestación. Ciclo 1.....	152
Figura 45 Requerimientos de lisina en gestación. Ciclo 3.....	152
Figura 46 Requerimientos de lisina en gestación. Ciclo 6.....	153
Figura 47 Curvas de alimentación en gestación.....	158
Figura 48 Curvas de alimentación en lactación.....	159
Figura 49 Peso vivo a la cubrición. ....	160
Figura 50 Evolución del peso vivo anteparto.....	161
Figura 51 Evolución de peso vivo al destete. ....	162
Figura 52 . Evolución del espesor de grasa dorsal a la cubrición. ....	163
Figura 53 Evolución del espesor de grasa dorsal anteparto.....	164
Figura 54 Evolución del espesor de grasa dorsal al destete. ....	166
Figura 55 Distribución de edad de las nulíparas a la primera cubrición (n=200).....	168
Figura 56 Distribución de nulíparas en función de la ganancia media diaria a la 1ª inseminación (n=200).....	170
Figura 57 Nacidos totales con distintas ganancias medias diarias. ....	173
Figura 58 Regresión lineal entre nacidos totales y ganancia media diaria. ....	174
Figura 59 Camada de baja según crecimiento medio. ....	175
Figura 60 Regresión lineal entre camada de baja y crecimiento medio. ....	175
Figura 61 Distribución de pesos en la primera cubrición.....	177
Figura 62 Nacidos totales según peso a la cubrición. ....	179
Figura 63 Camada de baja según peso a la cubrición.....	179

Figura 64 Regresión lineal entre camada de baja y peso a la cubrición. ....	180
Figura 65 Distribución de nulíparas en función del espesor de grasa dorsal a la 1ª inseminación (n=200).....	181
Figura 66 Nacidos totales según espesor de grasa dorsal a la cubrición.....	182
Figura 67 Camada de baja según espesor de grasa dorsal a la cubrición.....	183
Figura 68 Regresión lineal entre camada de baja y espesor de grasa dorsal .....	183
Figura 69 Crecimiento medio por lechón según espesor de grasa dorsal al parto. ....	184
Figura 70 Crecimiento medio por lechón en función de la profundidad de lomo al parto. .....	185

---

---





## LISTA DE TABLAS

---

Tabla 1 Evolución tamaño de camada en España en 21 años. Fuente BDPorc. ....	47
Tabla 2 Evolución producción lechera (C. Farmer, 2019). ....	53
Tabla 3 Cambios en la productividad numérica de la cerda en los últimos 35 años (Cole, 2000).....	59
Tabla 4 Contenido de lisina y de aminoácidos de los distintos compartimentos. NRC, 2012.....	75
Tabla 5 Eficiencia de utilización de aminoácidos digeribles para ganancia proteica en gestación. NRC, 2012. ....	76
Tabla 6 Requerimientos de aminoácidos para mantenimiento en gestación (mg/kg <sup>0.75</sup> ). NRC, 2012. ....	78
Tabla 7 Contenido de lisina y composición de aminoácidos del cuerpo materno y leche expresado como porcentaje de contenido de lisina. NRC, 2012.....	81
Tabla 8 Eficiencia de utilización de aminoácidos digerible para producción de leche en lactación. NRC, 2012.....	82
Tabla 9 Recomendaciones nutricionales de la futura reproductora TN70. Manual de Recomendaciones TN70, 2018.....	85
Tabla 10 Ratios de aminoácidos para la futura reproductora TN70. Manual de Recomendaciones TN70,2018.....	85
Tabla 11 Recomendaciones nutricionales de la futura reproductora. Young,2003.....	86
Tabla 12 Recomendaciones nutricionales BSAS,2003. Dieta de 2250 kcal EN/kg.....	86
Tabla 13 Recomendaciones nutricionales futura reproductora. Close y Cole, 2000.....	86
Tabla 14 Recomendaciones nutricionales. Gill, 2007. ....	87
Tabla 15 Síntesis de recomendaciones nutricionales de varias genéticas (2021). ....	87
Tabla 16 Recomendaciones dieta flush. Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70,2018.....	89
Tabla 17 Recomendación de dietas en gestación, Topigs Norsvin (2018). ....	90
Tabla 18 Recomendación niveles nutricionales en gestación de la TN70. Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70 (2018). Dietas base trigo, cebada y soja. ....	91
Tabla 19 Ratios de aminoácidos recomendados en gestación. Varios autores.....	91
Tabla 20 Curva de alimentación TN70. Dietas trigo-cebada –soja.....	92
Tabla 21 Curva de alimentación en función de la condición corporal. Dietas trigo-cebada-soja.....	93

Tabla 22 Recomendaciones nutricionales para dietas periparto TN70.Manual TN 70.....	94
Tabla 23 Requerimientos nutricionales para dietas a 21 días de lactación. Dietas-trigo- cebada-soja. Manual TN70.....	96
Tabla 24 Requerimientos nutricionales para dietas a 28 días de lactación. Dietas trigo- cebada-soja. Manual TN70.....	97
Tabla 25 Concentraciones de lisina en la dieta según el crecimiento de la camada y el consumo en lactación (Tokach <i>et al.</i> , 2019). .....	97
Tabla 26 Ratios de aminoácidos recomendados en lactación. Varios autores.....	98
Tabla 27 Curva de alimentación recomendada para cerdas lactantes TN70. Dietas trigo- cebada-soja.....	102
Tabla 28 Recomendaciones nutricionales para cerdas reproductoras. Síntesis de varias empresas de genética.....	103
Tabla 29 Curvas de alimentación.....	115
Tabla 30 Composición y nutrientes de las dietas utilizadas. ....	116
Tabla 31 Programa de alimentación de la recria en 3 fases.....	117
Tabla 32 Composición y nutrientes de las dietas de recria.....	118
Tabla 33 Número de cerdas en control de Peso.....	122
Tabla 34 Número de cerdas en control ecográfico. ....	123
Tabla 35 Número de cerdas en control de Consumo medio diario (CMD) de pienso. ....	123
Tabla 36 Número de Lechones en control de pesaje. ....	124
Tabla 37 Número de cerdas en etapa de crecimiento en control de rendimiento.....	124
Tabla 38 Reducción de datos a la cubrición.....	130
Tabla 39 REDUCCIÓN DE DATOS ANTEPARTO. ....	131
Tabla 40 Reducción de datos postparto.....	132
Tabla 41 Reducción de datos destete. ....	133
Tabla 42 PARÁMETROS OBSERVADOS EN CERDAS GESTANTES.....	135
Tabla 43 PARÁMETROS OBSERVADOS EN CERDAS LACTANTES.....	136
Tabla 44 Evolución de pesos observados.....	136
Tabla 45 Evolución de espesor de grasa dorsal observada.....	137
Tabla 46 Comparación de los consumos observados y estimados por el modelo.....	137

Tabla 47 COMPARACIÓN DE COSTES DE ALIMENTACIÓN OBSERVADOS Y ESTIMADOS POR EL MODELO.....	138
Tabla 48 Comparación de ganancia de la camada observada y esperada al destete.....	138
Tabla 49 Comparación de costes y eficiencia de kg de pienso consumidos observados y estimados por el modelo.....	139
Tabla 50 Modelización de crecimiento. Datos de 3 cerdas (de un total de 100 cerdas)....	142
Tabla 51 Parámetros de la ecuación de Gompertz.....	143
Tabla 52 Parámetros del modelo de crecimiento.....	143
Tabla 53 Requerimientos energéticos en gestación.....	145
Tabla 54 BALANCE ENERGÉTICO EN GESTACIÓN.....	146
Tabla 55 Requerimientos de lisina digestible en gestación y consumos de lisina según curvas establecidas por el modelo.....	146
Tabla 56 Requerimientos energéticos predichos por el modelo en lactación.....	147
Tabla 57 Producción láctea predicha por el modelo.....	147
Tabla 58 REQUERIMIENTOS Y BALANCE ENERGÉTICO EN LACTACIÓN.....	148
Tabla 59 Requerimientos diarios y consumos de lisina digestible según el modelo.....	148
Tabla 60 REQUERIMIENTOS DE EM Y LISINA DIGESTIBLE EN PIENSOS DE GESTACIÓN Y LACTACIÓN.....	149
Tabla 61 Requerimiento de aminoácidos digestibles (%) en el pienso de gestación.....	149
Tabla 62 Requerimiento de aminoácidos digestibles (%) en el pienso de lactación.....	150
Tabla 63 Análisis descriptivo del peso vivo a la cubrición.....	160
Tabla 64 Análisis descriptivo del peso vivo anteparto.....	161
Tabla 65 Análisis descriptivo del peso vivo al destete.....	162
Tabla 66 Análisis descriptivo del espesor de grasa dorsal a la cubrición.....	163
Tabla 67 Análisis descriptivo del espesor de grasa dorsal anteparto.....	164
Tabla 68 Análisis descriptivo del espesor de grasa dorsal al destete.....	166
Tabla 69 Estadística descriptiva de parámetros medidos (n=200).....	167
Tabla 70 Estadística descriptiva de nacidos totales en los diferentes grupos de edad a la 1ª inseminación. Nivel de significación > 0,05.....	169
Tabla 71 Estadística descriptiva de nacidos vivos en los diferentes grupos de edad a la 1ª inseminación. Nivel de significación > 0,05.....	169

Tabla 72 Estadística descriptiva de destetados en los diferentes grupos de edad a la 1ª inseminación. Nivel de significación > 0,05.....	169
Tabla 73 Estadística descriptiva de camada de baja en los diferentes grupos de edad a la 1ª inseminación. Nivel de significación > 0,05.....	170
Tabla 74 Peso y composición corporal a la primera cubrición en función de la ganancia media diaria desde el nacimiento.....	172
Tabla 75 Productividad numérica en función del crecimiento medio diario. Nivel de significación > 0,05.....	173
Tabla 76 Camada de baja y fertilidad global en función del crecimiento medio. Nivel de significación > 0,05.....	174
Tabla 77 Composición corporal según peso a la primera cubrición.....	177
Tabla 78 Productividad numérica y camada de baja en función del peso a la cubrición. Nivel de significación >0,05.....	178
Tabla 79 Productividad numérica según espesor de grasa dorsal a la cubrición. Nivel de significación >0,05.....	181
Tabla 80 Camada de baja según espesor de grasa dorsal a la cubrición.....	182
Tabla 81 Crecimiento medio por lechón según espesor de grasa dorsal al parto.....	184
Tabla 82 Crecimiento medio por lechón en función de la profundidad de lomo al parto.	185
Tabla 83 Efecto de la pérdida de EGD en lactación. N=149 primerizas.....	186
Tabla 84 Efecto de la pérdida de profundidad de lomo en lactación. N=149 primerizas..	186

---





## RESUMEN.

---

La selección genética ha mejorado la prolificidad de las cerdas, lo que se refleja en un aumento en el tamaño de la camada, y la nutrición adecuada de las primerizas y las cerdas ha cambiado simultáneamente debido a la mejora de la productividad. Debido a esta intensa selección genética, se ha producido una disminución muy notable de las reservas de grasa de las primerizas acompañada de cambios en el metabolismo basal de los cerdos.

La mayoría de las recomendaciones de nutrientes se basan en investigaciones con cerdas que eran mucho menos prolíficas y productivas que las que se encuentran en las granjas actuales. Por tanto, las necesidades de nutrientes de las cerdas modernas son muy poco conocidas en comparación con nuestro conocimiento sobre los cerdos en crecimiento. Los cambios en el rendimiento de las cerdas han tenido efectos importantes en sus requerimientos nutricionales debido a la mayor prolificidad, producción de leche y mayor tamaño corporal que implica mayores requerimientos. Y muchos de los problemas de salud que hoy observamos son achacables a la nutrición.

Por lo tanto, los datos fundamentales que subyacen a los modelos actuales de alimentación de cerdas deben ser actualizados.

Los modelos de simulación son herramientas utilizadas tanto en la investigación como en la industria para adaptar las recomendaciones de nutrientes a los objetivos de productividad de los animales y que nos ayudan a tomar decisiones sobre estrategias de alimentación en función de los costes de producción del pienso.

Además, debemos afrontar varios problemas emergentes de sostenibilidad, como el impacto medioambiental, la rentabilidad de las granjas o el bienestar animal. La combinación adecuada de un régimen alimentario y una formulación de dieta respetuosa con el medio ambiente a través de un enfoque nutricional será más eficaz para reducir la excreción de nutrientes en la producción porcina. Para mitigar las emisiones de la producción ganadera, se está convirtiendo en una práctica común alimentar con dietas restringidas en contenido de proteínas y fósforo.

En las primeras etapas de la gestación, el mayor requerimiento de aminoácidos es para el aumento del cuerpo materno, mientras que en las últimas etapas de la gestación es para el desarrollo del tejido fetal y mamario. Para el último tercio, se debe aumentar el consumo de alimento, especialmente para tener en cuenta las crecientes necesidades metabólicas durante la gestación, así como el aumento del tamaño de la camada, evitando sobrealimentar a las cerdas en esta fase.

Las primerizas son el futuro del rebaño reproductor, ya que constituyen aproximadamente el 25 por ciento de la explotación. Es importante asegurarse de que las primerizas sean inseminadas dentro de los límites correctos de peso y edad. La longevidad mejorará evitando el rápido aumento de peso antes del primer servicio. Por eso una parte de este trabajo se ha centrado en cerdas nulíparas.

El objetivo de la modelización propuesta en este trabajo fue lograr nuevos programas nutricionales en cerdas gestantes y lactantes de una explotación comercial de 2200 cerdas Topigs. El objetivo secundario fue adaptar alimentación y

manejo para aprovechar todo el potencial. Este estudio se llevó a cabo durante un período de 3 años. Se controlaron un total de 525 hembras (TN70, Topigs Norsvin) en el momento de la cubrición, 430 hembras en el parto y 418 hembras en el destete. Se registro el peso corporal, el espesor de la grasa dorsal (EGD), la profundidad del lomo (PL), el peso de la camada y el consumo de alimento durante la gestación y la lactancia. El EGD y la PL se midieron mediante ecografía en el momento de la cubrición, el parto y el destete. De la misma manera, 74 primerizas fueron monitorizadas desde el destete hasta la primera cubrición durante su fase de recría. Durante la gestación y la lactación, la alimentación se proporcionó individualmente para cada cerda mediante comederos para un solo animal. Las hembras fueron alimentadas una vez al día durante la gestación y dos veces durante la lactación. El modelo descrito por Dourmad *et al.* (1999, 2008) sirvió de base para el modelo de gestación. Para el modelo de lactación también se utilizó el modelo descrito por Dourmad *et al.* (2008) y contrastado con el de Hansen. Es vital tener en cuenta cómo las cerdas utilizan los nutrientes para la reproducción. Por tanto, estrategias de alimentación adecuadas permiten una mejor nutrición y una menor excreción de nutrientes. Los aportes nutricionales deben adaptarse para mantener las reservas corporales en óptimas condiciones durante toda su vida productiva y, así, optimizar su desempeño reproductivo, lo que requiere un ajuste preciso del nivel de alimentación, de la composición nutricional del alimento, de las condiciones ambientales y de alojamiento, etc. ya que inciden directamente en el aprovechamiento de los nutrientes y su consumo voluntario.

Palabras clave: modelización, estrategias de alimentación, nutrientes, reproducción.

---





## SUMMARY.

---

Genetic selection has improved the prolificacy of sows, which is reflected in an increase in litter size, and the proper nutrition of gilts and sows has changed simultaneously due to improved productivity. Due to this intense genetic selection, there has been a very noticeable decrease in the fat reserves of the gilts accompanied by changes in the basal metabolism of the pigs.

Most nutrient recommendations are based on research with sows that were much less prolific and productive than those found on today's farms. Therefore, the nutrient requirements of modern sows are poorly understood compared to our knowledge of growing pigs. Changes in sow performance have had major effects on their nutritional requirements due to increased prolificacy, milk production and larger body size which imply higher requirements. And many of the health problems we observe today are attributable to nutrition.

Therefore, the fundamental data underlying current sow feeding models need to be updated.

Simulation models are tools used in both research and industry to match nutrient recommendations to animal productivity targets and to help us make decisions on feeding strategies based on feed production costs.

In addition, we need to address several emerging sustainability issues, such as environmental impact, farm profitability and animal welfare. The right combination of an environmentally friendly feeding regime and diet formulation through a nutritional approach will be most effective in reducing nutrient excretion in pig production. To mitigate emissions from livestock production, it is becoming common practice to feed protein and phosphorus restricted diets.

In the early stages of gestation, the major amino acid requirement is for maternal body augmentation, while in the later stages of gestation it is for foetal and mammary tissue development. For the last third, feed intake should be increased, especially to take into account the increased metabolic needs during gestation, as well as the increase in litter size, avoiding overfeeding sows at this stage.

Gilts are the future of the breeding herd, as they constitute approximately 25 percent of the farm. It is important to ensure that gilts are inseminated within the correct weight and age limits. Longevity will be improved by avoiding rapid weight gain before first service. That is why part of this work has focused on nulliparous sows.

The objective of the modelling proposed in this work was to achieve new nutritional programs in pregnant and lactating sows in a commercial farm of 2200 Topigs. The secondary objective was to adapt feeding and management to realize the full potential. This study was carried out over a period of 3 years. A total of 525 females (TN70, Topigs Norsvin) were monitored at service, 430 females at farrowing and 418 females at weaning. Body weight, backfat thickness (DWT), loin depth (LP), litter weight and feed intake during gestation and lactation were recorded. EGD and PL were measured by ultrasound at mating, calving and weaning. Similarly, 74 first calves were monitored from weaning to the first mating during their rebreeding phase. During gestation and lactation, feeding was provided individually for each sow using single-animal feeders. The sows were fed once a day during gestation and

twice a day during lactation. The model described by Dourmad *et al.* (1999, 2008) served as the basis for the gestation model. For the lactation model the model described by Dourmad *et al.* (2008) was also used and contrasted with that of Hansen. It is vital to consider how sows utilise nutrients for reproduction. Therefore, appropriate feeding strategies allow for better nutrition and less nutrient excretion. Nutritional intakes must be adapted to maintain body reserves in optimal condition throughout their productive life and thus optimise their reproductive performance. This requires precise adjustment of feeding level, nutritional composition of feed, environmental and housing conditions, etc. as these directly affect nutrient utilisation and voluntary intake.

Keywords: modelling, feeding strategies, nutrients, reproduction.

---





## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

---

AA	Aminoácidos
ARG	Arginina
CA	Calcio
CMD	Consumo medio diario
CYS	Cisteína
DU	Duroc
ED	Energía digestible
EGD	Espesor de grasa dorsal
EM	Energía metabolizable
EN	Energía neta
IC	Índice de conversión
ILE	Isoleucina
INS	Inseminación
KCAL	kilocalorías
LD	Landrace
LEU	Leucina
LP5	Lechones supervivientes al día 5º.
LW	Large White
LYS	Lisina
LYS DIG	Lisina digestible
MET+ CYS	Metionina más cisteína
MM	Milímetros
MMA	Mamitis, metritis y agalaxia
NA	Sodio
P	Fósforo
PHE	Fenilalanina
PL	Profundidad del lomo
PT	Pietrain
PV	Peso vivo
TRE	Treonina
TRP	Triptófano
VAL	Valina







## 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. INTRODUCCIÓN

---

La irrupción de las líneas genéticas hiperprolíficas, ha derivado en cambios en los requerimientos nutricionales de estas líneas genéticas. El aumento en la prolificidad se traduce en mayores requerimientos para el crecimiento fetal, especialmente en las últimas semanas de gestación.

Al mismo tiempo, el mayor peso de estas cerdas se traduce en mayores necesidades de mantenimiento. Durante la lactación, el drástico incremento en la producción de leche y en la tasa de crecimiento de la camada, resultan en un sustancial incremento de los requerimientos nutricionales, mientras que la capacidad de ingesta se ha mantenido constante e insuficiente para alcanzar los requerimientos nutricionales (Gaillard *et al.*, 2020).

Es necesario desarrollar métodos eficientes para estimar con precisión los requerimientos nutricionales y al mismo tiempo minimizar el impacto medioambiental de la producción porcina y alcanzar unos mayores estándares en bienestar animal.

Existe una creciente presión ejercida por la sociedad para reducir el impacto medioambiental de la producción porcina y conseguir unos mayores niveles de bienestar animal. Así, una correcta formulación y desarrollo de programas alimenticios pueden ayudar a alcanzar estos objetivos, lo cual repercutirá en los resultados productivos, económicos, tanto en bienestar animal y procurando beneficios medioambientales.

Además, los costes del pienso constituyen hoy en día uno de los principales factores que afectan al coste de producción. Por tanto, es esencial desarrollar estrategias de alimentación adaptadas a cada fase productiva (De Lange *et al.*, 2013).

No obstante, la información disponible acerca de la relación entre el consumo, la movilización de reservas corporales y la producción de leche de las cerdas modernas es limitada, los nutricionistas tienen que buscar soluciones para alimentar eficientemente a las cerdas hiperprolíficas y conseguir desarrollar nuevos programas alimenticios para alcanzar los mayores requerimientos de nutrientes (Ball *et al.*, 2008; Krogh *et al.*, 2015).

Desde hace unos años se está produciendo el desarrollo de modelos de simulación en porcino (Thornley y France, 1984; Whittemore, 1986; Baldwin, 1995; Van Milgen *et al.*, 2008; NRC, 2012). El objetivo de estos modelos es una mejor comprensión de cómo los animales utilizan los nutrientes para crecimiento y para las funciones reproductivas. Aunque los modelos no dejan de ser unos sistemas de simulación, y por tanto no son un reflejo exacto de la realidad, sí que son una aproximación que supone una herramienta de enorme utilidad para los nutricionistas para conocer como algunos procesos metabólicos afectan al desarrollo productivo de los animales. La utilidad de estos modelos permite tomar decisiones que permiten optimizar recursos en las diferentes estrategias nutricionales.

Los modelos dinámicos nos ayudan a mejorar nuestra comprensión de todos estos procesos debido a que tienen en cuenta los cambios que se producen en el tiempo, a diferencia de los modelos estáticos. Los modelos dinámicos usan ecuaciones diferenciales en el tiempo y funciones continuas no lineales (ej: Michaelis Menten) pudiendo describir funciones tales como el mantenimiento, la producción de calor, deposición proteica y lipídica....

Por otro lado, dependiendo como se abarque la información a priori, podemos realizar una aproximación empírica o mecanicista. Los modelos empíricos son aproximaciones simples que no pueden ser usadas con seguridad para hacer predicciones fuera del rango de datos con los que han sido construidos. Los modelos mecanicistas son modelos más complejos con un poder predictivo mayor no estando limitados al rango de datos recogidos.

Por otro lado, podemos distinguir entre modelos deterministas y estocásticos. Los modelos deterministas siempre nos dan los mismos resultados cada vez que el modelo se ejecuta. Los modelos estocásticos sin embargo nos dan un rango de resultados probables de cada conjunto de entradas (inputs). Estos modelos aparte de predecir nos aportan un grado de confianza de la predicción, por tanto, son útiles cuando es necesario modelizar poblaciones de animales. Los modelos mecanísticos son particularmente adaptados para permitir la comprensión de las interacciones y procesos subyacentes de crecimiento (ej. composición de la ganancia de peso, eficiencia de la utilización de la energía y nutrientes).

Los modelos mecanísticos consisten en ecuaciones matemáticas definidas por inputs (nivel de energía de la dieta, potencial genético) y variables (requerimientos de energía, composición corporal) que interactúan para generar outputs (ganancia de peso, consumo de pienso).

Estos modelos pueden ser modelos de simulación y por tanto ayudan a reducir el tiempo entre la investigación y las aplicaciones prácticas.

Una vez diseñado el modelo, el modelo genera una serie de resultados que se desvían en mayor o menor medida de los datos observados. El modelo se actualiza continuamente mediante la reparametrización de estos datos.

Los problemas reproductivos en las cerdas como el escaso rendimiento reproductivo o las altas tasas de reposición causadas por la eliminación selectiva temprana de las cerdas están relacionados, a menudo, con las variaciones extremas en sus reservas corporales y deben considerarse más como un indicador del riesgo que como causa real de los problemas (Dourmad *et al.*, 2008).

Durante la gestación, la cerda debe construir suficientes reservas corporales para compensar el déficit nutricional eventual que pueda ocurrir en la siguiente fase de lactancia. Sin embargo, estas reservas no deben ser excesivas para evitar la aparición de problemas de partos que son típicos en las cerdas grasas, o perjudicar su consumo de pienso después del parto (Dourmad *et al.*, 2008).

Durante la lactación, se recomienda adaptar el aporte nutricional a sus requerimientos con el fin de maximizar la producción de leche y, por tanto, el

crecimiento de los lechones y minimizar los eventuales problemas reproductivos puedan acaecer tras el destete (Dourmad *et al.*, 2008).

En consecuencia, los aportes nutricionales a las cerdas deben adaptarse para mantener las reservas corporales en condiciones óptimas a lo largo de su vida productiva y, así, optimizar su rendimiento reproductivo, lo que requiere un ajuste preciso del nivel de alimentación, de la composición nutritiva de los piensos, de las condiciones ambientales y de alojamiento, etc. ya que impactan directamente sobre la utilización de nutrientes y su consumo voluntario.

## 1.1 LINEAS GENÉTICAS ACTUALES.

---

En los últimos 40 años, se ha producido una evolución vertiginosa de la genética desde los inicios de la producción porcina, habiéndose visto incrementada por la aplicación de nuevas técnicas en genética y selección animal como el modelo BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). Este modelo mejora la precisión de la predicción del valor genético respecto a los índices de selección clásicos, no es más que un procedimiento estadístico de predicción del valor genético de un animal a partir de la información fenotípica y de las relaciones de parentesco. Muchos de los cambios ocurridos en los últimos 30 años en los programas de mejora genética tienen su origen en la implantación de esta metodología, en particular en los caracteres reproductivos. Las actuales líneas prolíficas constituyen un buen ejemplo. Más recientemente, a partir de los años 90, con la selección genómica se abre la posibilidad de selección frente a nuevos caracteres. No obstante, el BLUP hoy en día sigue siendo el método elegido para la predicción del valor genético de los animales en prácticamente todos los programas de mejora animal, particularmente en el porcino (Noguera, 2020).

Los métodos de selección genómica son cada vez más utilizados, lo que está provocando un cambio en las estrategias de selección de los programas de mejora. El acceso a la información genómica nos permite por tanto construir métodos de selección genética más precisos y explorar nuevas oportunidades para la selección de los caracteres más difíciles de mejorar genéticamente, ya sea porque presentan una baja heredabilidad, como es la mortalidad, porque son costosos (caracteres relacionados con el consumo de pienso, calidad de carne, robustez, impacto ambiental) o difíciles de registrar (resistencia a enfermedades).

El rumbo que ha seguido esta evolución, en las líneas maternas, ha sido un aumento de la prolificidad y un aumento de la calidad cárnica de estas líneas, aumentando el porcentaje de magro de la canal y disminuyendo la cobertura grasa.

La producción porcina moderna la podemos basar en cuatro razas: Large White (LW), Landrace (LD), Duroc (Du) y Pietrain (Pt); y ya de otro lado sus razas derivadas.

Las razas que actualmente se emplean en los programas de mejora son la raza Large White y Landrace, como líneas maternas, para producir las hembras cruzadas F1 (LW x LD), destinadas a las granjas de producción. Por otro lado, como línea paterna

la raza Pietrain que se cruza con la F1 para la obtención del producto final (LD x LW) x Pi. Otra alternativa que se está realizando en la actualidad es el cruce de la línea paterna Duroc, buscando mejorar la calidad del producto final.

Sin embargo, la selección de cerdos de engorde más magros y de crecimiento más rápido ha resultado en cerdas prolíficas mucho más magras (Tribout *et al.*, (2003). En los últimos 30 años se han perdido aproximadamente 30 mm de grasa, 1mm por año.

Como consecuencia, estas cerdas más magras han resultado en cerdas con un consumo de pienso reducido (Eissen *et al.*, 2000; Tribout *et al.*, 2003), lo cual crea un desafío para proveer a la cerda lactante de la energía y aminoácidos necesarios para la producción de leche y para el mantenimiento.

En los últimos 10-15 años se ha producido un agigantado cambio en la productividad de las cerdas, y hoy en día la mayoría de las genéticas modernas superan los 15 lechones nacidos totales. Las empresas de genética han llevado por tanto a cabo un importante trabajo de selección para el factor prolificidad.

La pregunta que nos debemos de hacer es si disponemos de información suficiente y contrastada para alimentar con criterio las cerdas actuales; y por otro lado la medida en que los resultados obtenidos en el pasado son aplicables en las condiciones actuales.

Es necesario reevaluar los requerimientos para las genéticas más modernas, ya que históricamente las investigaciones sobre nutrición de la cerda han representado solo el 2% de la literatura científica sobre producción porcina. Los nutricionistas deben encontrar soluciones para alimentar a la moderna cerda hiperprolífica y desarrollar nuevas estrategias para encontrar los mayores requerimientos de nutrientes (Ball *et al.*, 2008; Krogh *et al.*, 2015).

Por tanto, hemos de asumir un enfoque distinto desde el punto de vista de la nutrición, de la alimentación y del manejo.

A pesar de que los esquemas de selección de las cerdas hiperprolíficas están encaminados a la obtención de un elevado número de lechones destetados por cerda y año, en su selección se tienen en cuenta un gran número de caracteres de distinta importancia, la cual puede variar entre los diferentes esquemas de selección, ya que suelen modificarse en periodos de tiempo regulares, en función de las exigencias del mercado. Se definen por tanto los objetivos de selección a implantar, en función de los caracteres de interés que se quieren mejorar y la importancia económica relativa de cada carácter. La inclusión de uno u otro carácter se ve influenciada por la metodología disponible en cada momento y por la variabilidad genética de cada carácter en términos de heredabilidad.

El uso de la genómica y la recopilación de mayores bases de datos fenotípicas han ayudado a incrementar el ritmo de mejora genética en los últimos años. Se abre, por tanto, la posibilidad a seleccionar sobre nuevos caracteres, referentes a calidad de carne (olor sexual, grasa intramuscular, perfil de ácidos grasos, pH a las 24 h, terneza de la carne), resistencia a enfermedades, robustez, resiliencia, comportamiento social, caracteres medioambientales....

Las empresas de genética llevan a cabo la selección de diversos caracteres dentro de la línea materna, los cuales se pueden dividir en dos tipos (Sanjoaquín y Vela, 2015); caracteres maternos (44,2%) y caracteres cárnicos (55,8%).

Los caracteres maternos sobre los que actualmente se ejerce presión de selección son:

- Nacidos totales y nacidos vivos.
- Peso de la camada.
- Homogeneidad al nacimiento.
- Cantidad de calostro.
- Lechones supervivientes al 5º día (LP5).
- Mortalidad de lechones.
- Número de lechones destetado por cerda.
- Número de camadas destetadas.
- Longevidad de las cerdas.
- Retención de las cerdas.
- Cantidad/distancia de las mamas.
- Intervalo destete- cubrición.

Debido a la importancia del calostro y del enalostramiento, en los planes de mejora genética se llegó a incluir la producción del calostro, pero se ha demostrado que su heredabilidad es muy baja y por tanto no interesa incluirla.

Como ejemplos de esquemas de selección aplicados en la actualidad por varias compañías genéticas tenemos las siguientes.

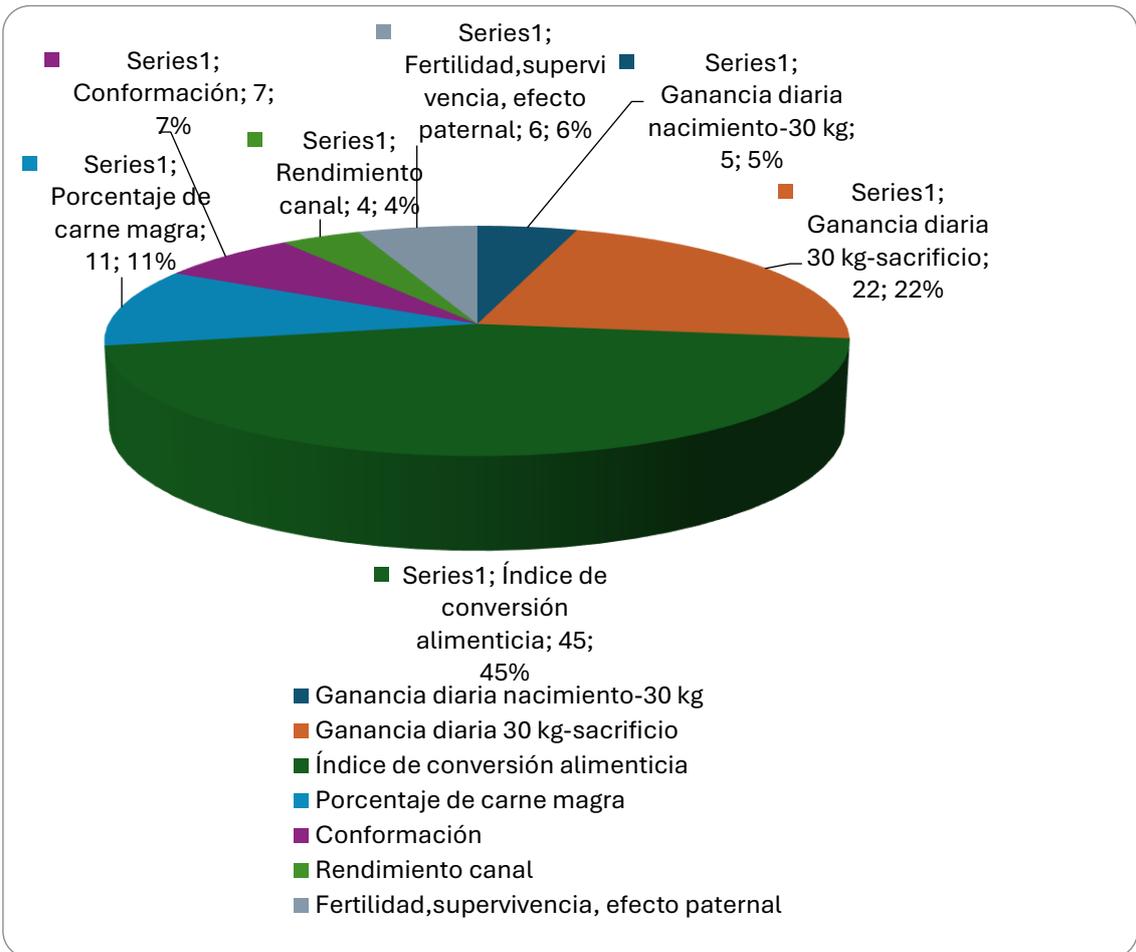


FIGURA 1 OBJETIVOS DE SELECCIÓN DE DANBRED DUROC 2020. ADAPTADO DE DANBRED 2019.OBJETIVOS DE SELECCIÓN Y RESULTADOS.

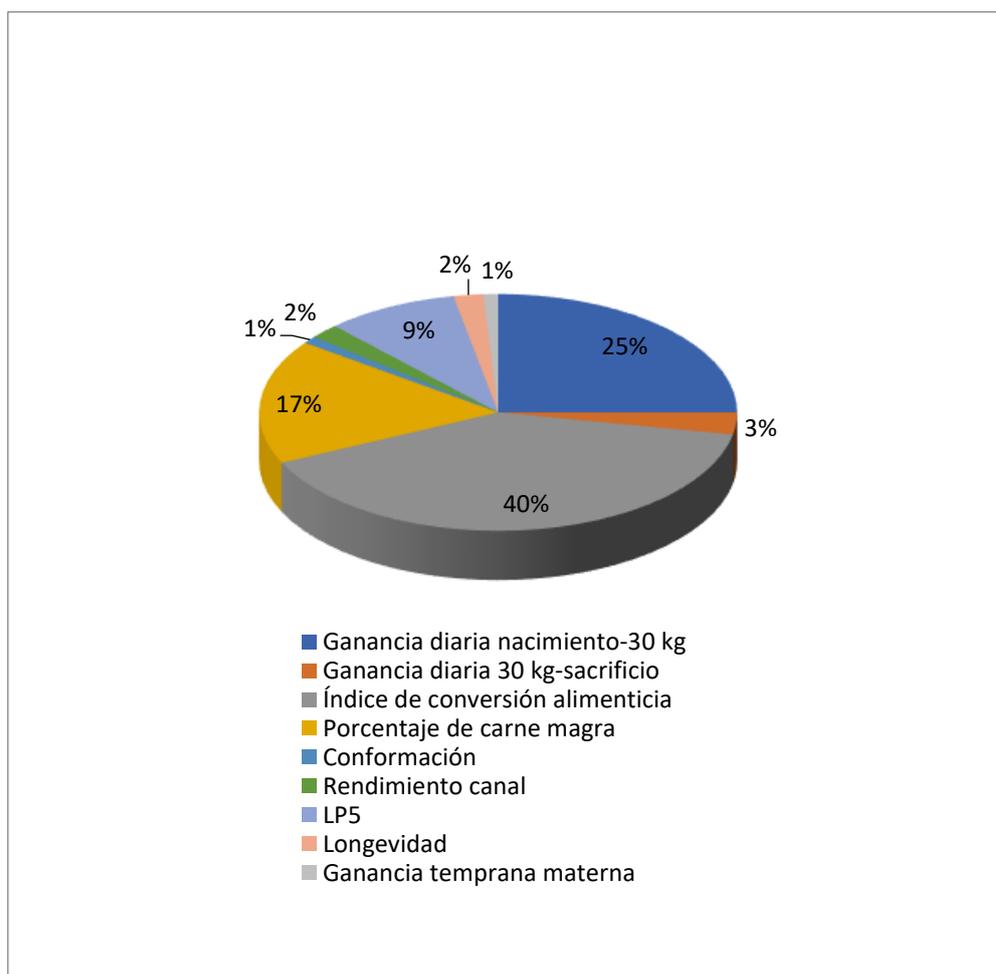


FIGURA 2 OBJETIVO DE SELECCIÓN DE DANBRED LANDRACE Y DANBRED YORKSHIRE 2018.ADAPTADO DE DANBRED 2019.OBJETIVOS DE SELECCIÓN Y RESULTADOS.

El objetivo “ganancia temprana materna” proporciona una mejora genética intrínseca a la cerda, por la que se mejora el crecimiento de los lechones. El factor LP5, garantiza una mejora de la supervivencia de los lechones en su primera fase de vida. En las figuras 1 y 2, podemos ver como las fracciones correspondientes a los objetivos de selección ligados a la producción son mayores en su conjunto.

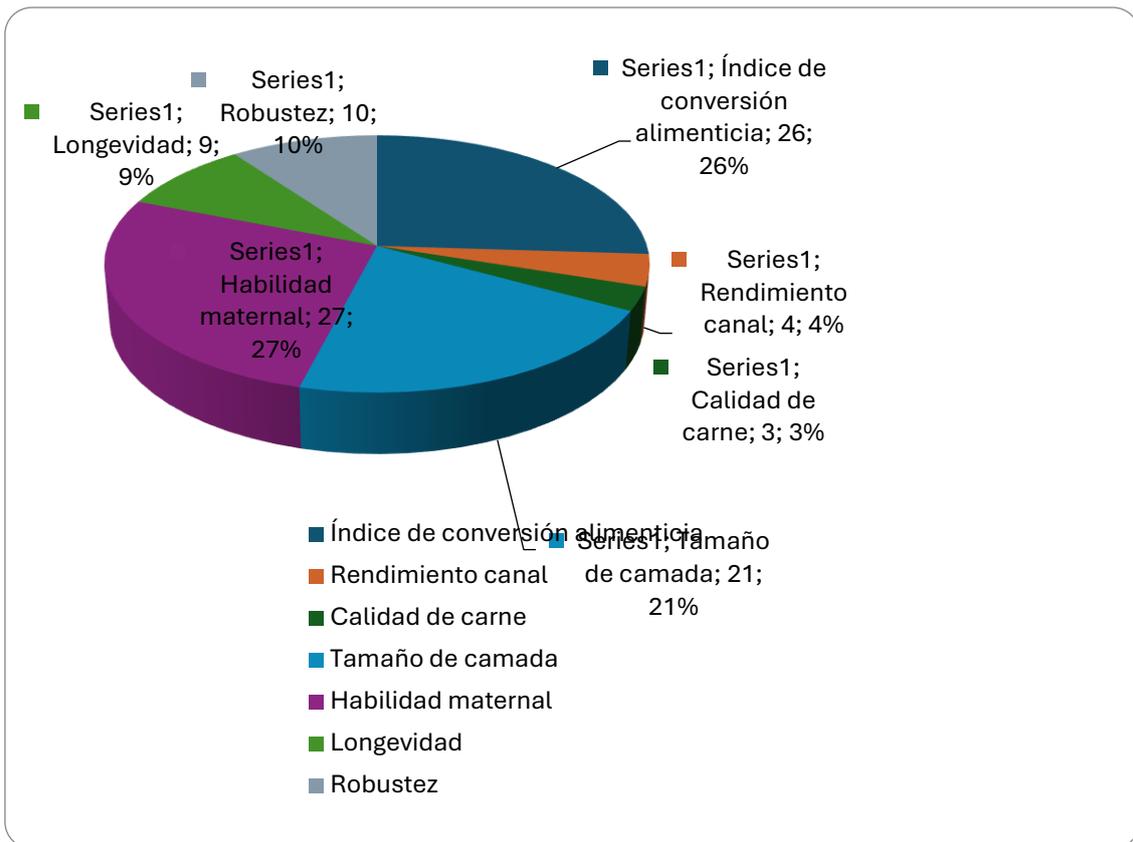


FIGURA 3 OBJETIVOS DE SELECCIÓN TN70 2018. ADAPTADO DE OBJETIVOS DE SELECCIÓN Y RESULTADOS DE TN70 2018.

En la figura 3, vemos como la TN70, prima principalmente el índice de conversión alimenticia (26%) y la habilidad maternal (27%), seguido del tamaño de la camada (21%), en su programa de selección.

En resumen, la intensa selección genética ha mejorado enormemente la productividad de las cerdas, llegando a ser una práctica normal la producción de 30 lechones por cerda y año.

## 1.2 PROLIFICIDAD.

Las cerdas modernas se caracterizan por su alta prolificidad, llegando a tener entre 15-20 lechones nacidos totales y entre 30-36 lechones destetados por cerda y año.

No obstante, no todas las genéticas hiperprolíficas son iguales. El objetivo de las cerdas hiperprolíficas es conseguir el mayor número de lechones destetados por cerda y año, pero la forma de conseguirlo difiere entre genéticas. Hay que estudiar que genética se adapta mejor a las condiciones de cada explotación, ya que no todas las granjas pueden tener el mismo tipo de cerda. Hay cerdas con un enorme potencial productivo que, según el manejo, la sanidad, la alimentación y las

instalaciones y dimensiones de la explotación, pueden no ser la elección más conveniente.

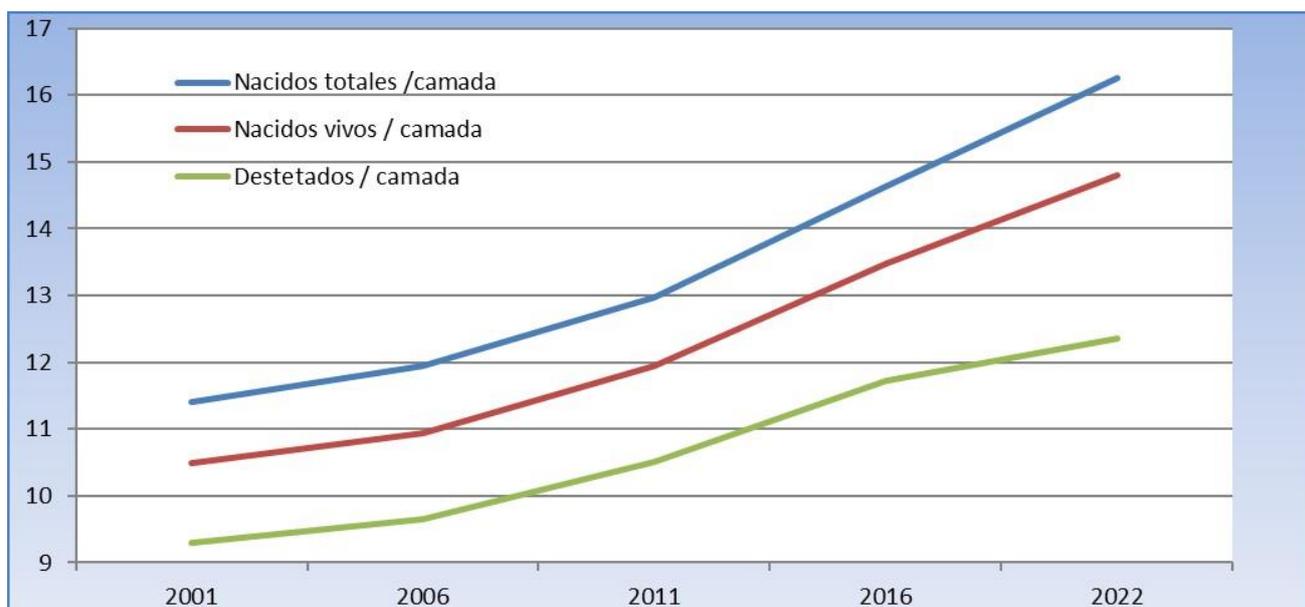


FIGURA 4 EVOLUCIÓN TAMAÑO DE CAMADA EN ESPAÑA EN 21 AÑOS. FUENTE BDPORC.

	2001	2006	2011	2016	2022
Nacidos totales /camada	11,4	11,95	12,97	14,64	16,25
Nacidos vivos / camada	10,5	10,94	11,94	13,48	14,81
Destetados / camada	9,3	9,65	10,52	11,73	12,35

Tabla 1 Evolución tamaño de camada en España en 21 años. Fuente BDPorc.

En el gráfico podemos observar cómo desde el año 2001 el aumento en lechones nacidos totales es de 3,24 lechones por camada. Del año 2001 al 2006 el aumento de lechones nacidos totales es de 0,11 lechones/año, pero desde el 2011 al 2016 el aumento que se produce es de 0,33. Entre el 2016 y el 2022 el aumento anual es de 0,27 lechones nacidos totales, siendo este aumento de 0,23 lechones anuales si consideramos el periodo 2001-2022. No obstante, aunque esta mejora es debida en gran parte a la evolución genética, hay que tener en cuenta las mejoras a nivel sanitario, nutricional, de ambiente que se han podido efectuar igualmente.

Las principales características de las líneas genéticas actuales son, por un lado, su mayor prolificidad, de ahí el apelativo de cerdas hiperprolíficas, y por otro, es que se trata de cerdas más grandes y magras que las normales. Estas cerdas por tanto destetan más lechones.

### 1.3 MAYOR HETEROGENEIDAD DE LA CAMADA.

Sin embargo, esto ha traído consigo una mayor mortalidad en lactación y un menor peso medio del lechón al nacimiento (Moreira *et al.*, 2020) Se produce por tanto una mayor variabilidad en el peso de los lechones, que es acompañado por una disminución en la cantidad de calostro consumido por lechón (Devillers *et al.*, 2007; Vadmand *et al.*, 2015).

Boulot *et al* (2008), reportaron que la media de peso del lechón al nacimiento se había reducido de 1,89 Kg a 1,38 Kg para camadas de cerdas con 9 a 16 lechones respectivamente, indicando que el peso del lechón al nacimiento declinaría en aproximadamente 100 gramos por cada lechón adicional por camada.

En la misma línea, Quesnel *et al.*, 2008, concluyó que cuando el tamaño de camada variaba de menos de 10 lechones a más de 15, la proporción de lechones pesando menos de 1 kg se incrementaba concomitantemente (fig.5).

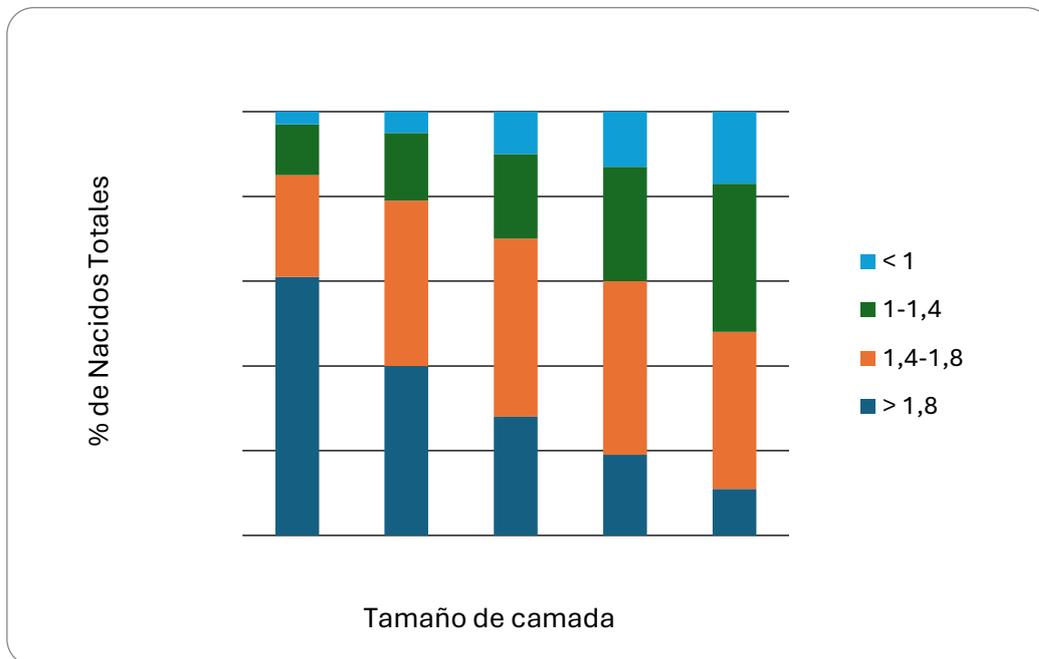


FIGURA 5 EFECTO DEL TAMAÑO DE LA CAMADA EN LA DISTRIBUCIÓN DE PESOS DEL LECHÓN. ADAPTADO DE QUESNEL ET AL., 2008.

En el mismo estudio, el coeficiente de variación del peso del lechón al nacimiento dentro de la camada se incrementó de 14,9 a 23,7 para camadas de cerdas de 9 a 16 lechones respectivamente. Esto es probablemente debido a la limitación de la capacidad uterina que no ha sido mejorada al mismo tiempo para acomodar al incremento del tamaño de las camadas, resultando en una multitud de fetos en el útero con la consiguiente reducción de nutrientes a los fetos (Fig.6).

	<b>≤ 9</b>	<b>10-11</b>	<b>12-13</b>	<b>14-15</b>	<b>≥ 16</b>
Nº camadas	195	154	276	394	579
Nº de ciclo	2,6	2,3	2,5	2,6	3,5
Nacidos Totales	7,1	10,6	12,6	14,5	17,7
Nacidos Vivos	6,9	10,2	12,0	13,7	16,1
Nacidos Muertos (%)	0,3 (4,2)	0,4 (3,8)	0,6 (4,8)	0,8 (5,5)	1,5 (8,5)
<b>Peso Vivo medio (kg)</b>	<b>1,88<sup>a</sup></b>	<b>1,67<sup>b</sup></b>	<b>1,57<sup>c</sup></b>	<b>1,48<sup>d</sup></b>	<b>1,38<sup>e</sup></b>
Desviación Estándar (kg)	0,28 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,33 <sup>b</sup>
<b>Coefficiente Variación (%)</b>	<b>15<sup>a</sup></b>	<b>18<sup>b</sup></b>	<b>21<sup>c</sup></b>	<b>22<sup>c</sup></b>	<b>24<sup>d</sup></b>

FIGURA 6 EFECTO DEL TAMAÑO DE LA CAMADA EN LA VARIACIÓN DEL PESO DEL LECHÓN AL NACIMIENTO (QUESNEL ET AL., 2008).

De igual manera, se estima que el contenido de lípidos de los lechones al nacimiento es un 2 % más bajo que lo que conocíamos (Manner y McRea, 1963). Esto significa, que los lechones al nacimiento tienen menos grasa corporal y por tanto una menor cantidad de glucógeno hepático, lo que agrava su viabilidad después del nacimiento (Canario, 2014).

Una mayor variabilidad de pesos trae consigo una mayor mortalidad en lactación, ya que los lechones más pequeños tienen una tasa de supervivencia menor (Fig.7).

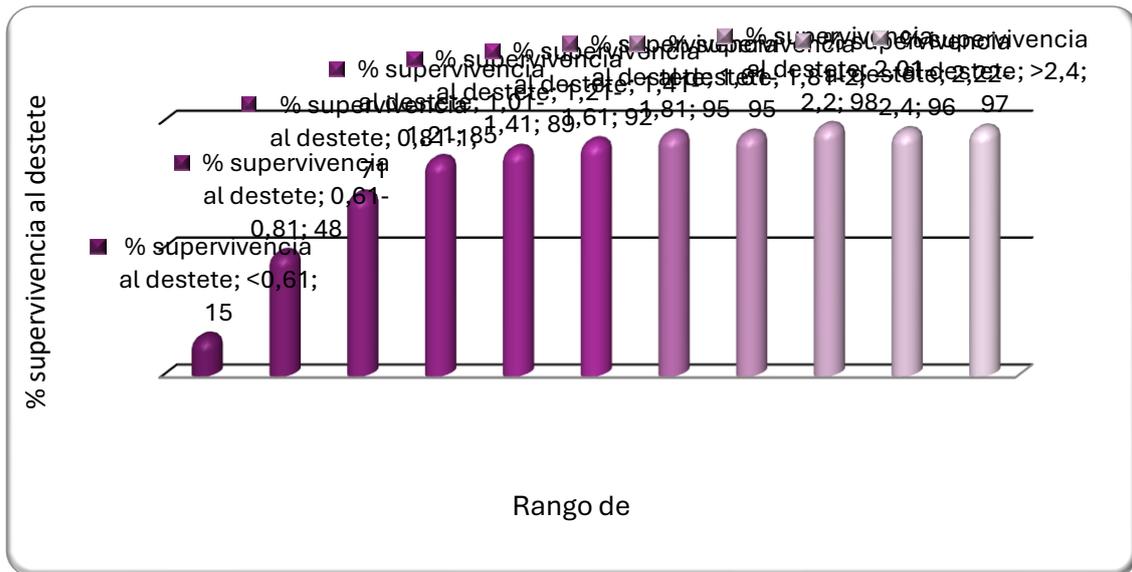


FIGURA 7 SUPERVIVENCIA EN LACTACIÓN SEGÚN EL RANGO DE PESOS AL NACIMIENTO. ADAPTADO DE QUINIOU ET AL., 2002.

La ganancia de los lechones en lactación está también relacionada con el peso al nacimiento, de manera que, a mayor peso vivo al nacimiento, mayores ganancias de peso vivo en lactación (Fig.8). Además, se sabe que los lechones más grandes tienen mayor habilidad para conseguir las mejores tetas y consiguen estimular más eficientemente las tetas consiguiendo un mejor flujo de leche (Auldist y King, 1995; Dividich,1999).

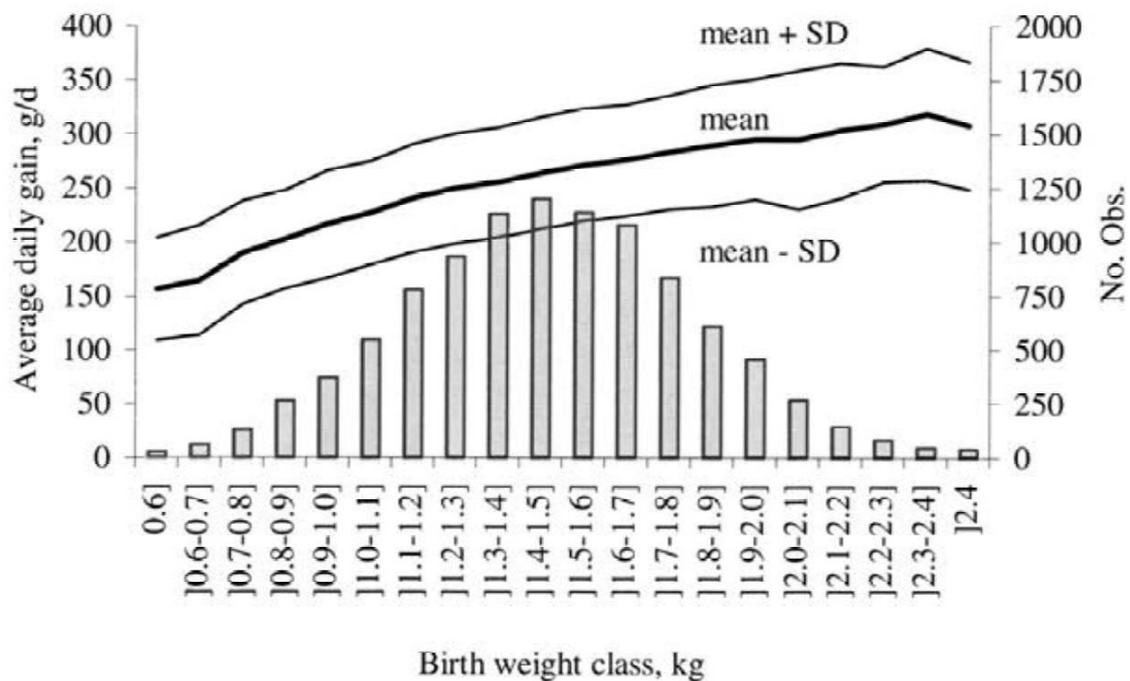


FIGURA 8 NÚMERO DE LECHONES DESTETADOS POR CATEGORÍA DE PESO (BARRAS) Y EVOLUCIÓN (Y VARIABILIDAD) DE LA GMD ANTES DEL DESTETE (LÍNEA NEGRA) Y VARIABILIDAD (+- 1DS). (QUINIOU ET AL., 2002).

De igual manera, el crecimiento de los lechones en transición y cebo también está relacionado con el peso al nacimiento (Fig.9). De media, los lechones alcanzaron los 25 kg de peso vivo (pv) a los 60 días de edad, pero a los lechones que pesaron 0.6 kg, les supuso tres semanas adicionales más, comparado con los lechones que pesaron 2.6 kg al nacimiento (76 días y 55 días respectivamente).

De la misma manera, los lechones que pesaron 1 kg de pv al nacimiento, alcanzaron los 105 kg pv dos semanas más tarde que aquellos que pesaron 2 kg de pv (Fig.10).

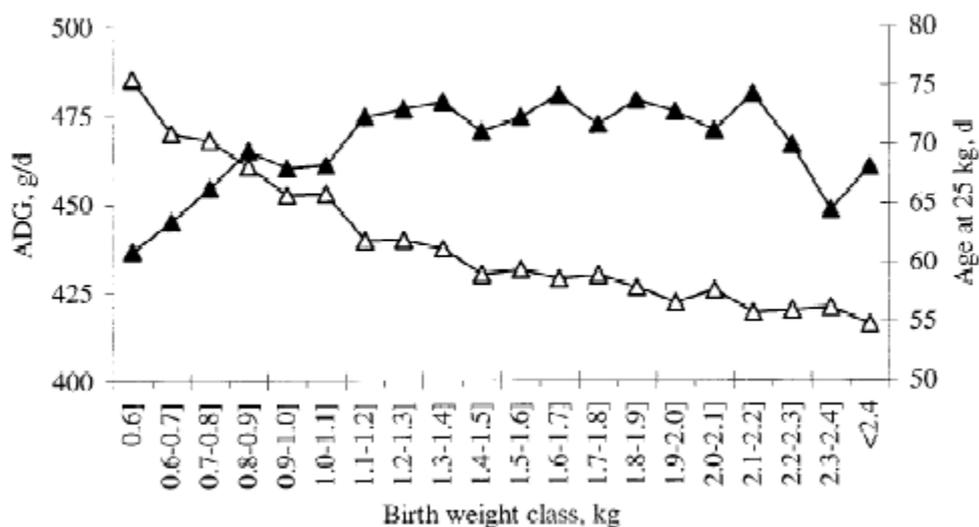


FIGURA 9 EDAD A LOS 25 KG Y GMD ESTANDARIZADA DE 7 A 25 KG SEGÚN EL RANGO DE PESOS AL NACIMIENTO (QUINIOU ET AL., 2002).

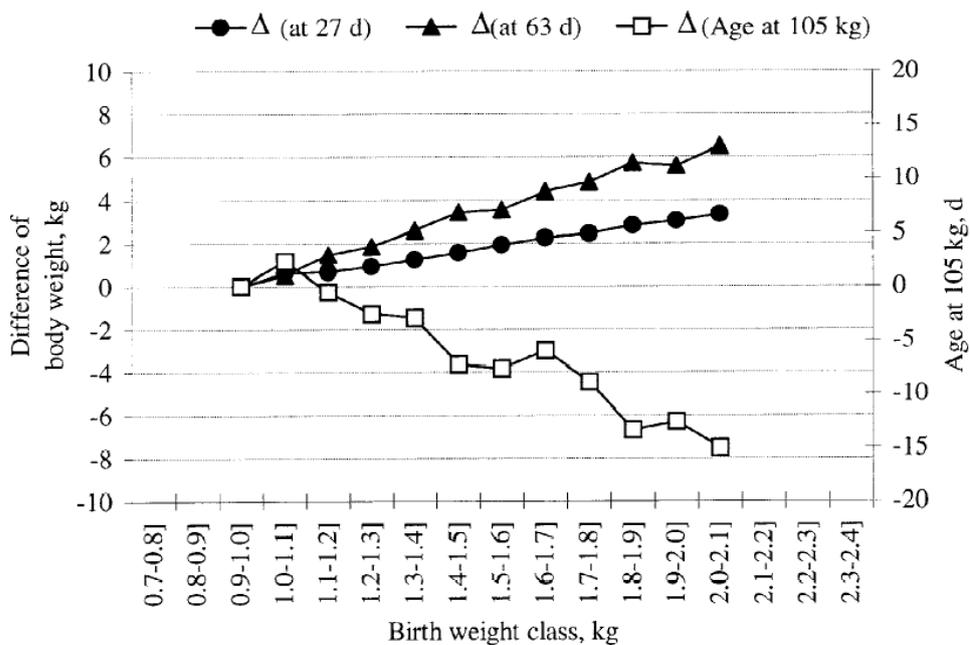


FIGURA 10 DIFERENCIA DE PESO AL DESTETE. ● 27 DÍAS AL PASO A CEBE. ▲ 63 DÍAS. □ EDAD ESTANDARIZADA A LOS 105 KG SEGÚN EL RANGO DE PESOS AL NACIMIENTO, DONDE EL VALOR 1 KG AL NACIMIENTO ES USADO COMO REFERENCIA. (QUINIOU ET AL.,2002).

## 1.4 MAYOR PRODUCCIÓN LECHERA.

El potencial de producción de leche de estas cerdas se ve incrementado, pero no así el apetito (consumo voluntario), lo que se traduce en una mayor movilización de reservas corporales durante la lactación. Esto es crítico para las cerdas modernas, que presentan bajas reservas corporales de grasa y altos requerimientos de energía y de aminoácidos para mantenimiento y crecimiento del tejido magro (Grandhi, 1997). Los requerimientos para producción de leche son altos, se estima que una cerda hiperprolífica produce unas tres veces su peso corporal en leche al año. Para afrontar estas necesidades, la cerda dispone por un lado de la ingestión de pienso, y de otro de la movilización de reservas corporales. La mayor prolificidad también afecta a la producción de leche.

En el siguiente cuadro podemos observar cómo ha evolucionado la producción lechera entre los años 1971 y 1998, para mantenerse estable posteriormente. (Farmer, 2019).

<b><i>Producción de leche (kg/día)</i></b>	<b><i>Autor</i></b>
5,2	Elsley 1971
7,1	Noblet y Étienne 1986
8,3	Schoenherr et al 1989
8,6	King et al 1993
9,9	King et al 1993
8,7	Toner et al 1996
10,3	Sauber et al 1996
11,6	King y Eason 1998

Tabla 2 Evolución producción lechera (Farmer, 2019).

La producción de leche se ha multiplicado por dos en los últimos 30 años (Etienne *et al*, 2000), con una producción media de 10,7 kg/ día más 0,75 kg/ día por cada lechón adicional (Gauthier *et al.*, 2019).

Un exceso de pérdidas de las reservas corporales durante la lactación está asociado con efectos negativos en los parámetros reproductivos (reducción tasa fertilidad, reducida tasa supervivencia embrionaria, mayor intervalo entre ciclos) y en la producción láctea, lo que afecta a la supervivencia y al crecimiento de los lechones (Aherne y Kirkwood, 1985; Cole, 1990).

A su vez, la producción de calostro por cerda es limitada y constante (3-4 litros), independientemente del número de lechones que tenga. Por lo que, a mayor número de lechones, menos calostro hay disponible por lechón (Fig.11).

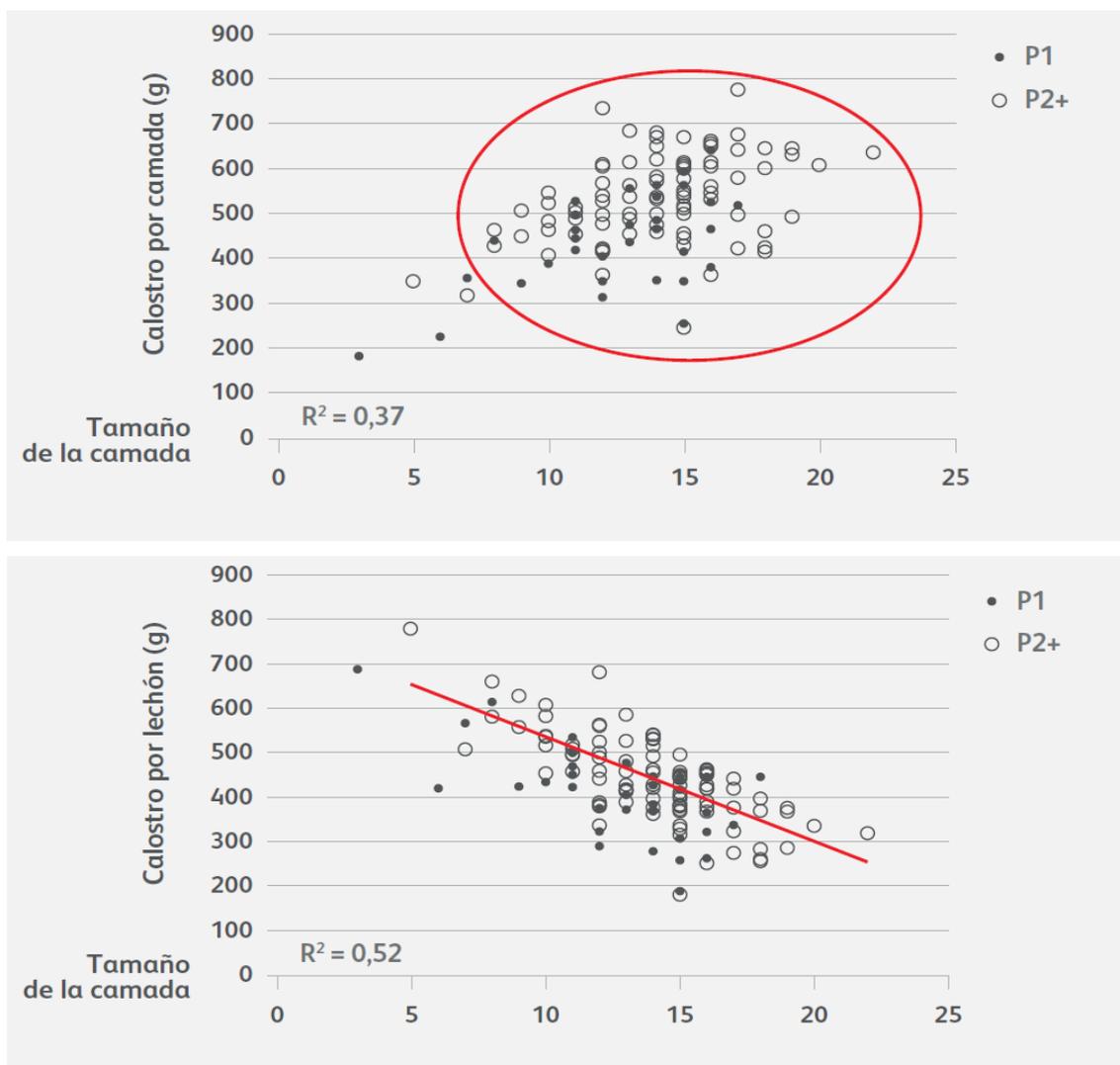


FIGURA 11 CALOSTRO POR CAMADA, INDEPENDIENTE DEL NÚMERO DE LECHONES NACIDOS VIVOS. EL CALOSTRO POR LECHÓN DISMINUYE A MEDIDA QUE AUMENTA EL TAMAÑO DE LA CAMADA (SWINE RESEARCH CENTRE,2017) (NANTA, CERDA HIPERPROLÍFICA).

Un lechón necesita 250cm<sup>3</sup> de calostro de buena calidad y su ingesta tiene una relación directa con la mortalidad. El consumo es muy variable entre camadas y entre lechones de la misma camada (Fig.12).

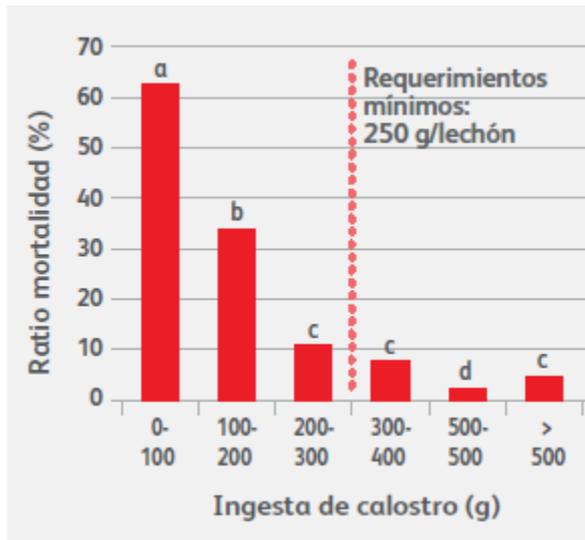


FIGURA 12 CONSUMO DE CALOSTRO EN RELACIÓN CON LA MORTALIDAD (QUESNEL ET AL, 2012). (NANTA, CERDA HIPERPROLÍFICA)

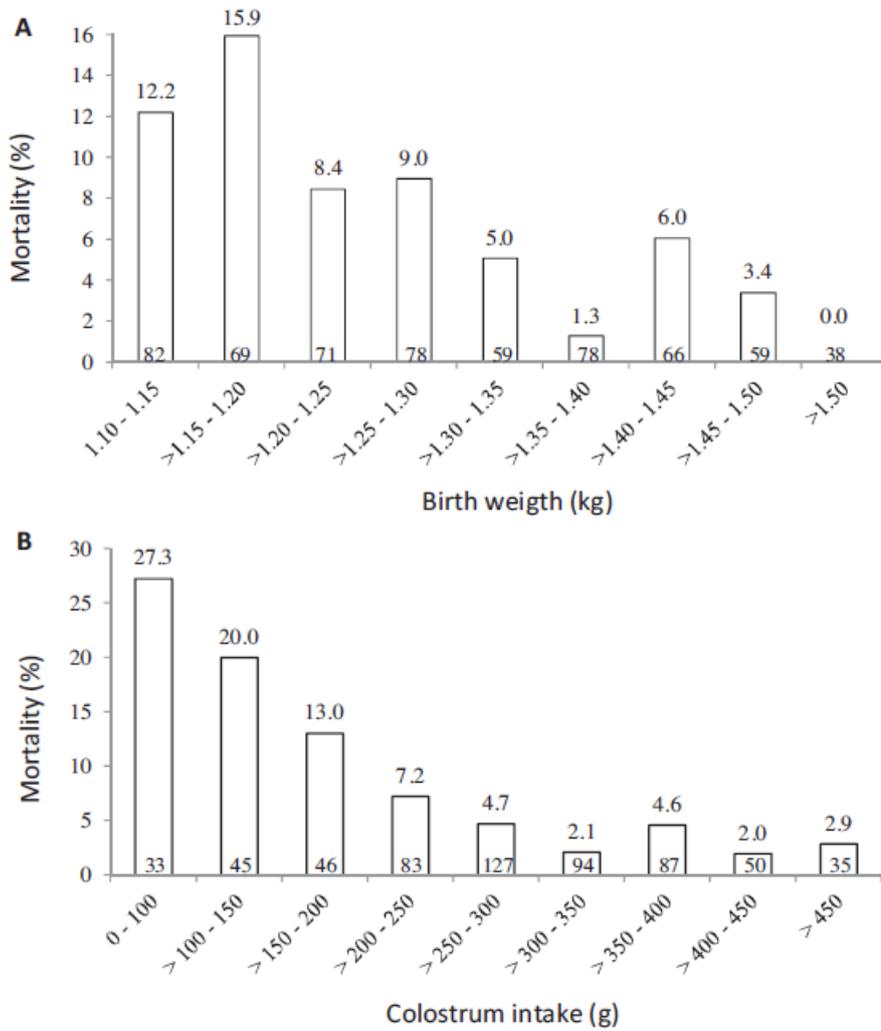


FIGURA 13 A Y B. CONSUMO DE CALOSTRO EN RELACIÓN CON LA MORTALIDAD DE LECHONES HASTA 42 DIAS DE EDAD. EL NÚMERO DE LECHONES SE MUESTRA DENTRO DE LAS COLUMNAS (FERRARI ET AL, 2014).

En la figura 13, observamos cómo evoluciona la mortalidad de acuerdo con unos intervalos de peso al nacimiento (figura 13A) y de ingesta de calostro (figura 13B)

Hay una relación entre el peso de lechón al nacimiento y la ingesta de calostro. La mayoría de los lechones pequeños tienen una ingesta por debajo del umbral de 250 cm<sup>3</sup>, mientras que la mayoría de los lechones grandes tendrían una ingesta suficiente de calostro (Fig.13 A).

La probabilidad de mortalidad disminuía conforme aumentaba la ingesta de calostro, siendo necesarios al menos 200-250 gramos de calostro (Fig.13 B).

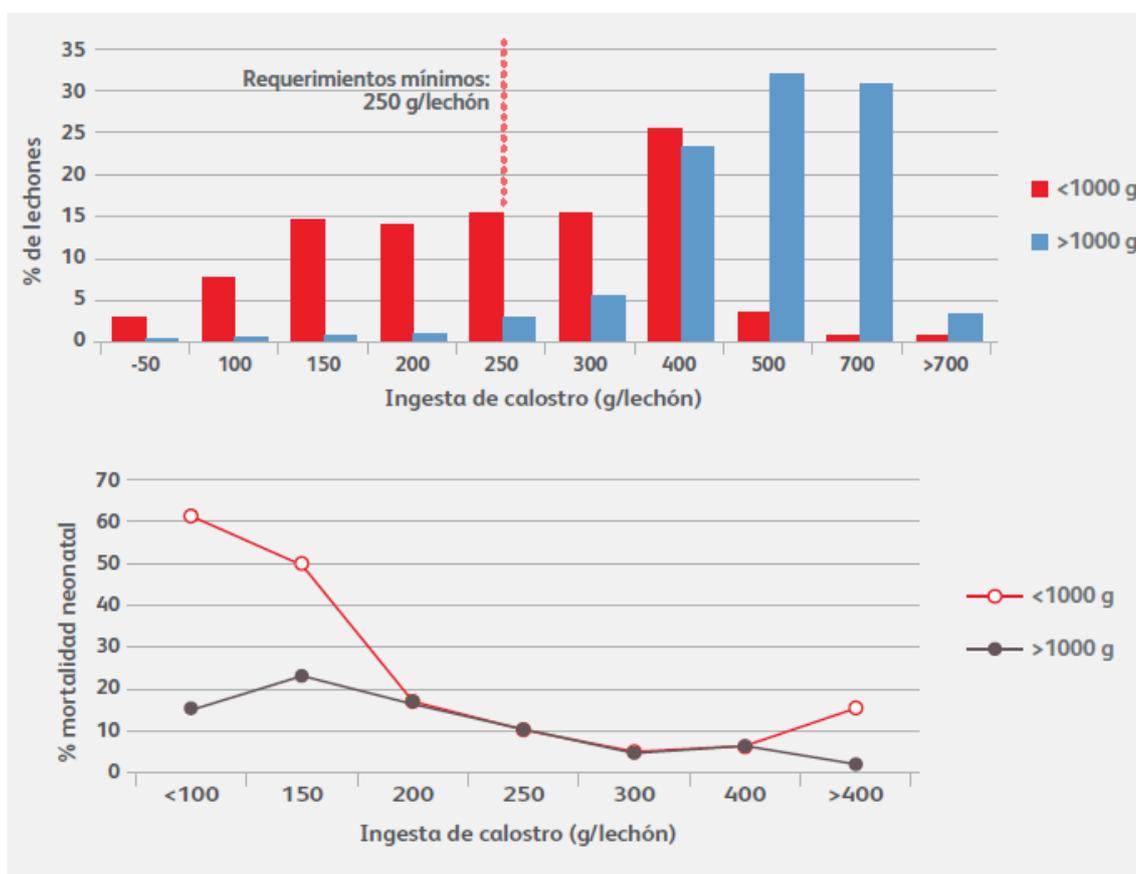


FIGURA 14 RELACIÓN ENTRE EL PESO AL NACIMIENTO (> 1000 GR O < 1000 GR) CON LA INGESTA DE CALOSTRO (SWINE RESEARCH CENTRE, 2017) (NANTA, CERDA HIPERPROLÍFICA).

En otro estudio, llevado a cabo por el Swine Research Centre, se clasificaron los lechones en función del peso al nacimiento en dos grupos, los que pesaron menos de 1 kg y los que pesaron más de 1 kg al nacimiento. Se puede observar cómo los lechones de mayor peso ingieren más cantidad de calostro. La gráfica inferior muestra la evolución de la ingesta de calostro y la mortalidad en ambos grupos, apreciándose que a mayores ingesta menos mortalidad en ambos grupos. No

obstante, los lechones de peso inferior presentaron mortalidades elevadas cuando las ingestas de calostro asimismo eran bajas (Fig.14).

Las variaciones en el consumo de calostro son extremadamente variables de un lechón a otro y puede variar desde 0 hasta 730 gramos con una media de 250-300 gramos por día por lechón de 1,35 kg (Craig *et al.*, 2017; Quesnel *et al.*, 2011).

Otros estudios más recientes nos dan cantidades consumidas entre 210 y 400 gramos (Quesnel, 2019). Se estima que, para cubrir las necesidades de mantenimiento, los lechones deberían comer al menos 160-175 gramos de calostro el primer día de vida.

La producción de leche aumenta diariamente hasta el día 20-22 de lactación. Se sabe que se necesitan 4 kg de leche para producir 1 kg de lechón. La media diaria de crecimiento de las camadas actuales varía entre 1,7 kg y 2,8 kg, y se estima 9,8 kg de producción media diaria de leche durante la lactación (Graig, 2019).

## 1.5 OTRAS CARACTERÍSTICAS.

---

Podemos resumir a las líneas genéticas actuales con las siguientes características:

- Aumento del tamaño de la camada en aproximadamente 0,2 lechones por año.
- Bajo consumo residual: propuesto por Koch (1963) (RFI: residual feed intake) o eficiencia de alimentación neta, que obtiene la eficiencia del alimento independientemente de las necesidades de producción (moderadamente heredable).
- Reducción de las reservas grasas.
- Aumento del porcentaje de magro.
- Aumento de la producción lechera.
- Pubertad temprana.
- Crecimiento mayor entre ciclos reproductivos.
- Menor homogeneidad de los lechones.
- Mayor porcentaje de lechones de bajo peso.
- Mejora de la eficiencia alimenticia, que tiene una heredabilidad alta en cerdas (0,5-1). Aunque tiene el riesgo de reducción de longevidad (Bergman, 2018). En la figura 15, podemos ver una gráfica de su evolución en los últimos años (SIP Consultors, 2020).
- Reducido consumo de pienso voluntario.
- La heredabilidad para el consumo de pienso es bajo en cerdas (0,24), riesgo de cambiar la capacidad de consumo. (Palomo, 2019)



FIGURA 15 IC GLOBAL (SIP CONSULTORS,2020)

En la figura 15, vemos cómo ha evolucionado el índice de conversión global, que incluye el pienso de todas las fases, en los últimos 15 años, lo que corrobora la mejora en eficiencia alimentaria de las cerdas modernas, siendo capaces de producir una mayor cantidad de carne con menores cantidades de pienso.

Hoy la cerda reproductora es una cerda más magra, con menos grasa y que posee una capacidad de crecimiento superior, y en muchos casos, una capacidad de ingesta inferior que los genotipos de los años 70-80 del siglo pasado.

Todo ello da lugar a que las modernas cerdas híbridas selectas tengan, durante la lactación, más predisposición al estrés nutricional dado que:

- Inician la lactación con pocas reservas corporales.
- Tienen elevadas necesidades de mantenimiento.
- Producen más leche de la que debieran en su situación.
- Y comen menos de lo que necesitan comer.

Por último, en la revisión de Close y Cole (2000), podemos ver la evolución de la productividad en los últimos 35 años, comparado con datos propios del año 2020.

La eficiencia reproductiva se ha caracterizado por una mejora en los nacidos vivos por parto, en la cantidad de partos por año, al ser cerdas con tasas de fertilidad mayores, intervalos destete cubrición más bajos. Por el contrario, las tasas de eliminación han evolucionado negativamente debido a una mayor selección de

caracteres eminentemente productivos en detrimento de otros, lo que les ha hecho perder rusticidad.

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1999	2020*
<b>Partos/año</b>	1,9	2	2,18	2,25	2,23	2,25	2,25	2,38
<b>NV/parto</b>	10,3	10,4	10,3	10,4	10,7	10,8	11	13,7
<b>Destetados/año</b>	16,3	17,5	19,8	20,9	21,1	21,6	22	28,8
<b>Tasa eliminación</b>		33,9	35,9	38,1	40	42,6	42	44,6
<b>P2 (mm) 100 kg</b>		22	19	14,5	13	11,5	11	11
<b>IC (cebo)</b>	3,8	3,4	2,9	2,8	2,7	2,58	2,61	2,45

\*Datos propios

Tabla 3 Cambios en la productividad numérica de la cerda en los últimos 35 años (Close y Cole, 2000).

## 2. ANTECEDENTES Y ESQUEMA REPRODUCTIVO.

El objetivo principal de cualquier explotación de reproductoras es conseguir la mayor productividad con el menor coste posible. Esta productividad se mide fundamentalmente por el número de lechones destetados por cerda y año, o por el número de lechones destetados a lo largo de su vida reproductiva.

Esta productividad numérica depende directamente de los índices reproductivos (fertilidad a parto, prolificidad, lechones destetados...). Así, Foxcroft y Aherne (2001), establecen la siguiente importancia relativa en porcentaje de los diferentes componentes de la eficiencia reproductiva: número de cerdas cubiertas 60%, tasa de partos 30%, número de nacidos vivos por camada 5% y mortalidad de los lechones nacidos vivos 5%.

La reproducción es un proceso complejo que depende de la armonización de multitud de factores y que tradicionalmente se ha considerado como una función de lujo que se ha nutrido del remanente del terreno metabólico.

Para lograr esto, es indispensable proveer a las cerdas del máximo confort posible, en cuanto a instalaciones, manejo, sanidad y nutrición adecuada.

Para evaluar la productividad de la cerda reproductora sería deseable considerar el ciclo productivo global, o mejor aún toda la vida productiva, abordando conjuntamente la fase de recría y las sucesivas gestaciones y lactaciones.

## 2.1 PERIODO DE RECRÍA.

---

La capacidad reproductiva de cualquier cerda pasa inexorablemente por el desarrollo del sistema reproductivo en las etapas prenatal y postnatal y su activación en la pubertad. La pubertad es un periodo de vital importancia, ya que la edad en la que se lleva a cabo la primera inseminación es uno de los factores que más influyen sobre la producción final de la cerda.

En esta primera cubrición es importante procurar una adecuada condición corporal y desarrollos óptimos, ya que puede ponerse en peligro su propio crecimiento, así como llevarnos a la producción de camadas pequeñas, fallos reproductivos posteriores al destete y una vida productiva más corta.

### Edad y peso a la primera cubrición.

La pubertad en las primíparas ocurre normalmente entre 200 y 220 días de edad, sin embargo, este rango puede variar entre 102 y 350 días (Hughes, 1982). Factores tales como la genética, ambientales, estación del año, exposición al verraco, tasa de crecimiento, composición corporal y edad han mostrado todos influencia en el comienzo de la pubertad (Hughes, 1982). La restricción del pienso puede retrasar la aparición de la pubertad, las nulíparas que fueron restringidas desde el destete presentaron espesores de grasa dorsal más bajos y alcanzaron más tarde la pubertad (Miller *et al.*, 2011).

La edad y el peso a los que se alcanza la pubertad muestran una heredabilidad de 0.4-0.5, de las más altas de las características reproductivas (Quiles y Hevia, 2007). De acuerdo con Li *et al.*, 2018, la edad a la pubertad muestra una moderada heredabilidad, oscilando de 0,25 a 0,42. La edad temprana a la cubrición tiene pocos efectos en el total de nacidos totales (Patterson *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2018; Thiengpimol *et al.*, 2022). Sin embargo, la edad a la pubertad se asocia con mejores tasas de retención y de longevidad, ya que mientras que la edad a la pubertad se reduce, aumenta la oportunidad de que las cerdas incrementen el tamaño de camada en el primer, segundo y tercer parto (Knauer *et al.*, 2010; Serenius y Stalder, 2007; Magnabosco *et al.*, 2014).

Algunos estudios sugieren que la edad al primer celo tiene un valor predictivo positivo en la futura productividad dentro de una granja (Tummaruk *et al.*, 2007; Roongsitthichai *et al.*, 2013; Masaka *et al.*, 2014)

La productividad global de una explotación porcina depende en gran medida del correcto manejo y funcionamiento de la cerda nulípara, ya que estas representan el

20-25 % del censo de la explotación. A pesar de que son uno de los grupos menos productivos de la explotación constituyen el futuro de la explotación.

Los investigadores han intentado explicar los efectos de la edad, peso y la condición corporal en la aparición de la pubertad con resultados contradictorios.

Una teoría es que las primas deben conseguir un peso dado o composición antes de que expresen su primer estro. Así, Frisch (1988), demostró que la pubertad no ocurría en las primas hasta que no alcanzaban un umbral mínimo de grasa. Otros estudios argumentan que el peso adecuado de la primeriza a la primera inseminación tiene que ser de 135-150 kg (Foxcroft *et al.*, 2004; Williams *et al.*, 2005) de modo que alcancen entre 180 y 190 kg en el primer parto. Se considera que las cerdas con menos de 135 kg tienen menos lechones pasado el 2º-3º parto porque no son capaces de alcanzar la condición corporal adecuada en el primer parto y, por consiguiente, no tienen suficientes reservas corporales para mantener la condición en partos posteriores, lo que puede aumentar las posibilidades de eliminación (Foxcroft *et al.*, 2004). Las recomendaciones de Foxcroft (2002) y Williams *et al.* (2005) se han convertido posiblemente las mejores aceptadas y adoptadas como objetivos de la era moderna porcina lo cual es apoyado también por otras investigaciones (Amaral Filha *et al.*, 2009). Hoving *et al.* (2010) confirmó la importancia del peso de la nulípara a la primera cubrición, mostrando que los parámetros reproductivos en el segundo parto eran inferiores cuando las nulíparas eran inseminadas a pesos más ligeros (124 kg vs 145 kg).

Bussieres (2013) describió la relación entre el peso corporal a la primera cubrición y los nacidos totales durante la vida productiva. Los nacidos totales para el grupo de cerdas cubiertas entre 145-160 kg fueron significativamente mayores que para las cerdas con pesos más ligeros (115-130 kg) y aquellas con pesos mayores (175-190 kg). El rango sugerido por tanto para la primera cubrición sería entre 130 kg y 175 kg.

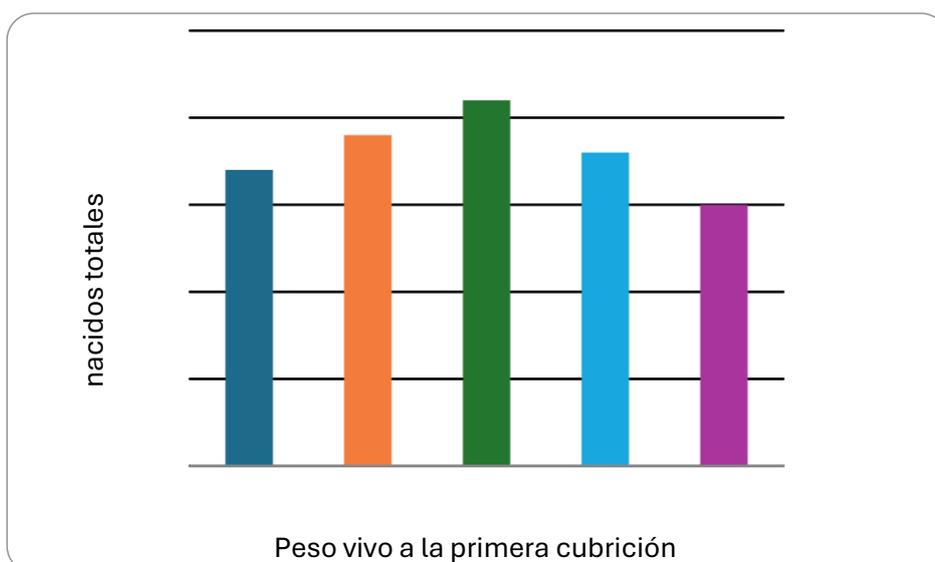


FIGURA 16 RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO A LA PRIMERA CUBRICIÓN Y NACIDOS TOTALES A LO LARGO DE LA VIDA PRODUCTIVA. ADAPTADO DE BUSSIERES, 2013.

Una segunda teoría es que la edad es un factor determinante para el comienzo de la pubertad. Este enfoque sostiene que a medida que las primaras alcanzan una edad determinada, están lo suficientemente desarrolladas para expresar la pubertad y que la composición corporal tiene un impacto mínimo en la edad a la que se expresa el primer celo.

Es difícil determinar los efectos de la edad independientemente del peso o la composición corporales ya que mientras que la primara crece también aumenta el peso corporal y cambia la composición corporal. Por lo tanto, lo más probable, es que el mayor desencadenante para la aparición del primer celo es una combinación de edad y peso corporal.

Estos umbrales son más de naturaleza conceptual, ya que alcanzando dichos objetivos no se garantiza la aparición del primer celo, sino que juegan un papel permisivo en el inicio de la pubertad (Aherne y Kirkwood, 1985).

#### Tasa de crecimiento.

Tummaruk *et al.* (2001) reportó que tasas de crecimiento demasiado bajas durante la recría comprometían el tamaño de la camada y el intervalo destete cubrición en los partos 1 a 5. En el otro lado, Johnston *et al.* (2007) observaron en un estudio retrospectivo que las hembras que crecían demasiado rápido durante su desarrollo y por tanto más pesadas a la primera cubrición vieron reducidos su producción de cerdos totales y de días productivos.

Amara Filha *et al.* (2010), sugirió que las nulíparas con crecimientos mayores deberían ser estimuladas a edades más tempranas (entre 150 y 170 días de edad) para alcanzar la pubertad y ser cubiertas entre 185 y 210 días de edad para no hacerse demasiado pesadas y ser, por tanto, menos productivas posteriormente.

Knauer *et al.* (2010) concluyó que la relación entre la tasa de crecimiento y la productividad total no son demasiado claros.

La mayoría de los estudios recientes coinciden en que hay una pequeña relación entre la tasa de crecimiento diaria desde el nacimiento y la edad al primer celo.

Beltranena *et al.* (1991), describió la relación entre la tasa de crecimiento y la edad a la pubertad usando una curva cuadrática. Observaron que la edad al primer celo disminuía mientras la tasa de crecimiento se incrementaba de 0,4 kg a 0,53 kg / día, mientras que no se afectaba cuando se incrementaba de 0,53 a 0,6 kg/día, pero si aumentaba cuando excedía de 0,6 kg/día. Por tanto, la pubertad se retrasaba con crecimientos extremadamente bajos y extremadamente altos. Sin embargo, Bortolozzo *et al.* (2009) notaron que las primaras experimentando grandes crecimientos durante la recría (superiores a 700 gr/día) alcanzaban la pubertad más temprano y tenían una incidencia más baja de anoestros entre el inicio de la pubertad y la cubrición. Ellos concluyeron que una tasa de crecimiento alta (cerca a los 800 gramos/día) no retrasaba la aparición de la pubertad. Otros autores han

apoyado estos hallazgos (Amaral Filha *et al.*, 2009; Kummer *et al.*, 2009; Patterson *et al.*, 2010).

### Composición corporal.

La relación entre la composición corporal y la productividad a lo largo de la vida productiva de las cerdas ha sido extensamente estudiada (Kirkwood *et al.*, 1988; Newton and Mahan, 1993; Rozeboom *et al.*, 1996; Young *et al.*, 1990). Las conclusiones varían, pero la composición corporal a la primera cubrición está pobremente relacionada con los parámetros reproductivos posteriores. Recientemente se cree que unas adecuadas reservas de proteína corporal a la primera cubrición han recibido mayor atención que la grasa corporal. Por este motivo, la mayoría de las recomendaciones para establecer objetivos para la primera cubrición se establecen para un peso determinado, como margen de seguridad asegurando unas adecuadas reservas corporales.

Beltranena *et al.*, 1993; Patterson *et al.*, 2002; Rozeboom *et al.*, 1995, afirman que la presencia de la pubertad en primas no depende de una específica composición corporal o tasas específicas de deposición de grasa o proteína.

### Grasa corporal.

En los últimos años, hay bastantes opiniones respecto a que no es necesario un contenido mínimo de grasa corporal a la primera cubrición para garantizar una exitosa vida productiva.

El espesor de grasa dorsal no parece un indicador fiable de la posterior productividad de las cerdas. Aherne (2005), dijo que no había evidencias convincentes que el espesor de grasa dorsal tuviera por sí mismo una influencia en la productividad de la cerda. En este mismo sentido, Gill (2007), demostró que tampoco había relación entre la profundidad de grasa dorsal y la productividad durante toda la vida, medida como número de nacidos totales (Figura 17).

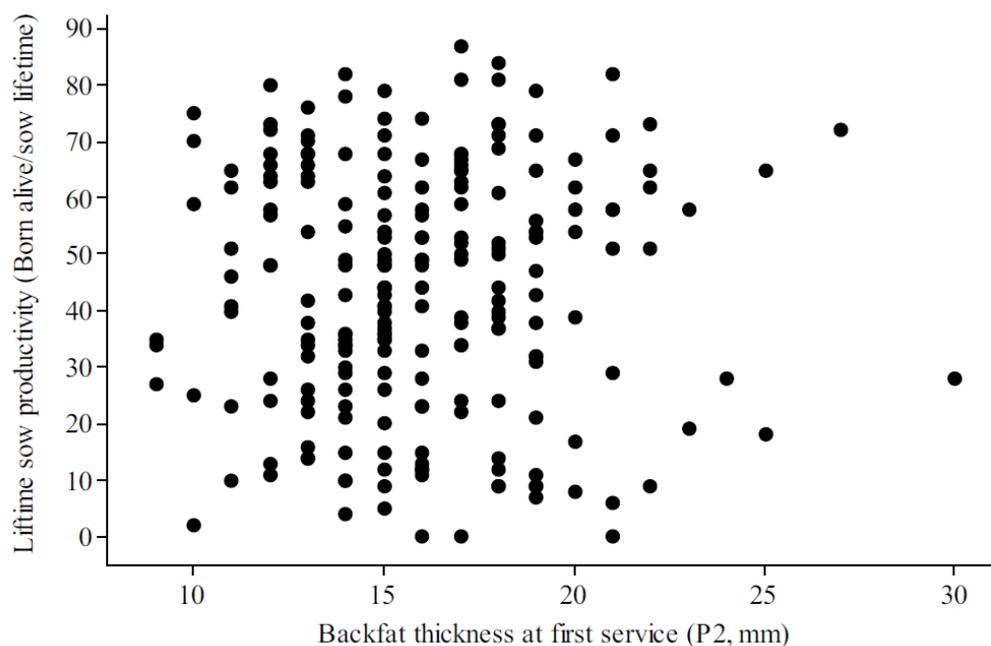


FIGURA 17 PRODUCTIVIDAD TOTAL Y ESPESOR DE GRASA DORSAL A LA PRIMERA CUBRICIÓN (GILL, 2007).

No obstante, observó que la profundidad de grasa dorsal estaba asociada a una disminución del intervalo destete cubrición en las cerdas de primer parto y un menor número de cerdas eliminadas antes del segundo parto. Por tanto, podría tener algo de importancia en la longevidad. Otros autores, encontraron que las nulíparas inseminadas con espesores de grasa dorsal de 16-17 mm tuvieron mayores tamaños de camada que aquellas con valores inferiores a 15 mm; Tummaruk *et al.* (2007) y Filha *et al.* (2009). Flisar *et al.* (2012) encontró tamaños de camada inferiores con primerizas con EGD superiores a 20 mm.

El espesor de grasa dorsal tiene una correlación positiva con la longevidad de las cerdas de reemplazo (Tummaruk, P., *et al.*, 2002). Brisbane y Chenais (1996) comprobaron que las cerdas con un espesor de grasa dorsal superior a 18mm presentaban un 10% más de supervivencia hasta el cuarto parto en relación con aquellas con un espesor inferior a 10mm. En otros trabajos se ha revelado que las nulíparas con 100 kg de peso vivo (20 semanas de edad) y 14-18 mm de espesor de grasa dorsal tienen más lechones nacidos vivos y tienen menor intervalo destete-cubrición que aquellas nulíparas más gordas o flacas (Gaughan *et al.*, 1995; Tummaruk *et al.*, 2001). También se ha podido comprobar que las nulíparas con espesor de grasa dorsal entre 16-19 mm a los seis meses de edad tienen mayor probabilidad de supervivencia y las que tienen un espesor menor de 16-19 mm presentan un incremento del riesgo de eliminación debido a una baja productividad (Tarrés *et al.*, 2006; Fernandez de Sevilla *et al.*, 2008). Así, la inseminación de primerizas que no cumplen estos estándares puede reducir la productividad durante su vida útil o aumentar el coste del animal en la explotación debido a las necesidades adicionales que se generan de alimento, instalaciones....

La grasa dorsal no es, por tanto, un factor determinante en las cerdas jóvenes, siempre y cuando la edad se acompañe al peso y no nos posicionemos en los

extremos. Young *et al.* (2004), comentó que esta bastante extendida la idea que cerdas que presentaban excelentes productividades, tenían, sin embargo, escasas reservas grasas al parto.

La grasa dorsal será una variable relacionada con la constitución corporal de cada una de las genéticas, y, por tanto, las recomendaciones serán específicas y no generales.

### Proteína corporal.

Recientemente, se ha sugerido que las reservas de proteína corporal podrían ser más importantes que la grasa corporal para la productividad total de la cerda.

Jagger *et al.* (2008) sugirieron que la nulípara parecía tener una innata necesidad de alcanzar una cierta masa proteica para conseguir una óptima productividad posterior. Clowes *et al.* (2003), reportaron que si la primeriza movilizaba entre el 9-12 % de sus reservas proteicas durante la lactación, el crecimiento de la camada a partir del día 20 de lactación se vería disminuido.

La mayor importancia del mayor contenido proteico, se derivan de los estudios que demuestran la relación entre el peso corporal y la productividad totales y longevidad de la cerda (Williams *et al.*, 2005; The British Pig Executive, 2010).

Pinilla *et al.* (2013) sugiere que lo normal sería una producción de 30 lechones nacidos totales en los partos uno y dos, y de 78 en una vida productiva de 5.2 partos. En cuanto al inicio de la vida productiva, lo deseable es tener más del 60 % de las cerdas seleccionadas cubiertas de la semana 29 a 31 de edad, y el 90% en la semana 33.

Las más consistentes recomendaciones durante esta fase de recría, podemos resumirlas en:

- Ganancia media diaria no inferior a 550 gramos ni superior a 850 gramos.
- 90 por ciento de las cerdas ciclando dentro de las seis semanas de inicio de la pubertad.
- Peso a la primera cubrición entre 135-170 kg, dependiendo de la genética.
- Edad a la primera cubrición entre 220 y 270 días de edad.
- Espesor de grasa dorsal entre 12 y 18 mm.
- Condición corporal entre 3-3.5.

---

## 2.2. PERIODO DE GESTACIÓN.

---

La gestación resulta el periodo más largo del ciclo productivo de la cerda reproductora, con una duración media entre 114 y 117 días, dependiendo tanto de la línea genética, como de la forma de registrar el día de inseminación o día cero de gestación, aunque puede variar entre 107 y 119 días (Mota-Rojas *et al.*, 2015). La gestación supone siempre más del 75% del total del ciclo reproductivo. Los valores más habituales van del 77% al 85% dependiendo de la eficiencia reproductiva de la cerda y de la duración de la lactación. El consumo en esta fase oscila entre 700 y 800 kg de pienso.

En los últimos años multitud de trabajos han mostrado que un excesivo consumo de pienso en gestación o altos pesos al parto, disminuyen el consumo voluntario de pienso durante la lactación (Dourmad, 1991; Mullan and Williams, 1989; Quesnel *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 1989), lo cual, presumiblemente, está relacionada con una alta intolerancia a la glucosa en esos animales (Quesnel *et al.*, 2005b; Weldon *et al.*, 1994). Por otro lado, Yang *et al.* (1989), mostró que un insuficiente consumo de pienso durante la gestación, resultando en cerdas delgadas, no podía ser compensado por un mayor consumo de pienso durante la lactación en cerdas de primer parto y resultó en un aumento del intervalo destete cubrición.

La cerda durante su primera gestación, e incluso durante la segunda, probablemente no haya alcanzado su madurez en cuanto al peso y reservas corporales. Esto provoca que durante la primera gestación exista competencia entre los tejidos fetales y el propio crecimiento de la cerda. Las primerizas y las cerdas requieren energía para mantenimiento y desarrollo de los fetos y el tejido maternal (conceptus) (Trottier y Johnston, 2001). Posteriormente, durante la lactación, tendrá que movilizar sus reservas corporales, no solamente tejido adiposo, que no es muy abundante, sino también tejido magro, para poder satisfacer a una camada cada vez más numerosa y con mayores necesidades nutritivas, debido a su enorme potencial de crecimiento. Por lo tanto, estamos trabajando con cerdas cada vez más productivas pero que por su propia fisiología son incapaces de ingerir las cantidades necesarias de nutrientes para cubrir sus necesidades y las de su camada.

Nuestra obligación es, por tanto, conocer cuáles son las necesidades nutricionales de las cerdas modernas durante la fase de gestación, para poder optimizar el potencial genético de las mismas aportando en la dieta todos los nutrientes necesarios. La alimentación durante la gestación debe asegurar que llegan al parto con una adecuada condición corporal, ni demasiado delgadas ni demasiado gordas. No todas las líneas genéticas tienen el mismo potencial de crecimiento, ni la misma relación proteína-grasa, por lo que estas necesidades pueden diferir, teniendo en cuenta además el resto de los factores que pueden influir (ambientales, manejo, instalaciones...). Es probable que los requerimientos energéticos durante la gestación de las actuales líneas genéticas (más magras), sean mayores que los calculados en el pasado (Ball, 2008).

El periodo de gestación puede ser dividido en 3 fases:

- Primera fase, correspondiente al primer mes de gestación, donde la alimentación debe procurar asegurar la máxima supervivencia de los

embriones (Aumaitre *et al.*, 2000). En esta fase, mantener un elevado nivel de alimentación los primeros días post cubrición (máximo una semana) puede reducir el nivel de progesterona plasmática y perjudicar el ambiente uterino reduciendo la supervivencia embrionaria (Jindal *et al.*, 1997). De hecho, tradicionalmente (Bazer *et al.*, 1968, Close y Cole, 2000) se recomendaba mantener un nivel de ingestión bajo durante las primeras semanas post cubrición para minimizar la mortalidad embrionaria. Con las cerdas actuales y según la revisión realizada por Langendijk (2015) aumentar el nivel de alimentación a partir de los primeros días post-inseminación (pasar de menos de 2 kg/día a más de 2.5 kg/día) afecta positivamente las condiciones uterinas y el desarrollo embrionario, ayuda a mantener la gestación y mejora la supervivencia embrionaria. Por lo tanto, aunque tradicionalmente se recomendaba mantener el nivel de alimentación bajo las primeras semanas post-cubrición para evitar una excesiva mortalidad embrionaria, con las cerdas actuales, más prolíficas, esta reducción es de tan solo unos días, menos de una semana, y en algunos casos cuando las cerdas se destetan con bajo estado de reservas, incluso puede eliminarse (Solá-Oriol y Gasa, 2017).

En las genéticas hiperprolíficas, a partir del día 21, empieza a producirse en el útero una limitación de espacio, que da lugar a una restricción del crecimiento intrauterino (IUGR-Intrauterine Growth Restriction). Esto conlleva a que el embrión no consiga el aporte de nutrientes necesarios. Este fenómeno, lo podemos ver durante los 35 primeros días de gestación, su prevalencia no aumenta después de este periodo (Foxcroft *et al.*, 2006). El lechón con IUGR nace inmaduro, con escasas reservas de glucógeno y como consecuencia con mayor probabilidad de mortalidad temprana. El IUGR puede afectar entre el 30 y el 40% de los lechones de una camada (Edwards *et al.*, 2019). De ahí la importancia de maximizar la ingesta en esta fase para aumentar la supervivencia de los embriones.

- Segunda fase, que abarca del día 30 al 75 de gestación, donde la alimentación tiene que procurar mantener el crecimiento fetal, el crecimiento de las núlparas hasta alcanzar su peso corporal óptimo, y la recuperación de las reservas corporales en las cerdas (Boyd *et al.*, 2000; Troittier y Johnston, 2001).
- Tercera fase, donde las estrategias nutricionales deben cubrir los requerimientos del rápido crecimiento fetal que se produce en esta fase, y el desarrollo mamario anterior al parto (Closey Cole, 2000).

---

## 2.3 PERIODO DE PERIPARTO.

---

El periparto es la fase de transición comprendida entre la gestación tardía y la lactación temprana, es decir, 10 días antes del parto y 10 días después del mismo (Theil, 2015). Los acontecimientos que acontecen en este periodo son:

- Máximo crecimiento fetal, del que dependerá el peso de los lechones al nacimiento.
- Aumento del desarrollo mamario.
- Producción de calostro.
- Producción de leche durante la lactación.
- Involución uterina tras el parto.

La dieta debe aportar la cantidad de energía y nutrientes para cubrir las necesidades de esta fase, evitando que la cerda movilice sus reservas, poniendo en riesgo los resultados productivos de ese y futuros ciclos.

Cada vez es más común el uso de dietas específicas para esta fase con distintas cantidades y tipos de fibra y grasa que, aunque no son fáciles de implantar en todas las explotaciones, se están viendo beneficios, como demuestran distintos estudios (Feyera y Theil, 2017, Theil *et al.*, 2014, Krogh *et al.*, 2015).

## 2.4 PERIODO DE LACTACIÓN.

---

La alimentación de la cerda lactante quizás constituye el mayor desafío alimentario de todas las fases productivas. Mientras que los esfuerzos por incrementar el tamaño de la camada han sido satisfactorios, no así ha sido la capacidad de ingesta durante la lactación. Aspecto este crítico, para una adecuada producción de leche que sea capaz de alimentar a la progenie, sobre todo en las cerdas primerizas, en las que se estima entre un 12 y un 20% de consumo menos que las multíparas.

La mejor estrategia nutricional durante la lactación es conseguir que la cerda coma tanto como sea posible evitando una excesiva pérdida de peso. El balance de aminoácidos y energía es negativo en la lactación, especialmente durante la primera semana.

Varios estudios han mostrado que, si la ingesta de pienso durante la lactación es insuficiente para alcanzar los requerimientos nutricionales para la producción láctea y para mantenimiento, la cerda empezará a movilizar las reservas corporales (Dourmad *et al.*, 1998; Eissen *et al.*, 2000).

Durante la lactación, la mayoría de las cerdas movilizan una sustancial cantidad de sus reservas corporales de grasa y de magro. Cuando las pérdidas de peso suponen más del 12 %, pueden suceder problemas reproductivos como un aumento del intervalo destete cubrición, bajas tasas de fertilidad y consecuentemente menores tamaños de camada. (Thaker y Bilkei, 2005).

Clowes *et al.* (2003) observaron que las pérdidas de proteína durante la primera lactación parecían estar más relacionadas con el posterior desarrollo reproductivo que las pérdidas de grasa. Schenkel *et al.* (2010) encontraron efectos similares de pérdidas de grasa y de proteína en el tamaño de camada del segundo parto. Por tanto, la relativa importancia de las pérdidas de proteína y grasa durante la lactación para la tasa de fertilidad probablemente depende de muchos más factores, como el peso corporal y la genética.

Se sabe también, que la condición corporal de la cerda a la entrada a partos influye sustancialmente el consumo de lactación, así, cerdas demasiado obesas tendrán limitada su consumo voluntario de pienso durante la lactación, causando además problemas metabólicos en el periparto.

Un excesivo consumo energético entre los días 50-80 de gestación, determina una mayor infiltración de grasa en el tejido mamario, lo que tendrá un impacto negativo en el consumo de pienso y en la producción de leche.

La mejor forma de prevenir los fallos reproductivos posteriores a la lactación es prevenir una excesiva pérdida de peso durante la lactación, optimizando el desarrollo de las nulíparas, de las curvas de alimentación y una adecuada ingesta de nutrientes durante la gestación y la lactación.

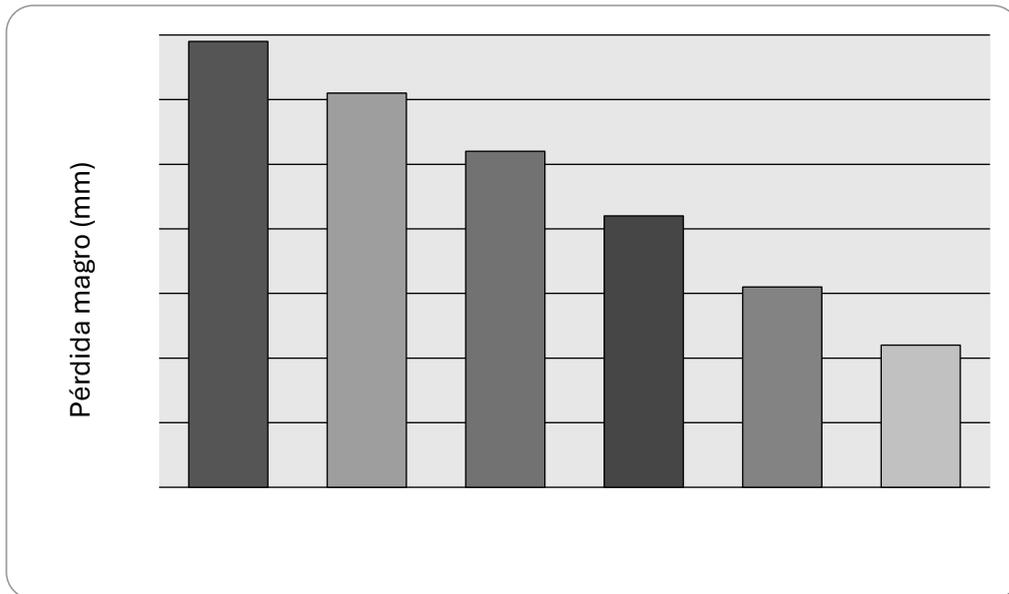


FIGURA 18 RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE PIENSO EN LACTACIÓN Y LA PÉRDIDA DE PROTEÍNA CORPORAL DE LA CERDA. ADAPTADO DE COZANNET P, 2018.

En la figura 18 observamos como a mayor consumo de pienso en lactación menor es la pérdida de proteína corporal.

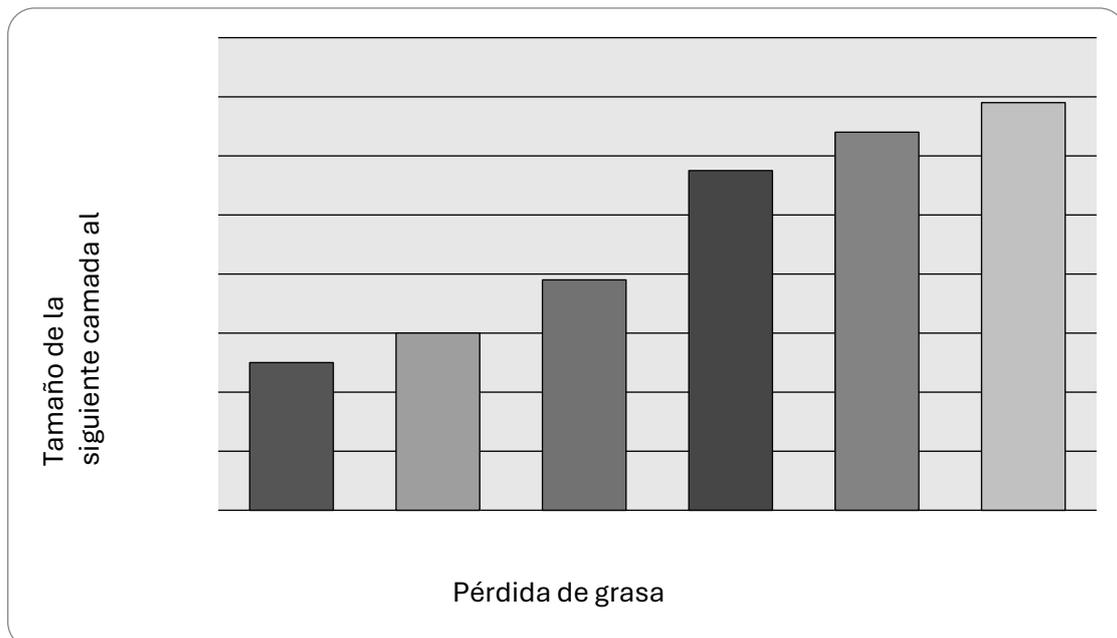


FIGURA 19 CORRELACIÓN ENTRE PÉRDIDA DE GRASA EN LACTACIÓN Y PROLIFICIDAD EN EL SIGUIENTE PARTO. ADAPTADO DE ALLEE (2007).

En la figura 19, podemos observar la relación entre la pérdida de grasa en la lactación con el tamaño de la siguiente camada (Allee,2007). Cada 10 kg de pérdida de peso se reducen 0,5 lechones nacidos en el siguiente ciclo (Gadd J, 2005). La

prevención de la pérdida de peso en la lactación es importante para mejorar el desarrollo folicular (Soede y Kemp,2015).

---

### 3. NECESIDADES NUTRICIONALES.

---

#### 3.1. NECESIDADES NUTRICIONALES DURANTE LA GESTACIÓN.

---

##### 3.1.1. Necesidades energéticas.

De la ingesta total de energía durante la gestación, la cerda destina aproximadamente un 70-85% a las necesidades de mantenimiento, un 10-25% a las necesidades de crecimiento, entendiéndose como tales: crecimiento mamario y formación de reservas corporales que posteriormente movilizará durante la lactación, y tan solo un 5-7 % al crecimiento fetal, líquidos y membranas y crecimiento uterino.

##### 3.1.1.1 Necesidades de mantenimiento.

Según NRC (2012), y basado en una extensa revisión de la bibliografía, los requerimientos de energía para esos procesos fueron cuantificados y relacionados con el número de parto, peso corporal, productividad (tamaño de la camada y peso del lechón al nacimiento), y condiciones medioambientales. El modelo de gestación del NRC (2012), puede ser usado para estimar los requerimientos de energía y utilización para cerdas individuales. De acuerdo con el NRC (2012), se da prioridad para satisfacer los requerimientos de energía para mantenimiento, crecimiento de los conceptus y para la deposición proteica maternal. La ingesta de energía por encima de estos requerimientos será usada para la deposición lipídica corporal. Si la ingesta de energía es insuficiente para cubrir estos requerimientos, las reservas grasas serán movilizadas y usadas como fuente de energía.

Las necesidades de mantenimiento son proporcionales al peso vivo de la cerda, de tal manera que las mayores necesidades de mantenimiento las encontramos en las últimas gestaciones, coincidiendo con el mayor peso vivo de la cerda. Las necesidades energéticas de mantenimiento se estima un valor constante de 105 kcal EM/kg peso vivo metabólico. Sin embargo, los resultados obtenidos con cerdas múltiparas por Ren *et al.* (2017) indican que este valor constante subestima los requerimientos de mantenimiento durante el primer mes de gestación (20% aproximadamente) y los sobrestima en la parte central y final de la gestación (33% aproximadamente). Solá-Oriol y Gasa (2017) también indican que las necesidades de mantenimiento pueden estar sobreestimadas, alrededor del 30%, durante el

periodo central y final para cerdas adultas, aunque no para cerdas jóvenes de 1er y 2º ciclo.

Además, es importante considerar las condiciones ambientales en los requerimientos energéticos de las cerdas gestantes. El consumo en gestación suele ser restringido, por lo que la producción de calor es relativamente baja. Así, la temperatura crítica inferior, definida como aquella por debajo de la cual se necesita un aporte extra de energía para mantener la temperatura corporal, aumenta. Esta situación se agrava en cerdas alojadas individualmente, en comparación con las alojadas en grupo, siendo esta temperatura de 20°C y 16°C respectivamente, de acuerdo con el NRC (2012). Concretamente, los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento se incrementan en 4,3 y 2,9 kcal por kg de peso vivo metabólico por cada grado por debajo de la temperatura crítica inferior para cerdas alojadas individualmente o en grupo respectivamente. De la misma manera, el NRC (2012), también considera que un mayor nivel de actividad incrementa las necesidades de mantenimiento. Así, las cerdas que pasan más de 4 h de pie o caminando verán incrementadas sus necesidades de mantenimiento en 0,0717 kcal/día por kilo de peso vivo metabólico por cada minuto adicional que pasan de pie o caminando (Dourmad *et al.*, 2008). En la siguiente figura podemos ver la diferencia en la utilización de la energía para actividad física con 2 duraciones diferentes de actividad física, la cual equivale a 0,5 kg de un pienso de gestación con 3.0Mcal. (Young and Aherne, 2005). Los mismos autores describen como las cerdas delgadas (espesores de grasa inferiores a 13mm de grasa dorsal a la cubrición) presentan un nivel de actividad física muy superior al resto (Bergeron y Gonyou, 1997), lo cual explicaría los fallos para recuperar los niveles de grasa dorsal en cerdas delgadas.

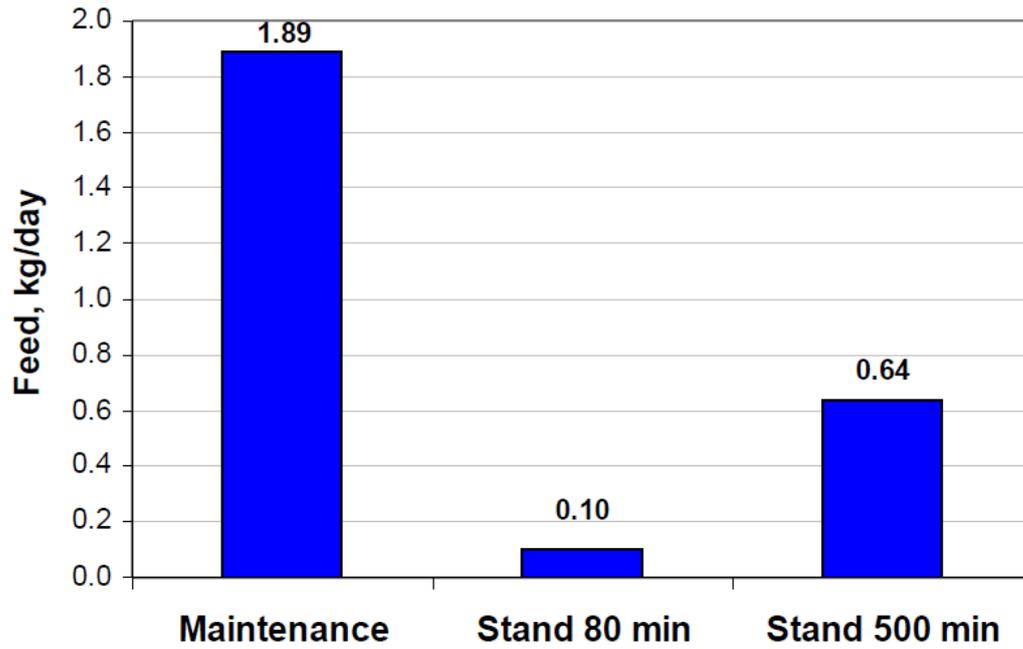


FIGURA 20 CANTIDAD DE PIENSO REQUERIDO PARA MANTENIMIENTO Y ACTIVIDAD FÍSICA PARA 80 MINUTOS Y 500 MINUTOS POR DÍA PARA UNA CERDA DE 200 KG. DIETA CON EM 3.0 MCAL. (YOUNG Y AHERNE, 2005).

### 3.1.1.2 Necesidades de crecimiento.

De igual manera varían con el número de gestación, de tal manera que en las primeras gestaciones estas necesidades son mayores, al no haber completado la cerda su fase de madurez en cuanto al peso vivo. Ello es particularmente acusado en las actuales cerdas, aunque depende en gran medida, de las líneas genéticas, ya que no todas depositan proteína y grasa en la misma proporción y a la misma velocidad. Teniendo en cuenta que la eficacia de transformación de la energía metabolizable del pienso es distinta para ambos tejidos (0,6 para el tejido magro y 0,85 para el tejido adiposo) (Noblet *et al.*, 1990), pudiendo estimar una media de eficacia para el crecimiento de 0,75. La eficacia de movilización de grasa y magro maternal, para cubrir las necesidades de los fetos y los tejidos, podemos considerarla de 0,8, muy similar a la eficacia de transformación en tejido graso, por lo que implica que la mayoría de energía movilizada por la cerda para cubrir la gestación provendrían de la grasa (Noblet *et al.*, 1990, Dourmad *et al.*, 2008). Esta última situación sería la excepción y muy probablemente transitoria, debido a una inadecuada ingesta de energía o de nutrientes durante el final de gestación si se mantiene una curva plana de alimentación. Por lo tanto, dependiendo de los kilos que necesite engordar la cerda a lo largo de la gestación y de cómo los engorde variarán estas necesidades. Así, en la primera gestación la cerda puede engordar unos 40-50 kg, a partir de la cuarta unos 15 kg y en la séptima alrededor de 7 kg. Respecto al EGD en P2, en la primera gestación puede aumentar unos 4 mm y 2 mm a partir de la cuarta. Hemos de procurar que la pérdida de EGD durante la lactación no sea superior a 2 mm. Podemos considerar unas necesidades energéticas para el conjunto del crecimiento magro-graso de 3700 kcal/kg de engorde.

### 3.1.1.3 Necesidades para el crecimiento fetal y uterino.

Las necesidades de crecimiento de los conceptus dependen principalmente de dos factores: el tamaño de la camada y de la fase de gestación. Dichas necesidades van a incrementarse a lo largo de la gestación, siendo mínimas al principio, pero experimentando un marcado incremento a partir del último tercio, coincidiendo con la fase de mayor crecimiento prenatal. Dependiendo del tamaño de la camada, al final de la gestación los requerimientos energéticos podrían incrementarse desde 1500 kcal EM/día a 2300 kcal EM/día para evitar movilización de tejidos maternos (Solá-Oriol y Gasa, 2017). Aunque los tejidos asociados con el crecimiento fetal han sido definidos (feto, placenta, fluidos, útero), (Noblet *et al.*, 1985) la eficacia de transformación de la energía metabolizable en los conceptus (feto, placenta y fluidos) se refiere típicamente a estos tejidos. Con esta definición de los conceptos, esta eficacia es aproximadamente 0,5 (Noblet *et al.*, 1985; Etienne *et al.*, 1985), sin embargo si el coste energético asociado con el mantenimiento del útero no es asignado a los requerimientos de mantenimiento de la cerda se estima que esta eficiencia se reduce en 0,03 (Dourmad *et al.*, 1999). En términos generales, podemos considerar que estas necesidades son aproximadamente de 1300 kcal EM por lechón, siendo la eficacia de transformación de esa energía en tejidos fetales de 0,47.

### 3.1.2 Necesidades proteicas.

Las necesidades proteicas que tenemos que cubrir abarcan a 5 compartimentos: feto, tejido mamario, placenta y fluidos asociados, útero y necesidades de mantenimiento (deposición proteica tiempo dependiente en función del día de gestación y deposición proteica energía dependiente). Cada uno de estos compartimentos tiene un perfil de aminoácidos único, como podemos ver en la siguiente tabla.

Aminoácido	Cuerpo materno	Cuerpo fetal	Útero	Placenta y fluidos	Mama
<b>Lisina (g/100 g PB)</b>	6,74	4,99	6,92	6,39	6,55
<b>AA/Lis %</b>					
<b>Arginina</b>	105	113	103	101	84
<b>Histidina</b>	47	36	35	42	35
<b>Isoleucina</b>	54	50	52	52	24
<b>Leucina</b>	101	118	116	122	123
<b>Lisina</b>	100	100	100	100	100
<b>Metionina</b>	29	32	25	25	23
<b>Met+Cis</b>	45	54	50	50	51
<b>Fenilalanina</b>	55	60	63	68	53
<b>Fenil + tirosina</b>	97	102	-	-	-
<b>Treonina</b>	55	56	61	66	80
<b>Triptófano</b>	13	19	15	19	24
<b>Valina</b>	69	73	75	83	88

Tabla 4 Contenido de lisina y de aminoácidos de los distintos compartimentos. (NRC, 2012).

Estos perfiles de aminoácidos combinado con la tasa diaria de deposición proteica permiten el cálculo de la retención total de aminoácidos en el cuerpo materno y demás compartimentos de forma diaria, lo cual contribuye de forma importante a los requerimientos de aminoácidos. Según con el NRC (2012), se estima una eficiencia de deposición de lisina del 49% en gestación. Debido al limitado número de estudios para el resto de los aminoácidos esenciales, el NRC (2012), tuvo que estimar la eficacia con la que cada aminoácido se deposita para calcular los requerimientos de aminoácidos digeribles de la cerda gestante (tabla 5).

<b>Aminoácido</b>	<b>Gestación</b>
<b>Arginina</b>	0,96
<b>Histidina</b>	0,636
<b>Isoleucina</b>	0,491
<b>Leucina</b>	0,588
<b>Lisina</b>	0,49
<b>Metionina</b>	0,495
<b>Total sulfurados</b>	0,402
<b>Fenilalanina</b>	0,542
<b>Total aromáticos</b>	0,537
<b>Treonina</b>	0,527
<b>Triptófano</b>	0,467
<b>Valina</b>	0,549
<b>N X 6,25</b>	0,555

Tabla 5 Eficiencia de utilización de aminoácidos digestibles para ganancia proteica en gestación. (NRC, 2012).

La deposición proteica durante la gestación se produce a unas tasas muy diferentes según el compartimento y la fase de gestación, como podemos observar en el siguiente gráfico.

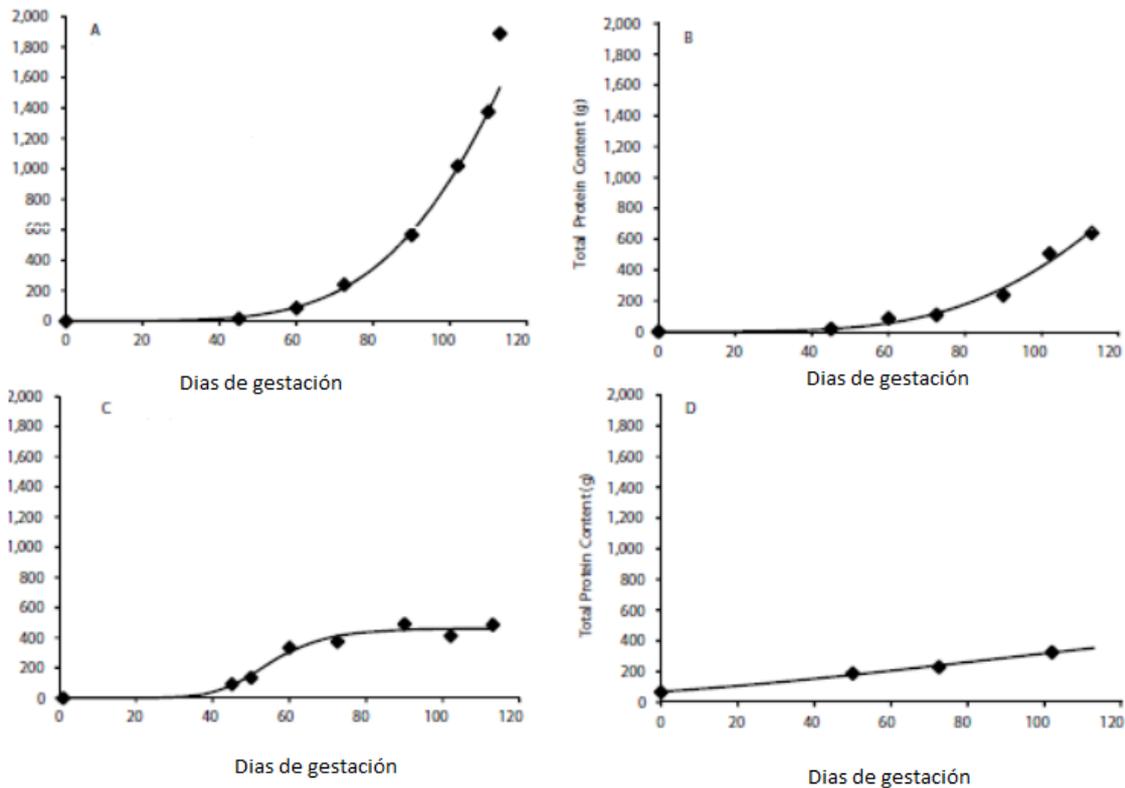


FIGURA 21 . RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO PROTEICO TOTAL (GRAMOS) EN LA CAMADA (N=12) (A), MAMA (B), PLACENTA Y FLUIDOS (C), ÚTERO VACÍO (D) Y DÍA DE GESTACIÓN. ADAPTADO DEL NRC, 2012.

### 3.1.3 Necesidades de mantenimiento.

Las necesidades de mantenimiento son una función del peso vivo metabólico de la cerda ( $BW^{0.75}$ ), y que incluyen las pérdidas basales endógenas de aminoácidos intestinales, que están relacionadas con el nivel de ingesta y las pérdidas de aminoácidos por pelo y piel (Moughan, 1999; NRC, 2012) ( $35 \text{ mg/Kg PV}^{0.75} \text{ Lis SID/d}$ ). El perfil de aminoácidos de las pérdidas de aminoácidos intestinales en las cerdas se asume que son similares a los de los cerdos de engorde (NRC, 2012), relacionados con la pérdida de lisina ileal ( $0,522\text{g/kg}$  de ingesta de materia seca para gestación y  $0,292 \text{ gr/kg}$  para lactación). El perfil de aminoácidos de pelo y piel, han sido reportados por Van Milgen *et al.* ( 2008).

Para los requerimientos de aminoácidos para mantenimiento, debemos tener en cuenta un mínimo de catabolismo de aminoácidos. Debido a que las pérdidas de aminoácidos por pelo y piel se consideran bastante pequeñas en cerdas, los requerimientos de aminoácidos de las cerdas gestantes y lactantes difieren principalmente por el consumo que tienen cada una de ellas. Además, las cerdas gestantes son alimentadas con niveles de fibra más altos lo que hace que las pérdidas endógenas de aminoácidos sean ligeramente superiores, incrementándose los requerimientos de mantenimiento. En la tabla 6, podemos ver los requerimientos de aminoácidos para mantenimiento en gestación según el NRC 2012.

<b>Aminoácido</b>	<b>Gestación</b>
<b>Arginina</b>	17,09
<b>Histidina</b>	12,09
<b>Isoleucina</b>	29,78
<b>Leucina</b>	36,03
<b>Lisina</b>	34,79
<b>Metionina</b>	9,17
<b>Total sulfurados</b>	36,8
<b>Fenilalanina</b>	25,03
<b>Total aromáticos</b>	45,49
<b>Treonina</b>	44,53
<b>Triptófano</b>	10,94
<b>Valina</b>	69
<b>N X 6,25</b>	979,33

Tabla 6 Requerimientos de aminoácidos para mantenimiento en gestación (mg/kg<sup>0.75</sup>) (NRC, 2012).

## 3.2. NECESIDADES NUTRICIONALES DURANTE LA LACTACIÓN.

---

Aunque la lactación representa solamente el 15-20% del ciclo productivo de la cerda, constituye la fase más exigente metabólicamente. La prioridad durante la lactación es garantizar la producción láctea, la cual no se puede obtener mediante el consumo voluntario de pienso y es necesario la movilización de las reservas corporales. No está claro si esta movilización corporal es un proceso necesario en las cerdas modernas (Pedersen et al., 2019).

### 3.2.1. Necesidades energéticas.

#### 3.2.1.1 Necesidades de mantenimiento.

Las necesidades de mantenimiento igualmente están relacionadas con el peso vivo metabólico de la cerda, el cual variará cuantitativamente poco a lo largo de la lactación. Se estima que los requerimientos de mantenimiento son 100 kcal EM/kg peso vivo metabólico (NRC 2012). Las cerdas lactantes normalmente son alojadas generalmente a temperaturas que son superiores a la temperatura crítica inferior, por lo que las necesidades para termogénesis pueden representar una mínima parte. Sin embargo, la ingestión de energía metabolizable si se reduce por encima de esta temperatura. Esta disminución es variable conforme aumenta la temperatura ambiental (Quiniou y Noblet ,1999).

#### 3.2.1.2. Necesidades para producción de leche.

El mayor determinante de los requerimientos energéticos en lactación lo constituye la producción de leche (Noblet y Etienne, 1989; NRC, 2012). Los requerimientos de EM para producción de leche pueden ser estimados, de acuerdo con el NRC (2012), de la ganancia media diaria de la camada y el tamaño de la camada.

La eficiencia de conversión de energía metabolizable en energía de la leche, según el modelo del NRC (2012) es de 0,70.

La ingesta de energía metabolizable diaria es raramente suficiente para cubrir las necesidades energéticas para cubrir la producción de leche, por lo que el tejido corporal de la cerda es movilizado para proveer la energía y nutrientes requeridos para la producción de leche. Como se esperaba, la eficiencia de uso del tejido corporal para cubrir las necesidades de producción de leche es superior a la eficiencia de uso de la energía metabolizable ingerida en energía de la leche. La conversión de energía del tejido corporal en energía de la leche varía de 0,84 (De Lange *et al.*, 1989) a 0,89 (Noblet y Etienne, 1987; NRC, 2012). En la figura, podemos ver una estimación del NRC (2012) para una lactación de 21 días de cerdas multíparas con 14 lechones destetados por camada y 6,4 kg de peso al destete, donde se observa como durante la primera semana de lactación es cuando la cerda sufre el mayor déficit energético y a partir de esta se incrementa el requerimiento energético.



FIGURA 22 ESTIMACIÓN DE REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS PARA MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LECHE E INGESTA ENERGÉTICA ESTIMADA DE CERDAS LACTANTES. (TOKACH ET AL., 2019).

### 3.2.2 Necesidades proteicas.

Los requerimientos de aminoácidos en la lactación son definidos por el perfil de aminoácidos de ambos compartimentos: cuerpo materno y producción de leche, los cuales difieren entre sí y las estimaciones de la eficiencia de utilización de los aminoácidos. Los requerimientos de mantenimiento se calculan 2 gramos de lisina digestible al día o 36 mg por kilogramo de peso metabólico. Los requerimientos para producción de leche podemos calcularlo como 26 gramos por kilogramo de ganancia de peso de los lechones. La producción de leche es el mayor contribuyente a las necesidades de aminoácidos de las cerdas lactantes. De acuerdo con el NRC (2012), la eficiencia de utilización de la lisina digestible estandarizada en proteína láctea es del 67%. La eficiencia de utilización de aminoácidos procedentes del cuerpo materno en aminoácidos de la leche es de 0,868, y se asume que es idéntica para todos los aminoácidos esenciales, y similar a la eficiencia energética de utilizar las reservas corporales para energía de la leche. En la tabla 7 aparecen los valores de la composición de lisina y del resto de aminoácidos en cuerpo materno y leche, mientras que en la tabla 8 vemos la eficiencia de utilización de los distintos aminoácidos en la composición de la leche según NRC 2012.

<b>Aminoácido</b>	<b>Cuerpo materno</b>	<b>Leche</b>
<b>Lisina (g/100 g PB)</b>	6,74	7,01
<b>AA/Lis %</b>		
<b>Arginina</b>	105	69
<b>Histidina</b>	47	43
<b>Isoleucina</b>	54	56
<b>Leucina</b>	101	120
<b>Lisina</b>	100	100
<b>Metionina</b>	29	27
<b>Met+Cis</b>	45	50
<b>Fenilalanina</b>	55	58
<b>Fenil + tirosina</b>	97	115
<b>Treonina</b>	55	61
<b>Triptófano</b>	13	18
<b>Valina</b>	69	71

Tabla 7 Contenido de lisina y composición de aminoácidos del cuerpo materno y leche expresado como porcentaje de contenido de lisina. (NRC, 2012).

Aminoácido	Lactación
Arginina	0,816
Histidina	0,722
Isoleucina	0,698
Leucina	0,723
Lisina	0,67
Metionina	0,675
Total sulfurados	0,662
Fenilalanina	0,733
Total aromáticos	0,705
Treonina	0,764
Triptófano	0,674
Valina	0,583
N X 6,25	0,759

Tabla 8 Eficiencia de utilización de aminoácidos digestible para producción de leche en lactación. NRC, 2012.

### 3.3. NECESIDADES NUTRICIONALES DURANTE EL PERIPARTO.

Los requerimientos de nutrientes en la fase final de la gestación deben cubrir los mismos compartimentos que el resto de gestación (mantenimiento, crecimiento fetal, crecimiento mamario, tejidos uterinos) y además la producción de calostro. Sin embargo, los estudios sobre requerimientos de nutrientes para la producción de calostro escasean (Theil *et al.*, 2014). Se asume que la producción de calostro se sintetiza uniformemente en los últimos 10 días de gestación. Por otro lado, se sabe que el crecimiento mamario en este periodo es mayor antes del parto que después (Kim *et al.*, 1999; Noblet *et al.*, 1985), aunque no se sabe mucho sobre los requerimientos de este crecimiento mamario. Los requerimientos energéticos en esta fase son de menor importancia, ya que apenas constituyen un 12% del total, pero si los requerimientos de proteína y aminoácidos para la síntesis del calostro (41% de la ingesta; Noblet *et al.*, 1985).

#### 3.3.1. Necesidades energéticas.

El mantenimiento de la cerda es el mayor contribuidor de la energía requerida en los últimos 10 días de gestación y prácticamente se mantiene constante ya que el peso vivo metabólico de la cerda aumenta solo ligeramente. En estos últimos 10 días, la cerda requiere aproximadamente 39 MJ/día de energía metabolizable (Feyera y

Theil, 2014), de la cual, la mayor proporción es perdida como calor (79%), concretamente 30,5 MJ/día (Noblet *et al.*,1985, Theil *et al.*, 2022). El resto es retenido de mayor a menor importancia, como calostro, crecimiento fetal, crecimiento mamario y útero, placenta y fluidos. A partir del día 2 de la lactación, los requerimientos se incrementan cada día debido a la mayor producción láctea (Hansen *et al.*,2012b) y a las crecientes cantidades de calor asociadas a esta mayor producción láctea. En la figura 21 se representa la distribución de los requerimientos energéticos durante el periparto.

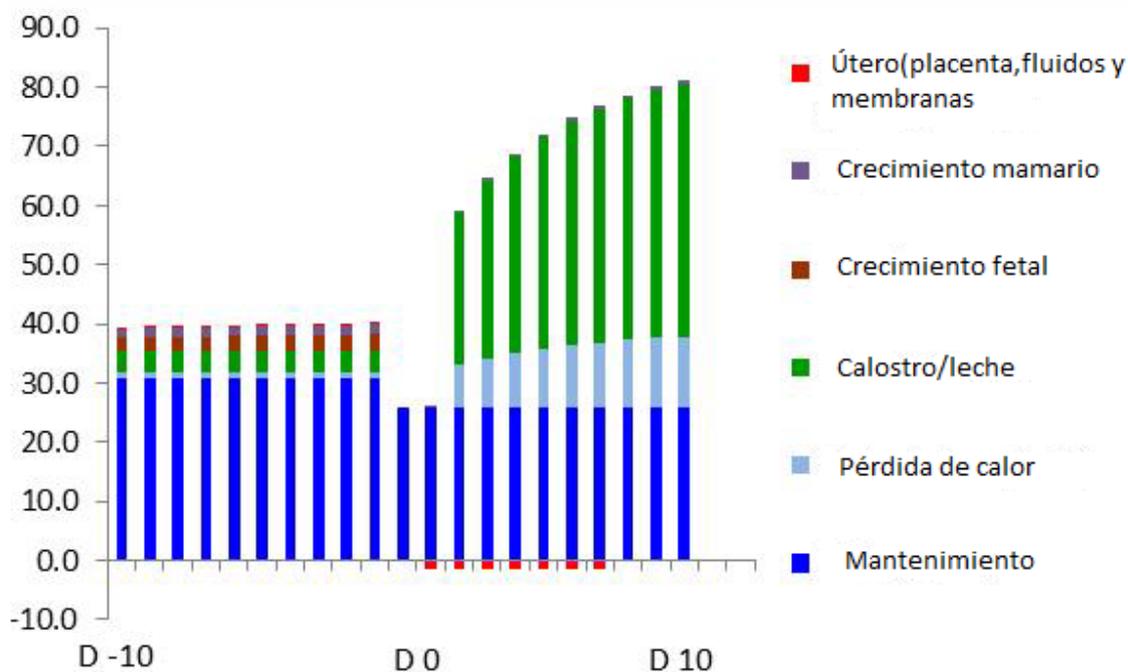


FIGURA 23 REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DE CERDAS EN EL PERIPARTO (MJ ME/ DÍA). FEYERA Y THEIL, 2014

### 3.3.2. Necesidades proteicas.

Desde el día 105 a 115 de gestación, la lisina requerida para mantenimiento constituye una pequeña fracción (Feyera y Theil, 2014), viéndose incrementados los requerimientos de lisina por el mayor crecimiento fetal (Noblet *et al.*,1985). Al igual que la energía, a partir del día 2 de la lactación, las necesidades de lisina se ven incrementadas gradualmente por la mayor producción láctea. Después del parto, las cantidades aportadas por la involución del útero son mayores que las necesidades de lisina para mantenimiento, como podemos observar en la figura 22.

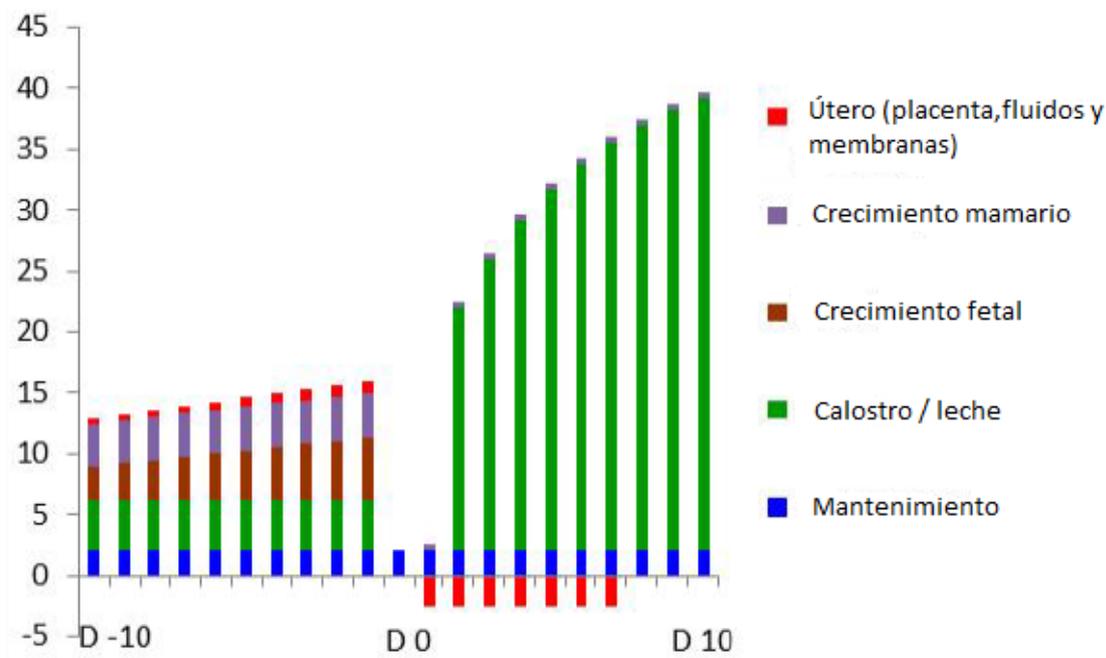


FIGURE 24 REQUERIMIENTOS DE LISINA DIGESTIBLE DE CERDAS EN EL PERIPARTO (G SID/ DIA). FEYERA Y THEIL, 2014

## 4. RECOMENDACIONES NUTRICIONALES.

### 4.1. RECRÍA DE FUTURAS REPRODUCTORAS.

La alimentación de la futura reproductora puede tener efectos a corto y largo plazo en la reproducción. Por lo tanto, los objetivos de un programa de alimentación se basan en optimizar la productividad futura y la longevidad. Es muy importante empezar con un buen manejo de alimentación que asegure una buena condición corporal y un buen desarrollo de los aplomos.

Las recomendaciones de nutrientes expuestas a continuación abarcan el periodo comprendido entre los 25 kg y la cubrición, en torno a los 160 kg. (Manual Recomendaciones TN70, 2018).

<b>Recomendaciones nutricionales de la futura reproductora.TN70</b>			
Intervalo de pesos	25-55	56-100	100 kg-ins
EN kcal/kg	2295-2365	2225-2320	2150-2270
Lys SID %	0,96-0,99	0,79-0,83	0,63-0,67
LYS SID/EN (gr/Mcal)	4,2	3,5	2,9
Ca %	0,8-0,85	0,75-0,8	0,7-0,75
P dig %	0,29-0,3	0,27-0,29	0,25-0,27
Na %	0,2-0,25	0,15-0,25	0,15-0,25

Tabla 9 Recomendaciones nutricionales de la futura reproductora TN70. (Manual de Recomendaciones TN70, 2018).

Los niveles de aminoácidos normalmente se expresan en función del nivel de lisina de la dieta, que es el principal aminoácido limitante. Los siguientes valores están expresados en digestibilidad ileal estandarizada.

<b>Ratios de aminoácidos para la futura reproductora TN70</b>			
<b>Intervalo de pesos</b>	<b>25-55</b>	<b>56-100</b>	<b>100 kg-ins</b>
<b>Lisina</b>	100	100	100
<b>Met+Cys</b>	65	65	65
<b>Trp</b>	20	20	19
<b>Tre</b>	72	72	72
<b>Val</b>	75	75	75
<b>Ile</b>	65	65	65
<b>Leu</b>	100	100	100
<b>His</b>	30	30	30
<b>Fen</b>	60	60	60

Tabla 10 Ratios de aminoácidos para la futura reproductora TN70. (Manual de Recomendaciones TN70,2018).

En las tablas 11,12,13,14 y 15 detallamos otras recomendaciones publicadas en los últimos años, que ilustran la diversidad de alternativas posibles en la estrategia nutricional de la reposición, según las líneas genéticas, manejo, resultados productivos.

<b>Intervalo pesos</b>	<b>de consumo kg/día</b>	<b>lis total %</b>	<b>EM kcal/kg</b>
25-50	1,5	1,15	3200
50-75	2,2	1,05	3200
75-90	2,5	0,9	3200
90-125	2,7	0,8	3200

Tabla 11 Recomendaciones nutricionales de la futura reproductora. (Young, 2003).

<b>Intervalo de pesos</b>	<b>EN Mcal/día</b>	<b>ED Mcal/día</b>	<b>Lys leal dig std, gr/día</b>	<b>lys total, gr/día</b>	<b>consumo pienso kg/día</b>
60-90	5,74	8,13	15	18	2,6
90-120	6,21	8,85	17	20	2,7
120-140	6,45	9,32	17	20	2,8

Tabla 12 Recomendaciones nutricionales BSAS,2003. Dieta de 2250 kcal EN/kg

<b>Intervalo de pesos</b>	<b>kcal ED/kg</b>	<b>Lys %</b>	<b>Cantidades de pienso, kg/día</b>
25-60	325	1,2	Ad libitum
60-125	3100	0,8	2,5-3,5
125-140	3100	0,8	Ad libitum

Tabla 13 Recomendaciones nutricionales futura reproductora. (Close y Cole, 2000).

<b>Intervalo de pesos</b>	<b>Lineas genéticas magras</b>
<b>30-100 kg</b>	Dietas estandar de engorde, de 30 a 60 kg, y de 60 a 100 kg. Ad libitum
<b>100-135 kg</b>	Lis 0,8; EM:3100 kcal,alimentacion limitada 80-90 % ad libitum

Tabla 14 Recomendaciones nutricionales. (Gill, 2007).

<b>Intervalo de pesos</b>	<b>25-45</b>	<b>45-80</b>	<b>80-120</b>	<b>120-ins</b>
EN kcal/kg	2350	2320-2345	2275	2275
Proteína bruta	17,5-19	15,5-16,5	13,5-15	13,5-15
Lys SID %	1,12	0,82-0,97	0,53-0,78	0,42
Lys SID/EN (gr/Mcal)	4,7-4,9	3,9-4,1	3,2-3,4	3
Ca %	0,7-0,85	0,7-0,8	0,55-0,78	0,5-0,71
P dig %	0,29-0,33	0,28-0,32	0,24-0,27	0,21-0,24
Na %	0,2-0,25	0,2-0,25	0,2-0,25	0,2-0,25

Tabla 15 Síntesis de recomendaciones nutricionales de varias genéticas (2021).

En definitiva, las cerdas nulíparas de las líneas genéticas actuales son sustancialmente diferentes a las de hace 20 años tanto en su capacidad de maduración fisiológica como en su capacidad de crecimiento magro. El programa de alimentación debe conseguir un equilibrio entre un crecimiento excesivamente rápido y una restricción proteica que, para aumentar la deposición lipídica, provoque una limitación en el crecimiento magro. Por otro lado, el periodo comprendido entre los 90 días de vida y la pubertad, es uno de los periodos de máximo desarrollo mamario (junto con el periodo a partir de los 90 días de gestación y la lactación). Estudios previos mostraron que una restricción alimentaria del 20 o 26%, en la fase de 90 días de vida hasta la pubertad, reducía drásticamente la masa de parénquima mamario. Sin embargo, un estudio más reciente muestra como la producción de leche no se ve afectada después de un 10 o 20% de restricción o un 25 % de adición de fibra dietética (diluyendo la energía de la dieta en un 5%). Este hecho puede ser debido a la gran capacidad de ingesta debido a la selección genética para cerdos de rápido crecimiento. (Farmer, 2023).

La estrategia nutricional debe conseguir un ritmo de crecimiento moderado para conseguir una función reproductora correcta. Al mismo tiempo, limitar un exceso de peso vivo que resulte en problemas locomotores y limite la vida productiva de la cerda; y dotar a la cerda de una buena condición corporal a la cubrición que le permita afrontar con garantías la primera gestación y lactación sin comprometer la productividad en el resto de los ciclos productivos.

## 4.2. GESTACIÓN.

---

El objetivo del pienso de gestación es múltiple, por un lado, producir el mayor número de lechones viables, mediante un aumento de la tasa de ovulación y de una disminución de la mortalidad embrionaria. Por otro lado, conseguir un peso al nacimiento superior a 1,3 kg, una camada homogénea y que la cerda llegue al parto con las suficientes reservas corporales. Para conseguir esto, se han propuesto a lo largo de los años distintas curvas de alimentación y recomendaciones de nutrientes que pasamos a resumir a continuación.

Topigs Norsvin (2018), en su manual de recomendaciones para la cerda TN70, recomienda varias dietas en gestación:

- Flushing, desde el destete hasta la cubrición, para estimular el desarrollo de los óvulos.
- Dieta de gestación 1, con una baja relación aminoácidos/energía. Se pretende estimular la deposición de grasa. Se aporta después de la inseminación (posterior al día 5) hasta el día 84 de gestación o como dieta única para cerdas con ciclos elevados.
- Dieta de gestación 2, con una alta relación aminoácidos/energía. Entre los días 85 y 110 de gestación, para aumentar el peso de los lechones al nacimiento y también para cerdas en el primer ciclo.

### 4.2.1 Flushing.

La sobrealimentación durante un breve periodo de tiempo, tras el destete hasta la inseminación incrementa la calidad de los ovocitos de las cerdas en producción. Las cerdas y primerizas a las que se aporta flushing han demostrado un incremento en los niveles de hormona folículo-estimulante (FSH) en sangre y de la frecuencia de los pulsos de hormona luteinizante (LH), indicando que mejora la calidad de los ovocitos (tamaño y uniformidad) estimulando la secreción de gonadotropinas.

Factores importantes a considerar:

- La ingesta de energía y nutrientes se debe maximizar antes de la inseminación, manteniendo niveles de consumo altos hasta la inseminación. Las cerdas deben seguir un programa de alimentación ad libitum, del destete a la cubrición.
- Durante esta fase deben consumir pienso “flush”. La fuente de energía de esta dieta deben ser principalmente carbohidratos (especialmente almidón y azúcares). Se recomienda no usar pienso de lactación.
- La dextrosa puede tener efectos positivos en la vitalidad de los lechones cuando se incorpora durante el flushing. Hay que asegurarse que la cerda recibe un mínimo de 150 gramos de dextrosa al día.
- La ratio entre aminoácidos esenciales y lisina debe ser el de las recomendaciones dadas para la cerda lactante.
- Se recomienda seguir las recomendaciones de minerales y vitaminas para cerdas en lactación.
- Se pueden aportar vitaminas y minerales adicionales durante el periodo de flushing.

En la siguiente tabla exponemos las recomendaciones de la dieta flush en función del consumo en el destete hasta la cubrición.

<b><i>Ingesta diaria, kg/día</i></b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>EN, kcal/kg</b>	2320	2365
<b>Lis dig gr/kg</b>	6,1	6,2
<b>Ratio Lis/EN gr/kcal</b>	2,6	2,6
<b>Almidón y azúcares, gr/kg</b>	450	
<b>Ca, gr/kg</b>	7,8	8
<b>P dig,gr/kg</b>	2,7	2,9

Tabla 16 Recomendaciones dieta flush. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

#### 4.2.2 Gestación.

Durante las primeras seis semanas de gestación (0-45 días), la cerda usa la mayor parte del alimento para el mantenimiento y recuperación de la condición corporal perdida. Las cerdas pueden perder una media de 2-4 mm de grasa dorsal (medido en la posición P2), durante la lactación. Dependiendo de la condición corporal de la cerda al destete, la cantidad necesaria de alimento debe calcularse de manera individual tras la cubrición. En el día 84, la cerda debería haber recuperado una condición corporal adecuada, peso y grasa dorsal; de manera que el excedente pueda ser destinado al crecimiento de los lechones.

Topigs Norsvin (2018) recomienda alimentar con un mínimo de dos dietas diferentes de gestación. El uso de dos dietas distintas da la posibilidad de ajustarse mejor a las necesidades diarias de la cerda gestante, además de facilitar una mejora en la productividad y longevidad de la cerda (tabla 17). En la tabla 18, se exponen las recomendaciones de cada una de las dos dietas de gestación recomendadas.

	<i>Ratio Aa/energía bajo (5-84 días)</i>	<i>Ratio Aa/energía alto (85-110 días)</i>
<b>Ciclos mezclados</b>	Gestación 1	Gestación 2
<b>Ciclos 1 y 2</b>		Gestación 2
<b>Ciclos &gt;=3</b>		Gestación 1

Tabla 17 Recomendación de dietas en gestación. (Topigs Norsvin, 2018).

	<i>Gestación 1</i>	<i>Gestación 2</i>
<b>EN,kcal/kg</b>	2105-2150	2125-2175
<b>Lis dig gr/kg</b>	4,8-4,9	5,5-5,6
<b>Ratio Lis/EN</b>	2,2-2,3	2,5-2,6
<b>Ca, gr/kg</b>	7,0-7,5	7,5-8,0
<b>P dig,gr/kg</b>	2,5-2,7	2,7-2,9

Tabla 18 Recomendación niveles nutricionales en gestación de la TN70. Dietas base trigo, cebada y soja. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

En cuanto a las recomendaciones del perfil de aminoácidos en esta fase podemos sintetizar las siguientes (tabla 19):

	<i>NRC 2012</i>	<i>ITP, Van Milgen y Dourmad 2015</i>	<i>Kim y col. 2009</i>		<i>Diversas genéticas</i>
<b>Aa/ dias</b>	0-114	0-114	0-60	60-114	0-114
<b>Lis</b>	100	100	100	100	100
<b>Tre</b>	63	72	79	71	72-76
<b>Val</b>	85	75	65	67	62-74
<b>Leu</b>	113	100	88	95	92-102
<b>Ile</b>	56	65	59	56	58-60
<b>Arg</b>	56		89	98	
<b>Met+Cis</b>	53	65			65-70
<b>Trp</b>	19	19			19-21
<b>Phe</b>		60	50	52	58-96

Tabla 19 Ratios de aminoácidos recomendados en gestación. Varios autores.

Las necesidades de aminoácidos en gestación no son constantes a lo largo de la gestación. Kim *et al.* (2009) sugirió que la cantidad de aminoácidos requerido y la ratio entre aminoácidos variaba mientras la gestación progresaba, lo cual determina diferentes perfiles de aminoácidos en las dietas de gestación temprana (0-60 días) y tardía (60-114 días). Formulando dietas de gestación de acuerdo con este criterio,

mejoró la ganancia de peso de la cerda a lo largo de la gestación y eliminó la pérdida de grasa dorsal observadas en cerdas control. De igual manera, Farmer (2023), observó como un aumento del 40% de lisina digestible vía inclusión de harina de soja a las dietas de primerizas del día 90 a 110 incrementó la masa de parénquima mamario en un 44%. Por otro lado, este mismo aumento en cerdas multíparas en fase de gestación tardía no se tradujo en incrementos del parénquima mamario. Estos hallazgos, apoyan el uso de la alimentación por fases solo en primerizas.

### Curvas de alimentación.

Al dividir el nivel de energía de la dieta por los requerimientos nutricionales diarios de la cerda durante las 3 fases de gestación, es posible elaborar un programa adecuado de alimentación. Las curvas de alimentación deben adaptarse para garantizar que las cerdas recuperen la pérdida de condición corporal durante la lactación previa y además alcancen la condición ideal antes de iniciar la siguiente lactación.

Como ejemplo de una dieta tipo, podemos citar la siguiente recomendada por Topigs Norsvin.

<i>Días/ciclo</i>	<i>1</i>	<i>2 y 3</i>	<i>&gt;=4</i>
<b>0-49</b>	2,2-2,3	2,6-2,7	2,8-2,9
<b>50-84</b>	2,4-2,5	2,5-2,6	2,6-2,7
<b>85-110</b>	2,9-3	3,0-3,1	3,2-3,3

Tabla 20 Curva de alimentación TN70. Dietas trigo-cebada –soja. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

Estas tablas se han configurado asumiendo una pérdida promedio de peso durante la lactación del 9% y unas pérdidas de grasa dorsal entre 2 y 4 mm. Por tanto, estas cantidades deben ser corregidas en función de si las pérdidas han sido mayores o menores durante la lactación y corregir la curva de alimentación para cerdas delgadas o gordas.

En torno al día 85 de gestación, todas las cerdas deberían haber recuperado su condición corporal más adecuada, así como su peso y grasa dorsal. De este modo, el mayor aporte alimenticio a partir de este periodo puede emplearse para favorecer el crecimiento de los lechones en el útero.

Así, la curva de alimentación recomendada para cerdas multíparas en función de su pérdida de peso de condición corporal (kg/día) es la siguiente (tabla 21):

<i>Días/ciclo</i>	<i>Delgada</i>	<i>Normal</i>	<i>Gorda</i>
<b>0-49</b>	más 300 gr	2,75	menos 200 gr
<b>50-84</b>	más 200 gr	2,65	menos 100 gr
<b>85-110</b>	más 100 gr	3,15	0

Tabla 21 Curva de alimentación en función de la condición corporal. Dietas trigo-cebada-soja. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

Para las cerdas delgadas, se asume una pérdida de condición corporal del 18 %, mientras que para las cerdas gordas se asume que no hay pérdidas de peso durante la lactación. Las cerdas nulíparas que son demasiado delgadas (< 16 mm espesor de grasa dorsal) en la fase de gestación tardía reducen su desarrollo mamario (Farmer, 2023).

#### **4.2.3 Periparto.**

La transición desde la fase final de la gestación a la lactación es crucial tanto para la cerda como su descendencia ya que durante este periodo se inicia la síntesis del calostro, los nutrientes se reubican desde el feto al tejido mamario, se produce el mayor crecimiento de los fetos y las glándulas mamarias, y además se inicia la producción de leche. El periodo próximo al parto es además crucial ya que la cerda debe hacer frente a una serie de cambios, tales como el cambio desde el alojamiento en grupo a una jaula individual, cambios en la dieta, así como el propio nacimiento de los lechones. Estos cambios ambientales y nutricionales pueden influir sobre el proceso del parto, incluyendo el inicio de la producción de leche. El parto es un proceso que requiere mucha energía y un tamaño de camada grande puede hacer aun mayor esta demanda energética. Si no satisfacemos las necesidades energéticas de la cerda durante el parto se puede producir una reducción en las contracciones uterinas que acarrea un mayor riesgo de asfixia y, por tanto, mayor número de lechones nacidos muertos.

Normalmente, cuando se produce el cambio a un pienso de lactación con mayor densidad, la cantidad de pienso se reduce con el fin de prevenir un aumento de presión innecesario en las mamas (que puede derivar en MMA). Al reducir la cantidad de pienso, así como su contenido en fibra, puede producirse estreñimiento en la cerda. Este estreñimiento junto a una reducción del tiempo de tránsito intestinal permite la formación de endotoxinas y proliferación de bacterias Gram negativas. Las endotoxinas son responsables de una menor producción de prolactina así como de la estimulación del sistema inmune.

Esto reduce la producción de leche (disgalaxia) e incrementa el riesgo de mastitis. El estreñimiento puede además contribuir a un estrechamiento del canal del parto y el consiguiente aumento de lechones nacidos muertos como consecuencia de partos más largos y dificultosos. La alimentación con una dieta de alto contenido en fibra durante la fase de transición de la gestación a la lactación podría prevenir el estreñimiento próximo al momento del parto. Las recomendaciones nutricionales para las dietas periparto podemos observarlas en la tabla 22.

<b>Consumo diario, kg/día</b>	<b>2,9-3,1</b>
<b>Energía neta, kcal /kg</b>	2270-2320
<b>Lisina dig, gr/kg</b>	6,4-6,6
<b>Relación Lis/EN (gr/Mcal)</b>	2,8
<b>Ca, gr/kg</b>	7,3-7,6
<b>P dig, gr/kg</b>	2,6-2,7

Tabla 22 Recomendaciones nutricionales para dietas periparto TN70. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

La principal ventaja de proporcionar un pienso periparto es que permite aumentar el pienso proporcionado antes del parto sin que haya efectos negativos sobre el desarrollo mamario o el inicio de la producción de leche. Al incrementar el volumen con el pienso periparto en los días próximos al parto contribuye a prevenir el riesgo de estreñimiento y facilita que las cerdas estén más tranquilas.

El objetivo es proporcionar una cantidad similar de energía diaria el último día que las cerdas reciben el pienso de gestación y el primero que empiezan a tomar el pienso periparto (o pienso de lactación). La cantidad ideal de pienso aportado durante la transición de la gestación a la lactación dependerá de la energía total proporcionada antes de este periodo.

En las figuras 25 y 26 vemos las curvas de alimentación recomendadas en el periparto según se use una dieta periparto o no.

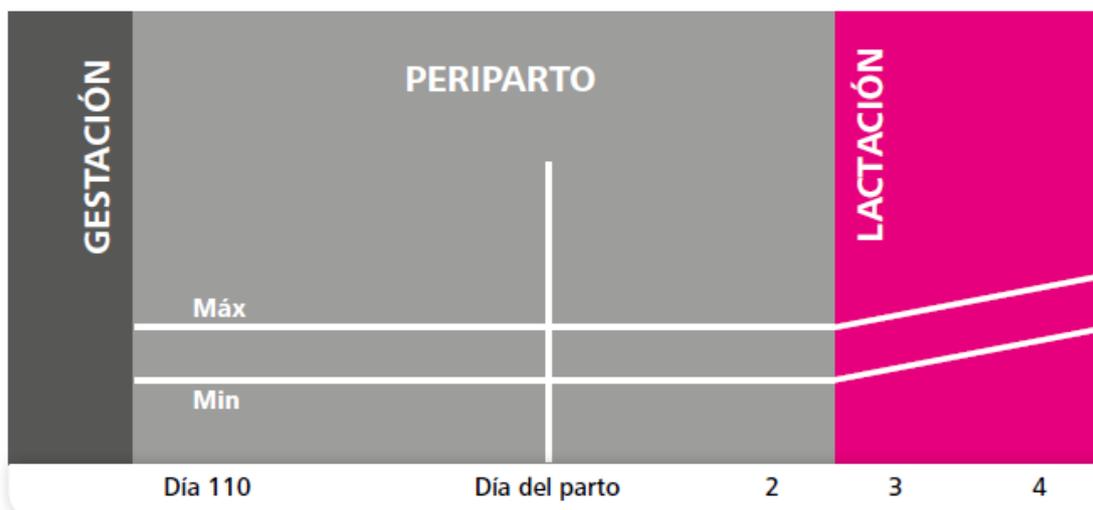


FIGURA 25 CURVA DE ALIMENTACIÓN RECOMENDADA CUANDO SE EMPLEA PIENSO PERIPARTO. (MANUAL DE RECOMENDACIONES NUTRICIONALES TN70, 2018).

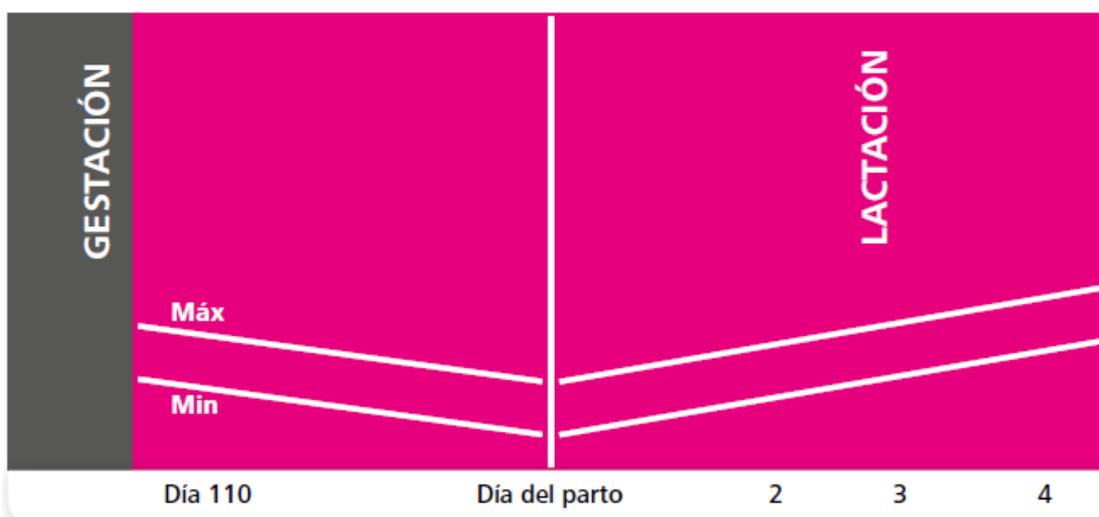


FIGURA 26 CURVA DE ALIMENTACIÓN RECOMENDADA CUANDO NO SE EMPLEA PIENSO PERIPARTO. (MANUAL DE RECOMENDACIONES NUTRICIONALES TN70, 2018).

Una ingesta excesiva durante el periodo preparto puede resultar en una producción excesiva de leche que conduce a la congestión de las mamas pudiendo llegar a ocasionar daños en el tejido mamario, Si durante este periodo se alimenta con niveles altos de energía y proteína (como ocurre con los piensos de lactación), el desarrollo mamario puede ser demasiado rápido en estas primeras etapas tras el parto. Los lechones recién nacidos no tienen capacidad para extraer toda la producción de leche, lo que provoca un aumento de presión en las mamas que puede dañar las células productoras de leche y comprometer con ello la producción de leche durante el resto de la lactación. La clave para evitar este problema es reducir

gradualmente la cantidad de pienso antes del parto e ir incrementando, también de forma gradual, el consumo de pienso tras el parto.

### 4.3 LACTACIÓN.

Para que una cerda pueda conseguir una buena producción de leche, es fundamental que esta disponga de un adecuado aporte de nutrientes. Si el aporte de la dieta es insuficiente para soportar la síntesis de leche, la cerda recurrirá a la movilización de sus reservas corporales. En cerdas más magras, la cantidad de reservas disponibles es bastante limitada y de ahí que la importancia de un correcto aporte nutricional para satisfacer sus necesidades sea aún mayor.

El rendimiento durante la lactación de genotipos más magros depende de un suministro de energía suficiente en la dieta que permita una producción máxima de leche.

Como resultado, un incremento de las reservas de grasa durante la gestación puede ofrecer ventajas en el rendimiento durante la lactación. Se estima que la ganancia de peso de la camada en la TN70 debe estar entre 2,5 kg/día y 3,3 kg/día. Las cerdas con camadas más numerosas producen mayor cantidad de leche, tienen mayor ganancia diaria de camada y, por lo tanto, sus necesidades nutricionales son mayores comparadas con cerdas con camadas más pequeñas. En las tablas 23 y 24, resumimos los requerimientos nutricionales en función de la duración de la lactación, en base a dietas trigo-cebada-soja.

<b>Nutrientes/Ganancia diaria de camada</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>
<b>Ingesta diaria, kg/día</b>	6,2	6,6
<b>Energía neta, kcal/kg</b>	2320	2365
<b>Lis dig, gr/kg</b>	8,4	8,6
<b>Ratio Lis dig/EN Mcal</b>	3,6	3,6
<b>Ca, gr/kg</b>	9	8,8
<b>P dig, gr/kg</b>	3,2	3,1

Tabla 23 Requerimientos nutricionales para dietas a 21 días de lactación. Dietas-trigo-cebada-soja. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

<b>Nutrientes/Ganancia diaria de camada</b>	<b>2,9</b>	<b>3,1</b>
<b>Ingesta diaria, kg/día</b>	6,7	7,1
<b>Energía neta, kcal/kg</b>	2320	2390
<b>Lis dig, gr/kg</b>	8,4	8,7
<b>Ratio Lis dig/Eneta Mcal</b>	3,6	3,6
<b>Ca, gr/kg</b>	8,8	8,6
<b>P dig, gr/kg</b>	3,1	3

Tabla 24 Requerimientos nutricionales para dietas a 28 días de lactación. Dietas trigo-cebada-soja. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

El nivel de lisina de la dieta depende por tanto del crecimiento de la camada y de la ingesta diaria media. El siguiente cuadro (tabla 25) muestra las concentraciones de lisina de la dieta basadas en el crecimiento de la camada y el consumo en lactación (Tokach *et al.*, 2019).

<b>ganancia diaria de la camada, kg/d</b>	<b>Consumo medio diario, kg/d</b>					<b>Lis dig, gr/d</b>
	4,5	5	5,4	5,9	6,4	
<b>2</b>	0,96	0,87	0,8	0,74	0,68	43,3
<b>2,3</b>	1,09	0,99	0,91	0,84	0,78	49,6
<b>2,5</b>	1,23	1,12	1,03	0,95	0,88	55,9
<b>2,7</b>	1,37	1,25	1,14	1,05	0,98	62,1

Tabla 25 Concentraciones de lisina en la dieta según el crecimiento de la camada y el consumo en lactación (Tokach *et al.*, 2019).

La relación entre el crecimiento de la camada y las necesidades de lisina (gr/d) se establecieron basándose en los estudios publicados entre 1998 y 2017 con cerdas primíparas y múltiparas (Sauber *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2000; Xue *et al.*, 2012;

Gourley *et al.*,2017) asumiendo 21 días de lactación y no estando las necesidades de lisina estrictamente relacionadas con la ingesta energética.

En la tabla 26 recopilamos los perfiles de aminoácidos recomendados en la fase de lactación según distintos autores.

	<i>Kim y col. 2009</i>			<i>Van Milgen y Dourmad, 2015</i>	<i>NRC, 2012</i>
<b>Pérdida de peso, kg</b>	75-80	33-45	6-8		
<b>Lis</b>	100	100	100	100	100
<b>Tre</b>	75	69	60	66	63
<b>Val</b>	78	78	77	85	85
<b>Leu</b>	128	123	115	115	113
<b>Ile</b>	60	59	59	60	56
<b>Arg</b>	22	38	69	67	56
<b>Met+Cis</b>				60	53
<b>Met</b>				30	26
<b>Trp</b>				19	19
<b>1<sup>er</sup> Aa limitante</b>	Tre	Lis	Lis		Lis
<b>2<sup>o</sup> Aa limitante</b>	Lis	Tre	Val		Val
<b>3<sup>er</sup> Aa limitante</b>	Val	Val	Tre		Tre

Tabla 26 Ratios de aminoácidos recomendados en lactación. Varios autores.

Silva *et al.* (2020), en un estudio más reciente, con 600 cerdas lactantes múltiparas (PIC Camborough), vieron que incrementando los niveles de lisina digestible de 0,75% a 1%, mejoraron el peso de la camada al destete y por tanto la ganancia media diaria, con indiferencia de los niveles de energía (3,2 o 3,4 Mcal de EM/kg).

En otro estudio en cerdas primíparas, Bruder *et al.* (2018) observaron que incrementando la ingesta de lisina digestible mejoraba la ganancia media diaria de la camada. Las mayores mejoras se observaron de 42 a 59 gramos de lisina digestible diaria (figura 27).

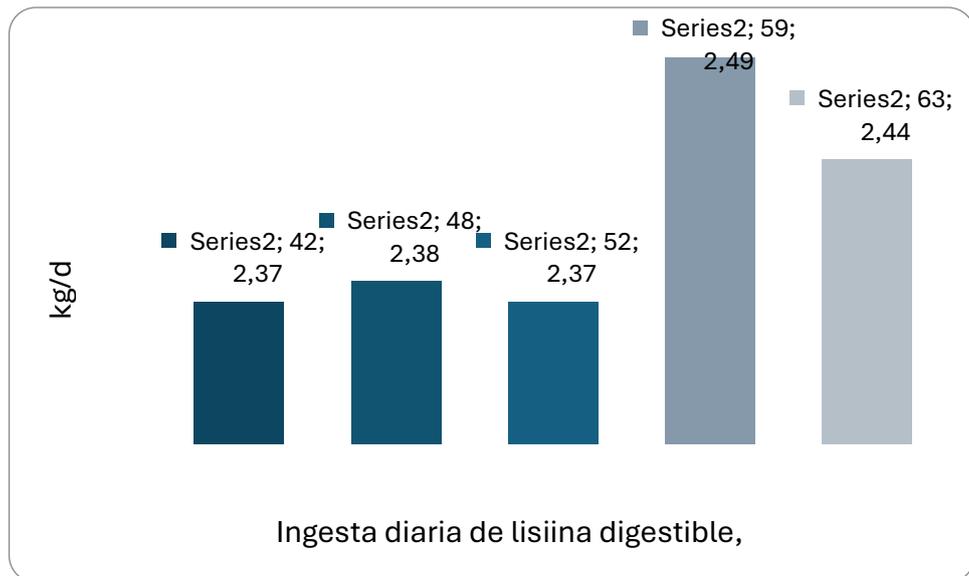


FIGURA 27 EFECTO DE LA INGESTA DIARIA DE LISINA DIGESTIBLE EN EL CRECIMIENTO DE LA CAMADA EN CERDAS PRIMERIZAS LACTANTES (BRUDER ET AL., 2018).

Graham *et al.* (2018), en la misma línea anterior, con cerdas primíparas y múltíparas observaron los mayores crecimientos de lechón al pasar de 43 a 57 gramos de lisina digestible al día (figura 28).

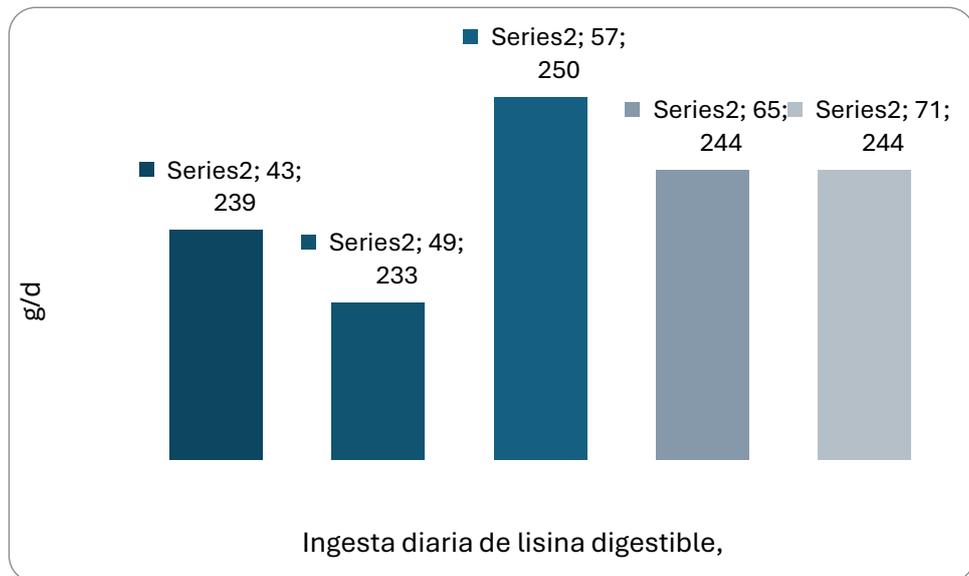


FIGURA 28 EFECTO DE LA INGESTA DIARIA DE LISINA DIGESTIBLE EN LA GANANCIA DEL LECHÓN EN CERDAS PRIMERIZAS Y MULTÍPARAS (GRAHAM ET AL., 2018).

Greiner *et al.* (2017), observaron que al incrementar la ratio treonina digestible/lisina aumentaba la ganancia media diaria de la camada. Establecieron que el ratio óptimo que maximizaba el crecimiento de la camada estaba en el 65% (figura 29).

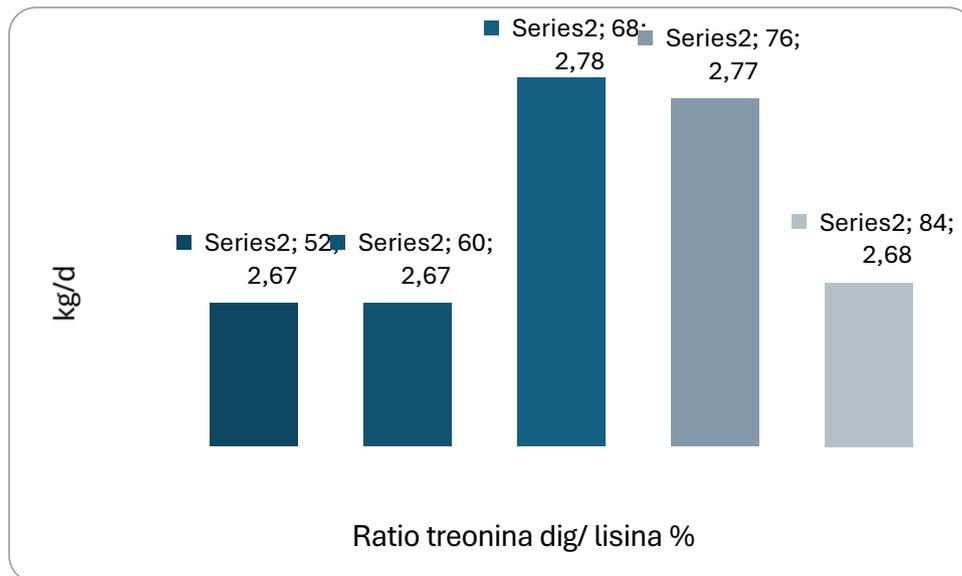


FIGURA 29 EFECTO DE DIFERENTES RATIOS DE TREONINA DIGESTIBLE/ LISINA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA CAMADA EN CERDAS EN LACTACIÓN (GREINER ET AL., 2017).

En cuanto a la valina, Touchette *et al.* (2018), reportaron que incrementando la ratio de valina digestible/lisina de 58% a 93% mejoraron el peso del lechón al destete. De la misma manera, concluyeron que una ratio en torno al 65%, podría ser suficiente sin afectar a la cerda o al desarrollo de la camada (figura 30). Las recomendaciones de valina son muy variadas en cuanto al crecimiento diario de la camada, oscilando del 76 al 122% sobre la lisina (Strathe *et al.*, 2016; Greiner *et al.*, 2019).

Está demostrado que la valina es un aminoácido limitante en la producción lechera, confirmando la importancia que tiene en la síntesis de leche (Kim *et al.*, 2001; Soltwedel *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2009). Sin embargo, un exceso de leucina o una carencia de isoleucina pueden influenciar la utilización de valina para la producción láctea.

En cuanto a leucina e isoleucina, muy pocos datos existen en cuanto a las necesidades de las cerdas modernas actuales. Los datos publicados de aminoácidos digestibles frente a lisina oscilan entre el 0.56 a 0.60 de la isoleucina a 1.02 a 1.15 para la leucina (NRC, 2012; Rostagno *et al.*, 2017; PIC, 2020; Tybirk *et al.*, 2020).

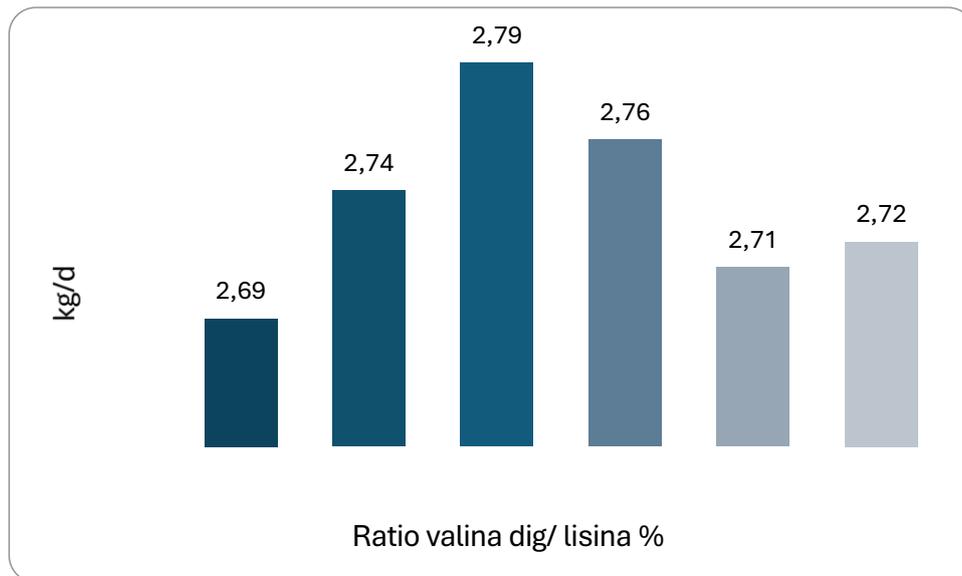


FIGURA 30 EFECTO DE DIFERENTES RATIOS DE VALINA DIGESTIBLE/LISINA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA CAMADA EN CERDAS EN LACTACIÓN (TOUCHETTE ET AL., 2018).

La curva de alimentación recomendada permite incrementar la ingesta total durante la lactación mediante un aumento lento y progresivo durante la primera parte de la lactación, para que posteriormente los niveles de alimentación sean máximos a partir del día 10 de lactación (tabla 27).

<b>DIAS/INGESTA DIARIA (KG/DIA)</b>	<b>RACIÓN, KG</b>	<b>EN, KCAL/DIA</b>
<b>0</b>	2	4685
<b>1</b>	2,5	5855
<b>2</b>	3	7025
<b>3</b>	3,5	8200
<b>4</b>	4	9370
<b>5</b>	4,5	10540
<b>6</b>	5	11710
<b>7</b>	5	11710
<b>8</b>	5,5	12880
<b>9</b>	6	14055
<b>10</b>	6,5	15225
<b>21</b>	AD LIB	>17925
<b>28</b>	AD LIB	>19120
<b>35+</b>	AD LIB	MAX. 21510

Tabla 27 Curva de alimentación recomendada para cerdas lactantes TN70. Dietas trigo-cebada-soja. (Manual de Recomendaciones Nutricionales TN70, 2018).

La cantidad de pienso diaria puede reducirse 500 gr/día para cerdas de primer parto hasta el día 10 de lactación.

Finalmente, como síntesis de recomendaciones de otras casas genéticas citamos las siguientes (tabla 28):

		PERIPARTO	GESTACIÓN	LACTACIÓN
ENERGIA KCAL/KG	NETA,	2.225-2.275	2.100-2.390	2.300-2.500
LIS DIG, %		0,64	0,33-0,6	0,77-1,01
RATIO MCAL	LIS DIG/	2,9	1,6-2,6	3,3-4
CA, %		0,7	0,65-0,9	0,75-0,95
P DIG, %		0,27	0,2-0,45	0,3-0,45
NA, %			0,15-0,24	0,2-0,25

Tabla 28 Recomendaciones nutricionales para cerdas reproductoras. Síntesis de varias empresas de genética.

## 5. MODELIZACIÓN.

El potencial genético de un animal es de suma importancia a la hora de decidir la estrategia de alimentación que propiciará un número elevado de lechones a lo largo de la vida productiva de la cerda. La TN70 es una hembra híbrida combinando la línea Z Large White y la línea L Norsvin Landrace. La TN70 es una hembra prolífica con excepcionales habilidades para el destete y con una contribución única y espectacular al resultado de cebo.

La nutrición durante la gestación y la lactación es fundamental para el éxito reproductivo de las cerdas modernas ya que están produciendo camadas cada vez más numerosas y, por tanto, grandes cantidades de leche (Hansen *et al.*, 2012; Vadmand *et al.*, 2015). Las cerdas son alimentadas generalmente de manera restringida durante la gestación, mientras que el consumo es a menudo el principal factor limitante de la ingesta de nutrientes durante la lactación (Hansen, 2013; Kim *et al.*, 2013). En consecuencia, gran cantidad de nutrientes son movilizados de las reservas corporales, especialmente durante la lactación que, si es excesiva, tiene un efecto perjudicial sobre el éxito reproductivo posterior (King y Dunkin, 1986; Zak *et al.*, 1997; Boyd *et al.*, 2000; Quesnel *et al.*, 2005). Durante los últimos 30 años se han venido desarrollando modelos de predicción para cuantificar las necesidades nutricionales de las cerdas reproductoras dando lugar a programas nutricionales de precisión y evitar esta excesiva movilización de reservas; estos modelos incorporan la gran mayoría de rasgos importantes que afectan cuantitativamente a sus necesidades nutricionales (Dourmad *et al.*, 2008; NRC., 2012; Hansen *et al.*, 2014). Recientemente, se han ido implementando estos modelos incorporando cada vez más factores (requisitos para la producción de calostro, crecimiento mamario y

uterino, la actividad física relacionada con la construcción del nido y el costo energético durante el parto, así como la cantidad de nutrientes liberados por la regresión uterina postparto) e, incluso, tomando en consideración los cambios sustanciales que se producen durante la fase de periparto (Feyera y Theil, 2017).

---

## 5.1 INTRODUCCIÓN.

---

La cerda moderna hiperprolífica ha sufrido grandes cambios en las últimas décadas: se trata de una cerda con mayor contenido magro debido a la presión de selección sobre la deposición de carne magra y sobre el tamaño de camada (hiperprolificidad), por lo que se hace aún más necesario un estudio profundo de sus requerimientos metabólicos y nutricionales con el fin de optimizar su rendimiento productivo (tamaño de la camada y crecimiento) y su longevidad. De igual manera, el cruce con líneas paternas magras como es el caso de la línea Pietrain alemana, resulta en un producto final con un rendimiento magro considerable y eficiencia productiva destacable.

Los resultados experimentales obtenidos durante los últimos 30 años en materia de utilización energética y de aminoácidos por las cerdas en su fase reproductiva, permiten la determinación de sus necesidades nutricionales de acuerdo con un rendimiento objetivo (método factorial) y/o predecir la respuesta del animal a los nutrientes aportes (modelado) y necesitan ser adaptados o desarrollados para permitir dichas predicciones en entornos ambientales diversos, contemplando las distintas líneas genéticas actualmente en producción, etc. con el fin último de ser utilizados para el desarrollo de nuevas estrategias de alimentación y, por tanto, optimizar la producción.

Pocos modelos matemáticos han sido desarrollados durante los últimos años respecto a las fases de gestación y lactación y sólo unos pocos, de mayor o menor complejidad, se han publicados para las cerdas a lo largo de su vida reproductiva (Williams *et al.*, 1985; Dourmad, 1987; Pomar *et al.*, 1991; Pettigrew, 1992; NRC, 1998; INRAPorc, 2008; NRC, 2012; FEDNA 2013; Hansen *et al.*, 2014, etc.) y, la mayoría de ellos, son modelos de investigación.

---

## 5.2 MODELIZACIÓN. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

---

Las mediciones de la composición corporal y de la producción de leche, por ejemplo, pueden ser muy laboriosas y costosas de llevar a cabo y, por tanto, no se hacen muy a menudo, por lo que los modelos matemáticos pueden ser una herramienta muy eficaz para describir y generalizar los procesos metabólicos.

Un aspecto importante a considerar en el desarrollo de estos modelos es que los datos deben ser relevantes para los sistemas de producción actuales, pero teniendo en cuenta que cambian rápida y continuamente (debido, fundamentalmente, al progreso genético de las cerdas). Por tanto, es importante generar los datos apropiados y validarlos en los diversos modelos para su correcta adecuación a un hato simulado dado ya que, de lo contrario, se producirán desviaciones muy significativas en las predicciones.

Está bien establecido que los aportes nutricionales de los piensos difieren entre grupos de cerdos y se ven influidos por el estado fisiológico del animal, su potencial productivo y las condiciones ambientales.

Los modelos matemáticos que describan cada uno de estos aspectos son mecanicistas, dinámicos y, muchas veces, deterministas en la representación biológica del aprovechamiento de los nutrientes y la de energía aportados por el pienso a nivel de todo el animal (NRC, 2012).

Los modelos pueden ser considerados mecanicistas desde el punto de vista que matemáticamente representan los principios biológicos que se sabe que influyen en las necesidades de los distintos nutrientes. Sin embargo, y necesariamente, los modelos contienen elementos empíricos para hacer que las estimaciones sobre requerimientos nutritivos generadas sean consistentes con las observaciones de campo. Además, deben representar todos estos aspectos de manera dinámica con el fin de explorar las necesidades nutritivas a lo largo del tiempo y durante las sucesivas fases productivas. Sin embargo, muchos modelos son deterministas en la estimación de los requerimientos nutritivos, ya que lo hacen para grupos de animales sin representar explícitamente la variabilidad entre ellos. No obstante, se puede ir más allá y considerar esta variabilidad individual implícitamente en los modelos mediante el desarrollo de potentes herramientas matemáticas iterativas que ajusten estas estimaciones a nivel individual (o sea para cada individuo, su modelo) (Pomar, 2014).

Este doble enfoque podrá dar lugar al uso de modelos “a priori” o predictivo en su vertiente de simulación y de cálculo de necesidades de un hato determinado y “a posteriori” o prospectivo con el fin de determinar si se están aplicando correctamente las pautas nutritivas adecuadas o la respuesta productiva es la esperada.

Dado que la dinámica metabólica y fisiológica de la fase de gestación difiere enormemente de la de lactación, se hace necesario el desarrollo de submodelos independientes, que, llegado el caso, pueden enmarcarse conjuntamente dentro de un modelo de crecimiento que explique con precisión las variaciones de peso de las cerdas a lo largo de su vida productiva.

---

### 5.3 MODELO DE GESTACIÓN.

---

Los requerimientos de energía y nutrientes a lo largo de la gestación son bajos (1,3 veces el mantenimiento en promedio), y el régimen alimenticio es restringido, a fin de mantener una condición corporal óptima al momento del parto.

En consecuencia, el manejo nutricional durante la gestación tiene como objetivo satisfacer las necesidades de crecimiento maternas y fetales.

El modelo descrito por el NRC 2012 es una adaptación y actualización, tras una extensa revisión bibliográfica, del de Dourmad *et al.* (1999, 2008) que sirvió como base para el modelo INRAPorc del INRA francés y es, hoy día, punto de partida para cualquier investigación relacionada.

En dicho modelo, la ingesta de energía diaria por parte de la cerda tiene que ser definido previamente y puede variar a lo largo de la gestación (curva de alimentación). El peso, la ganancia de proteína y energía de los productos de la concepción (fetos y placenta más fluidos uterinos o “conceptus”) están representados de forma explícita y como una función del tamaño previsto de la camada y del peso de los lechones al nacimiento. El peso vivo de la cerda y las ganancias energéticas del útero vacío y del tejido mamario se consideran parte corporal materna. En el modelo, se identifican seis compartimentos de proteína diferentes: fetos, placenta más fluidos, útero, tejido mamario y la deposición de magro maternal dependientes tanto del tiempo como del consumo de energía (adaptado de Dourmad *et al.*, 1999; 2008); ésta última aumenta linealmente con el consumo de energía y varía con el número de gestación y es idéntica en todas sus etapas. La energía ingerida sobrante y que no es utilizada para las funciones de mantenimiento corporal, crecimiento de “conceptus” y deposición magra maternal (incluyendo útero y glándula mamaria), se aprovecha para deponerla en forma de reserva grasa corporal. Cuando el consumo de energía es insuficiente para soportar todas estas funciones (mantenimiento corporal, ganancia de “conceptus” y deposición magra), estas reservas grasas se movilizan y se utilizan como fuente de energía.

Los cambios del peso vivo maternal se predicen a partir cambios diarios de proteína corporal materno (excluyendo “conceptus”, pero incluyendo útero y glándula mamaria) y grasa. La medición del espesor graso dorsal P2 se utiliza como una estimación de la grasa corporal. Los requerimientos de aminoácidos digestibles se estiman a partir de las ganancias proteicas de los seis compartimentos, el peso vivo y el consumo de pienso.

### **5.3.1. Composición corporal.**

La composición corporal de la cerda se representa matemáticamente de acuerdo con Dourmad *et al.* (1999, 2008). El peso vivo total (kg) representa la suma del peso maternal y del peso de “conceptus”. La diferencia entre el peso vivo y el peso vivo vacío maternal equivale al llenado intestinal y que representa alrededor de un 4% del peso vivo maternal. Este peso vivo vacío y la grasa dorsal estimada a partir del espesor P2 se utilizan para generar estimaciones de composición magra (proteica)

y grasa materna al inicio de la gestación y su evolución a lo largo de todo el periodo de gestación.

El modelo propuesto por el NRC 2012 es capaz de calcular y predecir todos estos cambios corporales en la cerda, a fin de poder contrastarlos con las mediciones de campo de peso vivo, de grasa dorsal y profundidad de lomo a nivel P2, tanto desde el punto de vista predictivo como prospectivo.

### **5.3.2. Crecimiento de “conceptus” y anexos**

El peso de los productos de la concepción y su contenido en energía se calculan usando las ecuaciones logarítmicas en función del tiempo y del tamaño previsto de la camada al parto (número total de lechones nacidos) de Dourmad *et al.*, (1999, 2008). El contenido en proteína de los fetos se estima de manera similar a partir de datos de Noblet *et al.* (1988), Wu *et al.* (1999), Mathews-Oliver (2004), Canario *et al.* (2006), Pastorelli *et al.* (2009) y Charneca *et al.* (2010), mientras que el de la placenta más fluidos se representa en función del tiempo y del tamaño previsto de la camada al parto utilizando la cinética de Michaelis-Menten en base a datos de Noblet *et al.* (1985) y McPherson *et al.* (2004).

En estos cálculos, se asume que el consumo de energía no afecta al crecimiento de “conceptus” (afectado sólo en casos de restricción grave del consumo energético (Dourmad *et al.*, 1999)) y son corregidos en base al tamaño y peso de la camada observados.

El contenido proteico de útero y tejido mamario se estiman, igualmente, en función del tiempo mediante las ecuaciones del NRC 2012 y suman gran cantidad de datos de Knight *et al.* (1977), Noblet *et al.* (1985), Kensinger *et al.* (1986) y Ji *et al.* (2006) respectivamente.

La ganancia magra o proteica corporal materna dependiente del tiempo, representa la retención de proteína residual observada en estudios de balance nitrogenado y que no puede ser atribuida a cualquiera de los otros reservorios de proteína. Este aumento de proteína sigue la cinética de Michaelis-Menten en base a Dourmad *et al.* (1998, 2008) y, como sólo se produce durante la primera parte de la gestación, se hace nulo después del día 56º de gestación.

La deposición magra maternal dependiente de la ingesta energética, está relacionada linealmente con la ingesta de energía metabolizable por encima de los requerimientos de mantenimiento en el día 1º de gestación, mientras que la pendiente disminuye con el número de gestación. Dicha pendiente fue ajustada por Dourmad *et al.* (2008) a fin de lograr un ajuste razonable entre los cambios observados y estimados en la composición corporal de la cerda a lo largo de los sucesivos ciclos de gestación.

### **5.3.3. Partición de la ingesta energética.**

En el modelo NRC 2012, se da prioridad a satisfacer las necesidades energéticas para las funciones del mantenimiento corporal de la cerda, del crecimiento de “conceptus” y de la deposición de proteína maternal (incluyendo las que se producen en el útero y en el tejido mamario).

Los requerimientos de energía de mantenimiento estándar se calculan en función del peso vivo corporal de la cerda (peso metabólico) y tomando en consideración el impacto de su actividad física (Dourmad *et al.*, 2008) y el ambiente térmico (Noblet *et al.*, 1989, 1997), considerando las temperaturas de confort según el tipo de alojamiento: individual o en grupo (Verstegen y Curtis, 1988) o del tipo de suelo: cemento o paja, por ejemplo (Bruce y Clark, 1979).

Toda aquella ingesta energética sobrante y que no es utilizada para las funciones anteriores, es almacenada en forma de reserva grasa maternal con una eficiencia del 50%. Sin embargo, si esta ingesta de energía es insuficiente para soportar dichos requerimientos (mantenimiento, crecimiento de “conceptus” y deposición proteica o magra maternal), la cerda moviliza sus reservas adiposas y las usa como fuente de energía metabolizable con una eficiencia energética del 80%.

#### **5.3.4. Requerimientos de aminoácidos.**

El modelo NRC 2012 (adaptado de Moughan, 1999) considera que los requerimientos de lisina y del resto de aminoácidos esenciales, en cerdas gestantes, vienen determinados por: (1) las pérdidas basales endógenos del tracto gastrointestinal e íntimamente relacionadas con el consumo de pienso; (2) las pérdidas tegumentarias y que son función del peso metabólico; (3) el incremento de proteína en las seis funciones anteriormente citadas; y (4) la eficiencia en la utilización de los aminoácidos digestibles de la dieta para cada una de ellas.

Este enfoque es distinto al propuesto en 1998 por el mismo NRC, donde los requerimientos de aminoácidos de mantenimiento se calculaban solamente a partir del peso metabólico. Como resultado, el modelo revisado de 2012 representa con mayor precisión el impacto de la ingesta de pienso y, por tanto, la densidad de energía de la dieta, los requerimientos de aminoácidos y el equilibrio dietético óptimo de aminoácidos.

Los requerimientos del resto de aminoácidos esenciales se calculan tomando como referencia los de la lisina, de las relaciones óptimas entre ellos para el soporte de las principales funciones corporales y de estimaciones sobre la eficiencia de utilización de cada uno de ellos más una tasa absoluta de catabolismo mínimo inevitable.

---

### **5.4 MODELO DE TRANSICIÓN O PERIPARTO.**

---

Recientemente, Feyera y Theil (2017) han llevado a cabo un estudio con el objetivo de estimar los requerimientos de energía y aminoácidos durante el periodo de transición del periodo de gestación al de lactación (periparto) tomando en consideración una serie de factores fisiológicos no considerados en modelos anteriores como: la producción de calostro, la actividad física relacionada con la construcción del “nido” y el costo energético del parto durante el parto, así como la cantidad de nutrientes liberados por la regresión del útero postparto mediante un enfoque factorial.

Usando los modelos del NRC 2012, de Hansen *et al.* (2012) y otras estimaciones, concluyen que las cerdas con alto rendimiento lechero requieren una alimentación con una ratio lisina DIS: EM alto, mientras que las cerdas con alto peso vivo requieren una estrategia con dicha ratio más bajo.

## 5.5 MODELO DE LACTACIÓN.

---

Durante la lactación, la cerda requiere mayores aportes de energía y nutrientes para el mantenimiento de sus funciones corporales y, fundamentalmente, para la producción de leche. A fin de maximizar la producción de leche y evitar la pérdida excesiva de peso durante este periodo, es importante determinar los requerimientos de la cerda en las diferentes etapas de la lactación con la mayor precisión posible, siendo los factores determinantes de dicha producción, el tamaño de la camada y su crecimiento hasta el destete.

De la misma manera que en el modelo de gestación, a partir de la ingesta energética diaria, duración de la lactación y ciclo productivo en el que encuentre la madre y del rendimiento observado o esperado de la camada (su tamaño y su tasa media de crecimiento durante todo el período de lactancia), el modelo de lactación del NRC 2012, adaptado del de Dourmad *et al.*, (2008), predice la cantidad diaria de leche producida y su composición dando lugar a una curva de producción estándar.

Casi simultáneamente, Hansen *et al.* (2012a) desarrolló, a partir de un amplio metaanálisis y mediante un enfoque bayesiano, otro modelo de producción de leche por parte de la cerda, que incluso permite estimar el contenido en proteína, lactosa y grasa y, por tanto, su concentración en energía bruta o neta de manera más precisa.

La energía ingerida y no utilizada para las funciones de mantenimiento corporal y de producción de leche se redirige a la deposición de reservas de grasa y magra de la cerda. Cuando el consumo de energía es insuficiente para soportar estos requerimientos, la cerda moviliza sus depósitos de grasa y magro para convertirlos en fuente de energía. De la misma manera, las mediciones del espesor dorsal y de la profundidad del lomo P2 se usarán como estimación de la grasa y el magro corporal.

Los requerimientos de aminoácidos digeribles estandarizados se estiman a partir de la tasa de crecimiento de la camada, los cambios en la composición y peso corporal materno y su consumo de pienso.

### **5.5.1. Composición corporal.**

Las ecuaciones usadas para la estimación de la composición corporal de cerdas lactantes son idénticas a la descrita para las cerdas gestantes en el modelo del NRC 2012.

#### **5.5.1.1. Producción de leche**

El modelo del NRC 2012 predice la riqueza energética diaria de la leche y la excreción nitrogenada producida por la cerda a partir del tamaño de la camada y de su ganancia media diaria en base a las ecuaciones de Dourmad *et al.* (1999, 2008) cuyos valores medios se ajustan a una curva de producción diaria estándar a lo largo de la lactación. La producción diaria de leche se calcula a partir de la producción de nitrógeno en leche, asumiendo que la leche de la cerda contiene 8,0 g N / kg.

En 2012, Hansen *et al.* desarrollan un nuevo modelo de predicción de la producción y la composición de la leche de la cerda mediante análisis bayesiano para analizar los datos de producción de leche y proponen un set de ecuaciones con la finalidad de incorporarlas a futuros modelos de lactación.

En este estudio, ensayan varias curvas de producción de leche entre otras: una forma modificada de una función de Gompertz (Hansen *et al.*, 2012) y una versión parametrizada la ecuación clásica de Wood (Wood, 1967), que, aunque más compleja algebraicamente, es la que arroja mejor potencia predictiva, tomando en consideración el tamaño y la ganancia diaria de peso de la camada, composición proteica del pienso consumido por la cerda, etc.

### **5.5.2. Partición de la ingesta energética.**

En el modelo del NRC 2012, la ingesta diaria de energía puede ser definida de antemano según consumos observados o ser predicho a partir de día de lactancia según las ecuaciones de Schinckel *et al.* (2010a), con determinados ajustes (cerdas primerizas, ambiente térmico, etc.).

El modelo da prioridad a satisfacer las necesidades de energía de mantenimiento de la cerda y los requerimientos de energía para la producción de leche, asumiendo que la producción de leche no es sensible a la ingesta de energía.

Si la ingesta energética excede a los requerimientos para el mantenimiento y la producción de leche, se asume que las cerdas acumulan reservas en forma de lípidos y proteína corporal. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la ingesta de energía es insuficiente para satisfacer estos requerimientos (mantenimiento y producción de leche) por lo que la cerda moviliza dichas reservas; la contribución relativa de energía procedente de proteína y de grasa es de 0,12, aunque puede ser ajustada para que coincida con los pesos vivos y con los cambios de espesor de grasa dorsal observados durante la lactación.

### 5.5.3. Requerimientos de aminoácidos.

El enfoque del cálculo de los requerimientos de aminoácidos esenciales es idéntico al descrito para cerdas gestantes, pérdidas endógenas de aminoácidos a lo largo del TGI (ligeramente mayores al modelo de gestación) y pérdidas tegumentarias. Además, en caso de existir balance energético corporal negativo de la cerda, la movilización proteica corporal maternal se asume que contribuye con aminoácidos esenciales y nitrógeno para la producción de leche.

En el modelo de lactación, los requerimientos de lisina y del resto de aminoácidos esenciales se derivan, igualmente, de las relaciones óptimas entre ellos para el soporte de las funciones corporales y la producción láctea y de sus respectivas eficiencias de utilización; en este caso: la derivada del consumo nitrogenado procedente de la dieta o la derivada de la movilización de la proteína corporal, (en caso de balance energético negativo) para dar lugar a la producción de aminoácidos de la leche.

La lisina secretada en la leche se calcula a partir de la composición proteica de la producción de leche estimada usando el conjunto de ecuaciones descritas por Hansen *et al.* (2012); los requerimientos totales van a depender de las respectivas eficiencias de utilización, como se ha comentado (origen dietético o endógeno a partir de las reservas movilizadas).

El resto de los aminoácidos esenciales y el nitrógeno total se calculan de forma parecida al del modelo de gestación en base a su relación óptima respecto de la lisina, sus eficiencias de utilización (digestibilidad) y la tasa de catabolismo mínimo inevitable.

---

## 5.6 MODELO DE CRECIMIENTO.

---

A fin de encuadrar todos estos modelos metabólicos a lo largo de la vida productiva de las cerdas y de sus balances de peso vivo durante los sucesivos periodos de gestación y lactación, se hace necesario combinar toda esta dinámica en su entorno de crecimiento, desde su primera cubrición hasta su último ciclo de gestación, cercano a su peso adulto o de madurez, mediante modelos de crecimiento.

La función de Gompertz modificada por Van Milgen *et al.*, (2008), puede ser útil como modelo de crecimiento ya que usa el parámetro que describe la precocidad de las cerdas (Brossard *et al.*, 2009), característica para cada línea genética junto con la edad y peso vivo a la primera cubrición y el peso a la madurez (peso medio de las cerdas de último ciclo).



## 6. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

---

Durante los últimos años se han obtenido resultados sobre la utilización de la energía y los aminoácidos de la cerda, los que hacen posible mejorar las estrategias de alimentación. La aproximación factorial permite al usuario determinar los requerimientos alimentarios de acuerdo con las condiciones de alojamiento, objetivos de producción y estado corporal de las cerdas, lo más común en los sistemas de producción de porcino actuales. Con un modelo de predicción, los efectos a medio y largo plazo de una estrategia de alimentación para un tipo de cerda dado en unas condiciones de alojamiento dadas se pueden evaluar. Este resulta en un enfoque dinámico de la nutrición y permite identificar los factores que limitan las dietas y/o los excesivos aportes de nutrientes. El desarrollo de una herramienta informática específica facilita ampliamente el uso de estos conceptos para el nutricionista y su aplicación en las empresas ganaderas.

El objetivo del proyecto ha sido modelizar nuevos programas nutricionales, en base a los datos nutricionales recabados, para así maximizar la expresión genética de las cerdas, durante la gestación y lactancia. Los objetivos marcados, por tanto, han sido los siguientes:

- 1. Investigar parámetros nutricionales.
- 2. Ensayos y modelizaciones nutricionales en cerdas reproductoras.
  - 2.1. Determinar un modelo matemático de alimentación.
  - 2.2. Determinar un programa de alimentación de cerdas nulíparas y su camada.
  - 2.3. Determinar un programa de alimentación de cerdas primíparas y su camada.
  - 2.4. Determinar un programa de alimentación de cerdas múltiparas y su camada.

## 7. MATERIAL Y MÉTODOS.

---

Para obtener los resultados propuestos en los objetivos, se utilizaron los siguientes Materiales y Métodos.

### 7.1 UBICACIÓN.

---

La modelización fue llevada a cabo en una granja del sureste de España, en el municipio de Fuente Álamo (Murcia) a 37° 42' 19.01'' N y 1° 18' 1.60'' W y una temperatura anual promedio de 19°. La granja tiene un censo de 2300 cerdas reproductoras TN70. La cerda TN70 es una hembra híbrida que combina la línea Z Large White y la línea L Norsvin Landrace. Se realizó entre junio de 2017 y diciembre de 2019.

### 7.2 ALOJAMIENTO DE LAS CERDAS.

---

Las cerdas fueron alojadas desde la cubrición hasta el día 28 de gestación en boxes individuales de 2,40 m de largo por 0,60 de ancho. Posteriormente, permanecían en grupos teniendo acceso libre a la jaula hasta el día 110, donde eran trasladadas a la maternidad. En el caso de las cerdas nulíparas, después de la fase de recría, con 100 Kg pasaban a parques de tierra. Posteriormente, con 140 Kg de peso vivo eran trasladadas a la nave de cubrición donde fueron sincronizadas con altrenogest, para más tarde ser inseminadas con un peso de aproximadamente 160 Kg. Uno de los lotes de cerdas nulíparas, 100 concretamente, fueron controladas desde el día del destete, al realizarse la reposición y aclimatación en la propia granja desde 6 Kg de peso vivo. En este caso, fueron alojadas en nidos de poliéster hasta los 25 Kg de peso vivo con una densidad de 0,25 m<sup>2</sup>/animal para después ser trasladadas a las naves de recría, disponiendo de 0,85 m<sup>2</sup>/animal. Posteriormente, como las anteriores, pasaron por parques de tierra antes de pasar a la nave de cubrición. La granja dispone de una nave específica para la inseminación de cerdas nulíparas, estando estas segregadas de las cerdas múltiparas durante la gestación.

### 7.3 MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN EN GESTACIÓN.

---

La alimentación durante toda la gestación se realiza mediante dosificadores que permiten la administración individual del pienso. Cada cerda va acompañada de una

ficha individualizada de consumo donde se anotan las incidencias de consumo. Las cerdas son revisadas a diario y el pienso se pesa semanalmente. Las cerdas nulíparas son alimentadas con un pienso de gestación específico, mientras que para las multíparas se emplean un pienso de gestación convencional. El pienso suministrado es el mismo a lo largo de toda la gestación, por lo que se solo emplea un pienso de gestación, en este caso uno para las nulíparas y otro para las multíparas. Las curvas de alimentación empleadas también son diferentes para cerdas nulíparas y multíparas. La composición de las dietas varió a lo largo del estudio (3 años de duración) debido a la disponibilidad de materias primas del momento, sin embargo, el contenido de nutrientes se mantuvo constante en todo momento. En la tabla 29 vemos las curvas de alimentación empleadas en la granja, donde a partir de los 30 días de gestación se empleaba una curva plana hasta el día 110 de gestación, tanto en nulíparas como en multíparas. En la tabla 30 se muestra la composición tipo de las dietas empleadas durante la modelización.

<i>DIAS</i>	<i>NULÍPARAS</i>	<i>MULTÍPARAS</i>
1 a 4	1,8-1,9	1,9-2
4 a 30	2,4-2,6	2,5-3,2
30 a 110	2,2	2,2

Tabla 29 Curvas de alimentación.

<i>INGREDIENTES %</i>	<i>GESTACIÓN NULÍPARAS</i>	<i>GESTACIÓN MULTÍPARAS</i>	<i>LACTACIÓN</i>
TRIGO	32	30	20
HARINILLA DE TRIGO	17,8	20	7,6
MAIZ	16,5	12,65	17,5
GIRASOL 28	15	12	5,5
CEBADA	0	10	20
GUISANTES	11,19	6,33	7
PULPA REMOLACHA	3,6	6	2,5
SOJA 46,5	0	0	13,12
GRASA 3/5	0,6	0	1,62
CARBONATO CÁLCICO	1,34	1,36	1,42
DEXTROSA	0	0	1
FOSFATO MONOCÁLCICO	0,53	0,43	0,72
SAL	0,4	0,4	0,33

LISINA LIQUIDA 50	0,47	0,39	0,55
CORRECTOR VITAMÍNICO-MINERAL	0,3	0,3	0,3
TREONINA	0,12	0,08	0,16
METIONINA LIQUIDA 88%	0	0	0,12
VALINA	0	0	0,11
BICARBONATO SÓDICO	0,04	0,03	0,4
<hr/>			
NUTRIENTES %			
PROTEINA BRUTA	14,6	13,6	16,5
GRASA BRUTA	2,88	2,3	3,62
FIBRA BRUTA	7,7	7,7	5,4
FND	19	20	15
FÓSFORO DIGESTIBLE	0,3	0,28	0,34
LISINA DIGESTIBLE	0,7	0,6	0,92
EN (MCAL/KG)	2,17	2,15	2,34

Tabla 30 Composición y nutrientes de las dietas utilizadas.

### 7.3 ALIMENTACIÓN EN LACTACIÓN.

Las cerdas son introducidas en la maternidad en torno al día 110 de gestación, donde se les suministra pienso de lactación. Este pienso de lactación se disminuye gradualmente los días previos al parto para evitar complicaciones al parto y disminuir los nacidos muertos. Después del parto, progresivamente se va aumentando la cantidad de pienso suministrada hasta llegar a 8-10 kg entre el día 7 y 10 de lactación.

El pienso suministrado se pesa manualmente a diario para conocer el consumo de pienso al final de la lactación.

### 7.4 ALIMENTACIÓN DE LA RECRÍA.

La reposición de la granja se realiza con cerditas de reposición de 6 Kg de peso vivo que son alojadas en casetas de poliéster hasta los 25 Kg de peso vivo, donde se realiza un manejo todo dentro todo fuera. En esta fase son alimentadas con pienso prestárter y estándar. Se registró el consumo en esta fase en uno de los lotes de recría, en los que se monitorizó el crecimiento. Posteriormente, son trasladados a naves de

recría, donde se les administra pienso de futuras reproductoras ad libitum hasta su salida a parques. En los parques de tierra siguen con pienso de futuras reproductoras hasta su traslado a las naves de cubrición. El programa de alimentación en esta fase es en base a 3 piensos. La composición de los piensos varió de igual manera a lo largo del estudio, no así los nutrientes. En la tabla 31 podemos ver un ejemplo de las dietas utilizadas con sus nutrientes, mientras que en la tabla 32 la composición y nutrientes de las dietas empleadas.

<i>Peso</i>	<i>Tipo de pienso</i>
20-30 kg	Precebo
30-60 kg	Recría 1
60-120 kg	Recría 2

Tabla 31 Programa de alimentación de la recría en 3 fases.

<i>INGREDIENTES %</i>	<i>PRECEBO</i>	<i>RECRÍA 1</i>	<i>RECRÍA 2</i>
MAIZ	40	38	27,6
TRIGO	11,3	20	30
SOJA 46,5	16,4	15,8	10,9
GUISANTES	10	15	5,1
CEBADA	7,3	5	5
PULPA REMOLACHA	4,7	2	7,3
GALLETAS	3,4	0	0
MANTECA	2,3	0	0
CARBONATO CÁLCICO	0,9	1	1,15
FOSFATO MONOCÁLCICO	0,7	0,75	0,82
GRASA 3/5	0	0,6	1,7
SAL	0,4	0,4	0,32
LISINA LÍQUIDA 50	0,7	0,38	0,45
GIRASOL 28	0,8	0,34	8,8
CORRECTOR VITAMÍNICO-MINERAL	0,3	0,3	0,3
METIONINA LIQUIDA 88%	0,21	0,13	0,05

TREONINA	0,21	0,11	0,08
BICARBONATO SÓDICO	0	0,05	0,16
TRIPTÓFANO	0,05	0,01	0,05
VALINA	0,02	0	0
<hr/>			
NUTRIENTES %			
PROTEINA BRUTA	16,6	16,7	15,3
GRASA BRUTA	4,8	2,7	3,7
FIBRA BRUTA	4,9	3,5	6
FND	11,5	11	15
FÓSFORO DIGESTIBLE	0,32	0,34	0,34
LISINA DIGESTIBLE	1,05	0,93	0,8
EN (MCAL/KG)	2,56	2,45	2,4

Tabla 32 Composición y nutrientes de las dietas de recría.

## 7.5 ESTATUS SANITARIO.

---

La granja se encuentra en una zona de elevada densidad porcina, siendo positiva a los principales patógenos del porcino: virus del síndrome reproductivo y respiratorio porcino (PRRS), *Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Mesomycoplasma hyopneumoniae*, y *Brachyspira hyodysenteriae*. La reposición se realiza con animales negativos a PRRS.

## 7.6 METODOLOGÍA.

---

### 7.6.1 Diseño experimental.

Durante la recogida de datos se tuvo en cuenta el máximo número de inputs (manejo y consumos de pienso y composición nutritiva, principalmente en lo relativo a la ingesta energética y proteica durante las fases de gestación y lactación), por un lado y, por otro lado, todos aquellos parámetros cuantificables que mejor representen la respuesta productiva del animal, tanto a nivel maternal como de su progenie: peso, estado corporal, número de lechones y su crecimiento, etc.

Se diseñó un calendario de control de peso individual de los animales al inicio de cada monitorización mediante báscula convencional; además, se controló

automáticamente el consumo de pienso individualizado de las cerdas de manera manual.

Para conocer la dinámica de la deposición de espesor graso y magro dorsal en cada control programado (cubrición, ante parto y destete), se realizó la medición individual del espesor graso dorsal P2 (a la altura de la última costilla, en ambos lados de la línea media), en mm, y la profundidad del lomo, en mm, de los animales, mediante equipo de ecografía por ultrasonidos Tecnoscan SF-1, de Importvet.; por otro lado, se cuantificó el crecimiento de las camadas a lo largo de la lactación. Los parámetros zootécnicos que se midieron que describen la dinámica metabólica de la cerda productiva, como aparece en la figura 29, con báscula convencional y equipo de ecografía por ultrasonidos TECNOSCAN SF-1 para la medición de los espesores de grasa dorsal y profundidad de lomo fueron los siguientes:

En la **cerda**:

- Fecha de nacimiento.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 a la cubrición.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 ante parto.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 al destete.

El peso postparto se calculó sustrayendo el peso de “conceptus”, estimado mediante las ecuaciones de Dourmad *et al.* (1999) a partir del peso de camada observado, al peso vivo ante parto.

El pienso consumido durante la gestación y la lactación se midió mediante la microbáscula de los dispensadores manuales.

Respecto a **los lechones**:

- Número de nacidos y peso al nacimiento.
- Número de lechones destetados y peso al destete.

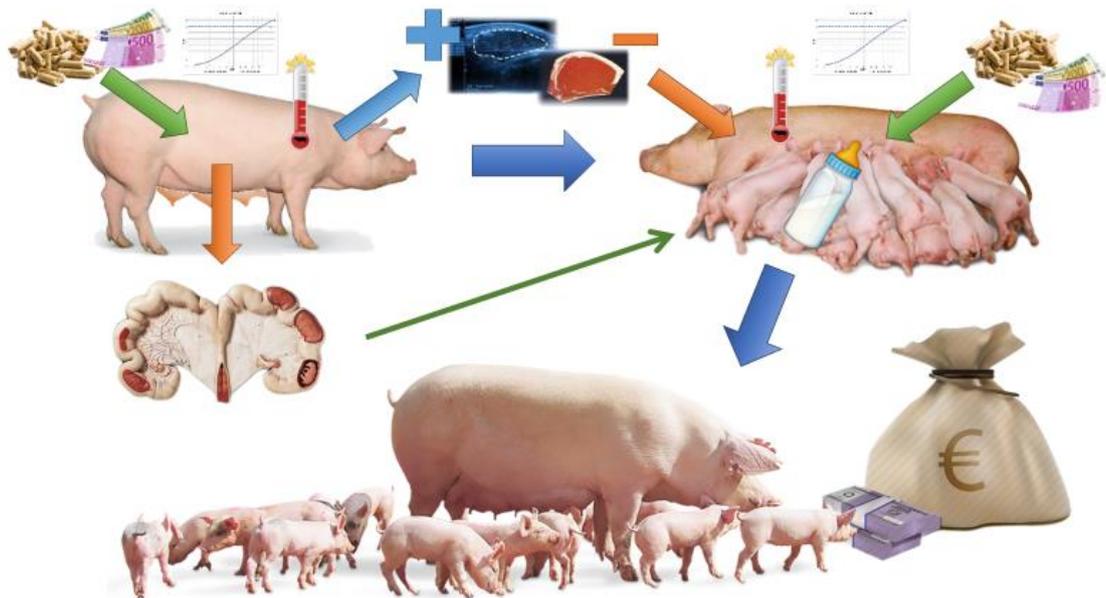


FIGURA 31 DINÁMICA METABÓLICA DE LA CERDA PRODUCTIVA.

Actividades		2017			2018			2019		
		Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
C U B R I C I O N E S	1	Recogida de datos nulíparas: peso vivo, CC,EGD Y PL.		Inicio:24 de junio		Fin:16 de enero				
	2	Recogida de datos múltiparas: peso vivo, CC,EGD Y PL.				Inicio:27 de marzo			Fin:10 de junio	
	3	Recogida de datos recria: peso vivo, CC,EGD Y PL.					Junio: medición destete Agosto: medición 80 días vida	Septiembre: medición 110 días vida Octubre: medición 145 días vida Diciembre: medición 190 días vida	Marzo-Abril: medición a la cubrición	
P A R T O S	4	Recogida de datos nulíparas: peso vivo, CC,EGD Y PL.			Inicio partos: 16 de octubre		Fin partos: 14 de mayo			
	5	Recogida de datos múltiparas: peso vivo, CC,EGD Y PL.					Inicio partos: 20 de julio			Fin partos: 4 de octubre
	6	Recogida de datos recria: peso vivo, CC,EGD Y PL.							Inicio partos: 27 de junio Fin partos: 6 de agosto	
	7	Recogida de datos de lechones: nacidos vivos,nacidos muertos, peso al nacimiento de la camada.								
D E S T E T E S	8	Recogida de datos nulíparas: peso vivo, CC,EGD Y PL.			Inicio destetes: 14 de noviembre		Fin destetes:5 de junio			
	9	Recogida de datos múltiparas: peso vivo, CC,EGD Y PL.					Inicio destetes: 10 de agosto			Fin destetes: 26 de octubre
	10	Recogida de datos recria: peso vivo, CC,EGD Y PL.							Inicio destetes: 19 de julio Fin destetes: 27	
	11	Recogida de datos de lechones: número de destetados y peso al destete de la camada.								

FIGURA 32 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EN CERDAS

Para las cerdas nulíparas se hizo también un calendario de control peso individual desde su destete hasta su primer ciclo productivo, para de esta manera estudiar el modelo de crecimiento de este genotipo de cerdas al completo y poder conectar la dinámica metabólica desde la recria del animal hasta su vida productiva. En base a los modelos de crecimiento y consumo de pienso, se realizaron las estimaciones de deposición proteica y grasa conforme al modelo de crecimiento-cebo adaptado del modelo francés INRAPORC descrito por Van Milgen *et al.* (2000, 2005 y 2008) y los requerimientos energéticos y proteicos establecidos por Noblet *et al.* (1987, 1994 y 1999) y se realiza la correspondiente propuesta nutricional para la fase de crecimiento.

La modelización propuesta (modelo de F. Gil) será capaz de calcular y estimar los cambios corporales que se puedan producir en un animal de crecimiento dependiendo de la edad y del ritmo de crecimiento, así como de la restricción alimentaria. Del mismo modo que en los casos precedentes, la predicción se contrasta con las determinaciones en campo del peso vivo, la grasa dorsal y la profundidad del lomo a nivel P2, tanto desde el punto de vista predictivo como prospectivo.

Los parámetros zootécnicos que se midieron que describen la dinámica metabólica de la cerda en crecimiento como aparece en la figura 30 con báscula convencional y equipo de ecografía por ultrasonidos TECNOSCAN SF-1 para la

medición de los espesores de grasa dorsal y profundidad de lomo fueron los siguientes:

## Dinámica metabólica del crecimiento

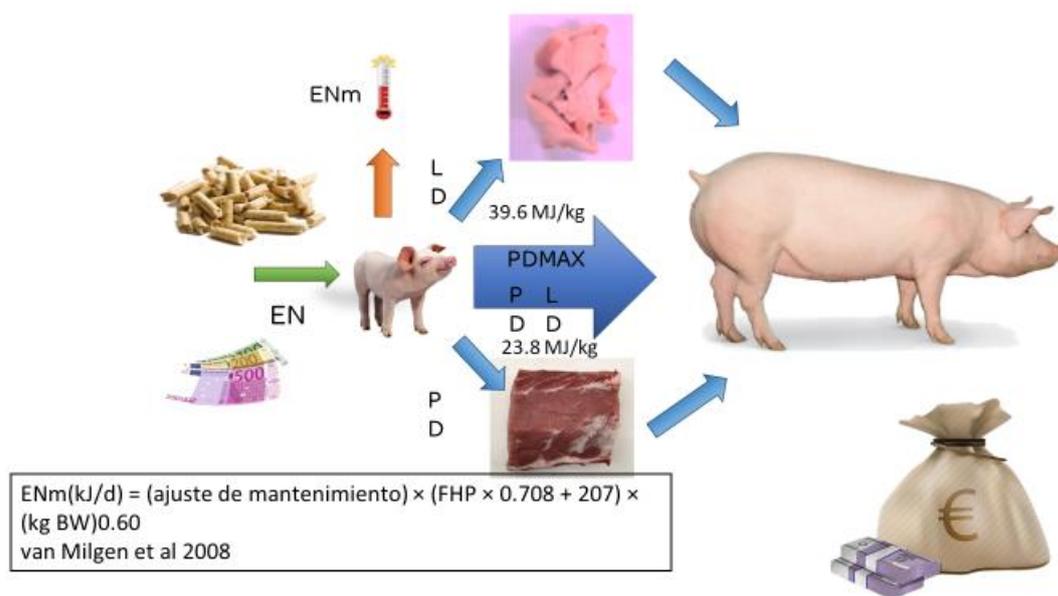


FIGURA 33 DINÁMICA METABÓLICA DE LA CERDA EN CRECIMIENTO.

Respecto a las cerdas de recría identificadas individualmente desde su nacimiento se medirá:

- Fecha de nacimiento.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 al destete.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 los 80 días de vida.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 los 110 días de vida.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 los 145 días de vida.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 los 190 días de vida.
- Fecha, peso vivo y grasa dorsal y profundidad de lomo P2 a la cubrición, parto y destete.
- El pienso consumido durante la fase de crecimiento se midió mediante la microbáscula de los dispensadores manuales.

Durante toda la modelización en granja Butrón, localizada en el término municipal de Los Cánovas (Murcia) y cuya distribución se presenta en la figura 31, se pesaron como se puede ver en la Tabla 33 un total de 525 cerdas a la cubrición, 430 al parto y 418 al destete. Se midieron mediante ecografías por ultrasonido el

espesor graso dorsal y la profundidad de lomo como se puede ver en la Tabla 34 un total de 525 cerdas a la cubrición, 430 al parto y 418 al destete. Además, como se puede ver en la Tabla 35 se registró el consumo medio diario (CMD) de pienso en gestación de 430 cerdas y en Lactación de 418, por último, como aparece en la Tabla 36 se pesaron 430 camadas al parto, 5867 lechones al nacimiento, 418 camadas al destete y 4898 lechones al destete.



FIGURA 34 GRANJA BUTRÓN.

Además, para describir la dinámica metabólica de la cerda durante su periodo de crecimiento se monitorizó una serie de pesajes y de mediciones mediante ecografías por ultrasonido del espesor graso dorsal y de la profundidad de lomo a lo largo de su fase de crecimiento de 74 cerdas como se puede ver en la Tabla 37, así como su control de consumo de pienso diario.

<i>Nº Ciclo</i>	<i>Nº Cerdas Peso Cubrición</i>	<i>Nº Cerdas Peso Parto</i>	<i>Nº Cerdas Peso Destete</i>
1	240	208	202
2	67	49	48
3	51	39	36
4	30	25	25
5	54	43	43
6	51	37	37
7	32	29	27
Total general	525	430	418

Tabla 33 Número de cerdas en control de Peso.

<i>Nº Ciclo</i>	<i>Nº Cerdas Ecografiadas Cubrición</i>	<i>Nº Cerdas Ecografiadas Parto</i>	<i>Nº Cerdas Ecografiadas Destete</i>
1	240	208	202
2	67	49	48
3	51	39	36
4	30	25	25
5	54	43	43
6	51	37	37
7	32	29	27
Total general	525	430	418

Tabla 34 Número de cerdas en control ecográfico.

<i>Nº Ciclo</i>	<i>Nº Cerdas Control de CMD Gestación</i>	<i>Nº Cerdas Control CMD Lactación</i>
1	208	202
2	49	48
3	39	36
4	25	25
5	43	43
6	37	37
7	29	27
Total general	430	418

Tabla 35 Número de cerdas en control de Consumo medio diario (CMD) de pienso.

Nº Ciclo	Nº de Camadas Pesadas al parto	Nº de Lechones Pesados al Nacimiento	Nº de Camadas Pesadas al destete	Nº de Lechones Pesados al Destete
1	208	2716	202	2388
2	49	701	48	557
3	39	558	36	425
4	25	387	25	293
5	43	590	43	500
6	37	531	37	420
7	29	384	27	315
Total general	430	5867	418	4898

Tabla 36 Número de Lechones en control de pesaje.

	CONTROL 1	CONTROL 2	CONTROL 3	CONTROL 4	CONTROL 5	CONTROL 6	CONTROL 7	CONTROL 8
PESO (kg)	100	100	100	91	92	77	69	65
EGD (mm)	100	100	100	91	92	77	69	65
PL (mm)	100	100	100	91	92	77	69	65
CMD (gr/d)	100	100	100	91	92	77	69	65

Tabla 37 Número de cerdas en etapa de crecimiento en control de rendimiento.

Teniendo en cuenta que la dinámica metabólica y fisiológica de la fase de gestación difiere enormemente de la de lactación, fue fundamental llevar a cabo el desarrollo de los modelos en dos sub-modelos, uno para cada fase:

#### 4. Modelo de gestación:

El modelo descrito por Dourmad *et al.* (1999, 2008) y, posteriormente adoptado y adaptado por el NRC 2012 (Models for Estimating Nutrient Requirements of Pigs Case studies), sirvió como base y punto de partida para el modelo de gestación.

Según estos modelos, la ingesta energética diaria es el input principal y puede ser variable en los diferentes períodos de la gestación, ya que los requerimientos de las cerdas aumentaban a lo largo de ésta, siendo especialmente importantes durante el último mes.

Ecuaciones del modelo de gestación.

REQUERIMIENTOS EM MANTENIMIENTO (KCAL/DÍA) = $100 \times (\text{TOTAL BW})^{0.75}$
Requerimientos de lisina digestible (g/día) = $\frac{[\text{Retención total de lisina total}] / 0.75}{1.589}$
Peso de conceptus (g) = $\exp(8.621 - 21.02 \times \exp(-0.053 \times t) + 0.114 \times \text{ls})$
Contenido energético de conceptus (kcal) = $\frac{\{\exp[11.72 - 8.62 \times \exp(-0.0138 \times t) + 0.0932 \times \text{ls}]\}}{4.184}$
Contenido proteico fetus (g) = $\exp[8.729 - 12.5435 \times \exp(-0.0145 \times t) + 0.0867 \times \text{ls}]$
Contenido proteico de placenta más fluidos (g) = $\frac{[(38.54) \times (t / 54.969)^{7.5036}]}{[1 + (t / 54.969)^{7.5036}]}$
Contenido proteico del útero (g) = $\exp[6.6361 - 2.4132 \times \exp(-0.0101 \times t)]$
Contenido proteico del tejido mamario (g) = $\exp\{8.4827 - 7.1786 \times \exp[-0.0153 \times (t - 29.18)]\}$
Contenido proteico del cuerpo materno tiempo dependiente (g) = $\frac{[(1522.48) \times (56 - t) / 36]^{2.2}}{\{1 + [(56 - t) / 36]^{2.2}\}}$
Retención proteica maternal dependiente de la ingesta energética (g/día) = $a \times (\text{ingesta de EM} - \text{requerimientos de EM de mantenimiento en día 1 de gestación, kcal/día}) \times \text{ajuste}$

Los requerimientos para mantenimiento se calculan en función del peso vivo corporal (peso metabólico), teniendo en cuenta la actividad física y la temperatura (Noblet et al, 1989, 1997) considerando el tipo de alojamiento: individual o en grupo o del tipo de suelo. Se asume que la temperatura crítica inferior es de 20°C y 16°C para cerdas alojadas individualmente y en grupo respectivamente. Los requerimientos de EM adicionales se incrementan en 4,30 y 2,39 kcal / día por cada grado centígrado por debajo de la temperatura crítica inferior por kg de peso vivo metabólico, para cerdas alojadas individualmente o en grupo respectivamente. La EM de mantenimiento se ha calculado para una actividad física de 231 minutos.

Si las cerdas pasan más de 4 horas por día de pie, entonces los requerimientos de EM para mantenimiento se incrementan en 0,0717 kcal/día por kg de peso vivo metabólico por cada minuto adicional que están de pie.

Los requerimientos de lisina y del resto de aminoácidos esenciales vienen determinados por:

1. Pérdidas basales endógenas del TGI relacionadas con el consumo de pienso.
2. Pérdidas tegumentarias, relacionadas con el peso metabólico.
3. Incremento de proteína en los 6 compartimentos.
4. Eficiencia de utilización de los aminoácidos digestibles de la dieta.

Representa con mayor precisión el impacto de la ingesta de pienso (densidad de energía), requerimientos de aminoácidos y equilibrio entre ellos.

El peso y el contenido energético de los conceptus se calculan como una función logarítmica del tiempo en días de gestación (t) y del tamaño

previsto de la camada (ls). El contenido en proteína de los fetos se obtiene de forma similar. El contenido proteico de placenta más fluidos se calcula en función del tiempo de gestación y del tamaño previsto de la camada. El contenido proteico del cuerpo materno dependiente del tiempo se predice utilizando la función cinética de Michaelis-Menton. La retención proteica en este compartimento ocurre durante la primera parte de la gestación. La retención proteica maternal dependiente de la ingesta energética está relacionada con la ingesta de energía metabólica por encima de los requerimientos de mantenimiento.

#### 5. Modelo de lactación

Igualmente, el modelo de lactación descrito por Dourmad *et al.* (2008) sirvió como punto de partida y contrastado frente al de Hansen *et al.* (2012a) desarrollado a partir de un amplio metaanálisis y mediante un enfoque bayesiano. La ingesta energética diaria se estima a partir de la paridad y de los días de lactación.

Por otro lado, el modelo de Hansen *et al.* (2012a) permite estimar el contenido en proteína, lactosa, grasa y, por tanto, su concentración en energía bruta o neta de manera más precisa.

En base a todo esto, en el estudio se ha trabajado en el desarrollo de un nuevo modelo nutricional que incorporase, en las predicciones realizadas, factores externos bien conocidos y que modulasen la respuesta productiva de las cerdas a lo largo de ambos periodos, tales como las condiciones de alojamiento, el tipo de suelo o la temperatura ambiental, entre otros. El modelo, desarrollado por F. Gil, es capaz de calcular y predecir los cambios corporales en las cerdas a fin de poder contrastarlos con las mediciones de campo de peso vivo, de grasa dorsal y profundidad de lomo a nivel P2, tanto desde el punto de vista predictivo como prospectivo.

A lo largo de este trabajo, el desarrollo del enfoque específico basado en la orientación hacia las necesidades individuales y no hacia las de un determinado conjunto porcino, así como el desarrollo de las herramientas matemáticas, se ha considerado prioritarios y fundamentales, tomados como la columna vertebral sobre la que se ha llevado a cabo la nueva modelización nutricional. Conviene indicar que dicha modelización está basada en dos enfoques, por un lado, de los datos de campo recogidos en condiciones estándar (sanitarias, ambientales, productivas, etc.) y por otro la reparametrización de los modelos específicos para la línea genética de cerda hiperprolífica TN70, a partir de los cuales se realiza la propuesta de requerimientos nutricionales y de manejo alimentario.

Ecuaciones del modelo de lactación.

$\text{REQUERIMIENTOS DE EM PARA MANTENIMIENTO (KCAL/DÍA)} = 100 \times (\text{BW, KG})^{0.75}$
---

$\text{Requerimientos de EM para producción de leche (kcal/día)} = (\text{contenido energético de la leche, kcal/día}) / 0.70$
--

$$\text{Requerimientos de lis dig para producción de leche (g/día)} = [(\text{producción diaria de N en leche} \times 6.38 \times 0.0701 - \text{movilización proteína cuerpo materno} \times 0.0674 / 0.868) / 0.75] \times 1.1197$$

### **7.6.2 Análisis estadístico.**

Los datos individuales de cada cerda fueron establecidos en una hoja de cálculo Excel. Se realizó análisis estadístico descriptivo y de varianza de los parámetros medidos por ciclo. El nivel de significancia fue establecido en 0,05. Los datos fueron analizados usando el software SPSS versión 15.0 (SPSS Inc. Estados Unidos).





## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

- Distribución de pesos.

Se realiza el análisis estadístico de los datos recogidos de las cerdas por ciclo y por estado productivo para analizar su distribución y descartar valores aberrantes del estudio para reducir al máximo el error del modelo desarrollado y maximizar la precisión de las estimaciones calculadas (tabla 38,39,40,41).

Significación lim.	5.00%						
Significación outliers	5.00%						
Punto de corte	0						

REDUCCIÓN DE DATOS CUBRICIÓN							
N	200	48	36	25	43	36	27
N outliers	181	44	33	24	38	33	24
$\bar{x}_j$	166.10	175.78	185.89	198.96	209.34	226.41	225.46
$s_j$	11.05	12.44	13.94	12.18	16.87	14.86	17.03
$s_j^2$	122.11	154.64	194.31	148.26	284.73	220.85	290.02
C.V.	6.7%	7.1%	7.5%	6.1%	8.1%	6.6%	7.6%
Error típico	0.82	1.87	2.43	2.49	2.74	2.59	3.48
<b>Confianza 95%</b>	1.62	3.78	4.94	5.14	5.55	5.27	7.19
Lim inf.	164.48	172.00	180.95	193.82	203.80	221.14	218.27
Lim. sup.	167.72	179.56	190.84	204.10	214.89	231.68	232.65
<b>Outliers</b>	23.09	26.62	27.01	23.81	36.51	28.44	34.40
Lim inf.	144.29	150.98	159.59	176.79	173.99	198.92	192.12
Lim. Sup.	190.47	204.21	213.60	224.41	247.01	255.80	260.92
<b>Anderson-Darling test</b>	8.91%	7.68%	58.39%	3.71%	11.23%	50.42%	6.09%
<b>Saphiro-Wilks test</b>	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 38 REDUCCIÓN DE DATOS A LA CUBRICIÓN.

Cuando realizamos la prueba de normalidad de los datos (test de Anderson-Darling), por ciclos, comprobamos si los datos muestrales presentan una distribución normal. Valores por debajo del 5% nos indican por tanto que los datos no siguen una distribución normal. Así, los pesos a la cubrición de los distintos ciclos presentan toda una distribución normal, salvo en el ciclo 4. En el caso de los pesos anteparto, posparto y destete, todos los ciclos presentan distribución normal excepto las cerdas de ciclo 1.

La evolución de pesos a lo largo de los distintos ciclos evoluciona de forma ascendente, siendo la variación de estos mayor a partir del ciclo 5 (figuras 35, 36, 37), mientras que los pesos al destete muestran una variación mayor en las cerdas de ciclo 3 (figura38).

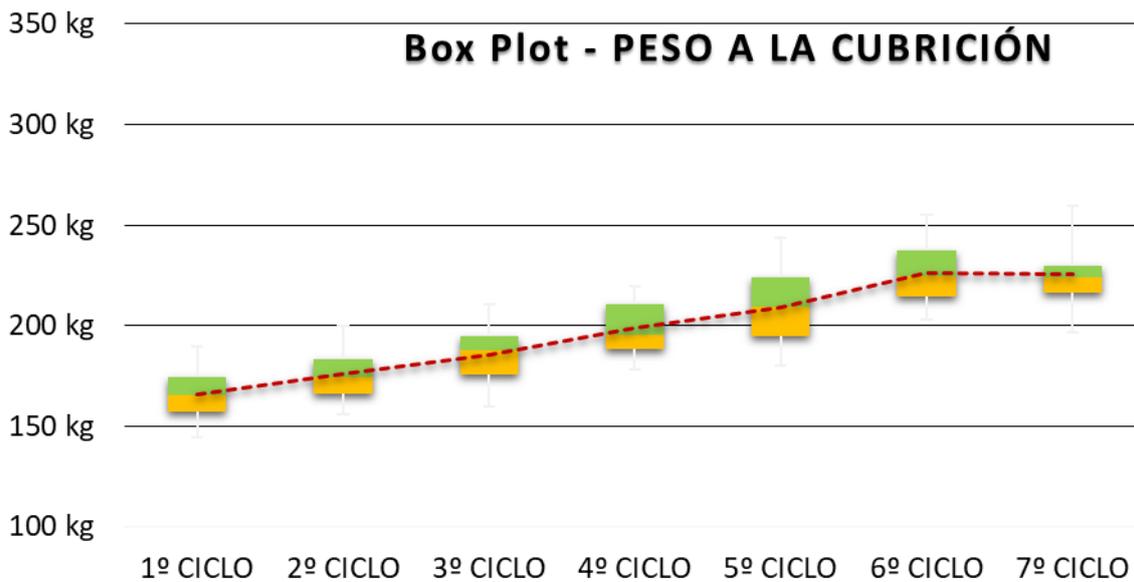


FIGURA 35 DISTRIBUCIÓN DE PESOS A LA CUBRICIÓN.

Significación lim.	5.00%						
Significación outliers	5.00%						
Punto de corte	0						

REDUCCIÓN DE DATOS ANTEPARTO							
N	200	48	36	25	43	36	27
N <sub>outliers</sub>	180	44	32	24	38	32	24
$\bar{x}_j$	230.51	233.16	238.03	245.73	254.39	264.91	252.69
$s_j$	14.45	12.66	13.12	14.72	20.70	15.99	17.36
$s_j^2$	208.85	160.24	172.19	216.80	428.69	255.75	301.50
C.V.	6.3%	5.4%	5.5%	6.0%	8.1%	6.0%	6.9%
Error típico	1.08	1.91	2.32	3.01	3.36	2.83	3.54
<b>Confianza 95%</b>	2.13	3.85	4.73	6.22	6.81	5.77	7.33
Lim inf.	228.38	229.31	233.30	239.51	247.59	259.14	245.36
Lim. sup.	232.63	237.01	242.76	251.95	261.20	270.67	260.02
<b>Outliers</b>	29.20	27.18	29.70	25.59	43.81	32.43	43.15
Lim inf.	200.41	206.22	210.80	221.31	212.17	232.31	206.19
Lim. Sup.	258.82	260.57	270.20	272.49	299.79	297.17	292.48
<b>Anderson-Darling test</b>	0.29%	50.16%	76.14%	16.22%	87.36%	78.41%	40.80%
<b>Saphiro-Wilks test</b>	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 39 REDUCCIÓN DE DATOS ANTEPARTO.

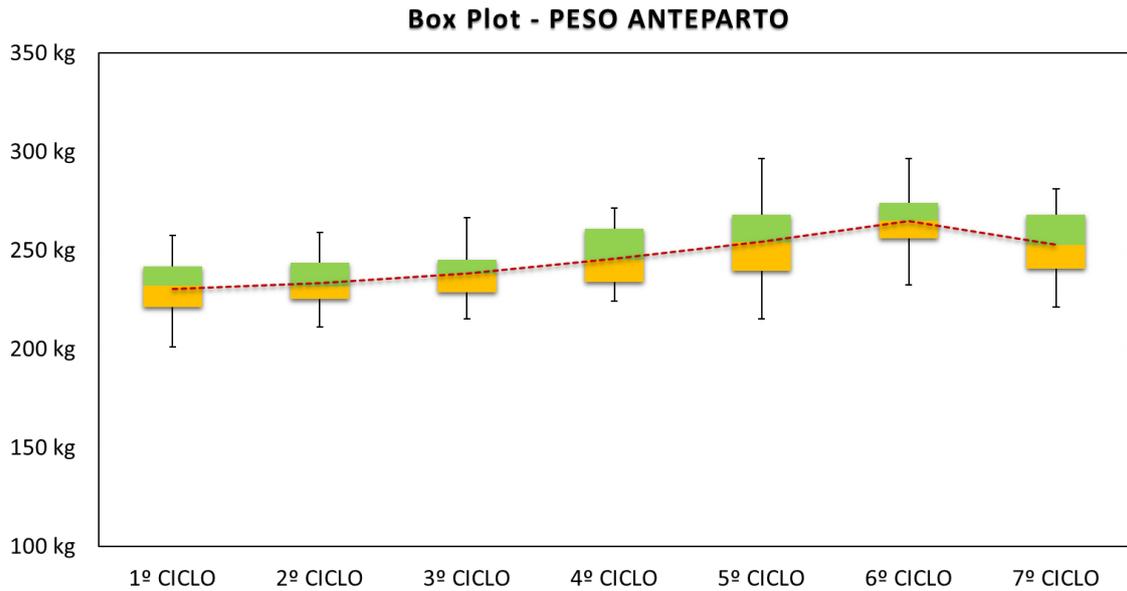


FIGURA 36 DISTRIBUCIÓN DE PESOS ANTEPARTO.

Significación lim.	5.00%							
Significación outliers	5.00%							
Punto de corte	0							

REDUCCIÓN DE DATOS POSTPARTO								
<i>N</i>	200	48	36	25	43	36	27	
<i>N<sub>outliers</sub></i>	184	42	32	23	39	32	24	
$\bar{x}_j$	206.04	204.74	212.02	214.90	229.11	241.14	228.36	
$s_j$	15.19	12.37	14.81	13.30	22.18	15.31	20.56	
$s_j^2$	230.78	153.00	219.41	176.79	491.77	234.35	422.70	
C.V.	7.4%	6.0%	7.0%	6.2%	9.7%	6.3%	9.0%	
Error típico	1.12	1.91	2.62	2.77	3.55	2.71	4.20	
<b>Confianza 95%</b>	2.21	3.85	5.34	5.75	7.19	5.52	8.68	
<i>Lim inf.</i>	203.83	200.89	206.68	209.15	221.92	235.62	219.68	
<i>Lim. sup.</i>	208.25	208.60	217.36	220.65	236.30	246.66	237.04	
<b>Outliers</b>	30.09	30.30	30.15	24.96	45.14	31.32	45.61	
<i>Lim inf.</i>	175.68	174.84	181.92	192.32	184.31	207.67	179.62	
<i>Lim. Sup.</i>	235.87	235.44	242.22	242.24	274.59	270.31	270.84	
<b>Anderson-Darling test</b>	1.08%	56.68%	54.68%	38.05%	50.35%	64.95%	39.18%	
<b>Saphiro-Wilks test</b>	-	-	-	-	-	-	-	

TABLA 40 REDUCCIÓN DE DATOS POSTPARTO.

## Box Plot - PESO POSTPARTO

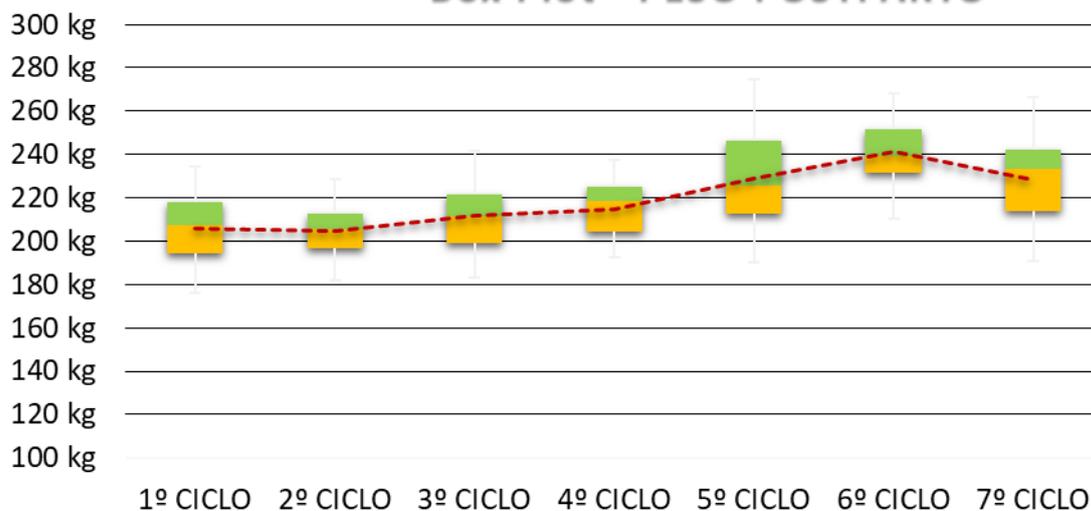


FIGURA 37 DISTRIBUCIÓN DE PESOS POSTPARTO

Significación lim.	5.00%
Significación outliers	5.00%
Punto de corte	0

### REDUCCIÓN DE DATOS DESTETE

	N	200	48	36	25	43	36	27
<i>N</i> <sub>outliers</sub>	180	41	32	23	38	32	23	
$\bar{x}_j$	182.15	180.94	193.95	203.96	225.54	229.36	211.83	
$s_j$	14.10	15.15	18.83	13.99	18.12	17.43	16.46	
$s_j^2$	198.92	229.65	354.72	195.68	328.45	303.92	271.08	
C.V.	7.7%	8.4%	9.7%	6.9%	8.0%	7.6%	7.8%	
Error típico	1.05	2.37	3.33	2.92	2.94	3.08	3.43	
<b>Confianza 95%</b>	2.07	4.78	6.79	6.05	5.96	6.29	7.12	
<i>Lim. inf.</i>	180.08	176.16	187.16	197.91	219.58	223.07	204.71	
<i>Lim. sup.</i>	184.23	185.72	200.74	210.01	231.50	235.64	218.95	
<b>Outliers</b>	28.17	37.10	37.72	29.95	38.77	34.77	35.59	
<i>Lim. inf.</i>	155.29	143.66	156.10	174.37	185.54	196.90	176.00	
<i>Lim. Sup.</i>	211.63	217.86	231.54	234.27	263.08	266.43	247.19	
<b>Anderson-Darling test</b>	0.48%	61.30%	12.09%	65.32%	53.15%	48.28%	66.45%	
<b>Saphiro-Wilks test</b>	-	-	-	-	-	-	-	

TABLA 41 REDUCCIÓN DE DATOS DESTETE.

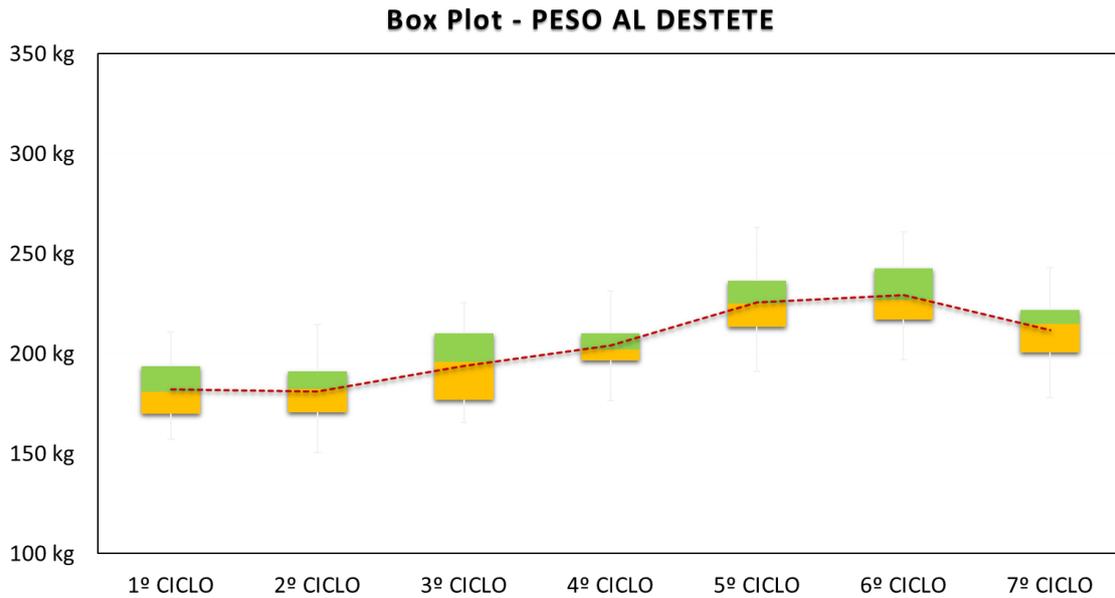


FIGURA 38 DISTRIBUCIÓN DE PESOS AL DESTETE.

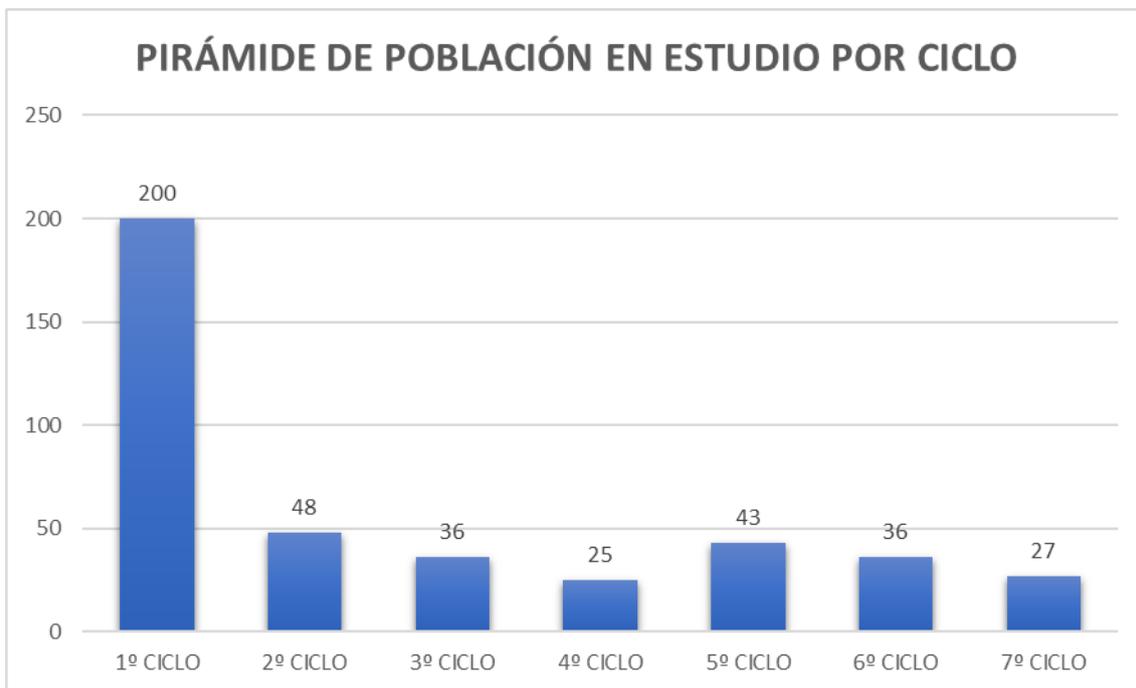


FIGURA 39 NÚMERO TOTAL DE CERDAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DE LA MODELIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA CERDA DURANTE LA GESTACIÓN Y LA LACTACIÓN DESPUÉS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS RECOGIDOS EN GRANJA.

De forma inicial a la modelización, conviene conocer cuál es la situación de partida de la explotación que nos permita diseñar las curvas de alimentación más adecuadas a partir del cálculo del consumo medio diario para cubrir las necesidades de las cerdas. Para ello, es necesario conocer previamente las características del pienso en cuanto a niveles energéticos y proteicos, estos últimos en forma de lisina digestible. Para el ajuste de los cálculos necesitamos recopilar los datos productivos de la explotación (lechones nacidos por parto, peso de los lechones al nacimiento, lechones destetados, peso de los lechones destetados), las condiciones de alojamiento de las cerdas, peso de la cerda y composición corporal en la cubrición, parto y destete, duración de la lactación etc. Todos estos datos recopilados aparecen en la tabla 42. Igualmente, es importante conocer la curva de crecimiento de la cerda durante su vida productiva, obtenida de los pesajes realizados en la explotación (figura 40) y la evolución de pesos a lo largo de la vida productiva (figura 41).

## 6. Datos observados. Inputs.

El peso vivo a lo largo de la vida productiva de la cerda va subiendo conforme van pasando de ciclo. La prolificidad observada aumenta en el segundo ciclo, no observando una caída en el segundo ciclo (síndrome del segundo parto), alcanzando su valor máximo en el ciclo 4, y a partir de aquí va disminuyendo en los ciclos posteriores. El peso del lechón al nacimiento observado se mantiene bastante constante entre ciclos, sin embargo. La ganancia de reservas es mayor en los primeros ciclos hasta el ciclo 3, ya que las cerdas siguen creciendo hasta este ciclo, siendo muy importantes los requerimientos para crecimiento materno en estos primeros ciclos.

<i>Parámetros observados en cerdas gestantes</i>	<i>nº parto</i>						
	1	2	3	4	5	6	7
Peso vivo (kg)	166,1	175,8	185,9	199,0	209,3	226,4	225,5
Prolificidad	13,1	14,3	14,1	15,5	13,7	14,4	13,3
Peso lechón (kg)	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,4	1,5
Ganancia de reservas (kg)	39,9	29,0	26,1	15,9	19,8	14,7	2,9

TABLA 42 PARÁMETROS OBSERVADOS EN CERDAS GESTANTES.

En cuanto a los parámetros observados en lactación, en el ciclo 1 se destetan la mayor cantidad de lechones comparado con el resto de los ciclos, ya que estas cerdas son cargadas con más lechones con el objetivo de asegurar un desarrollo mamario de todas las mamas disponibles. A partir del ciclo 5 comienza a disminuir, aunque en el ciclo 7 aumenta, siendo lo normal una menor cantidad de lechones nacidos y destetados a partir del ciclo 5. Los pesos de los lechones al destete son inferiores en los primeros ciclos, siendo mayor en los ciclos centrales, coincidiendo con los ciclos más productivos de la granja.

<i>Parámetros observados en cerdas lactantes</i>	<i>nº parto</i>						
	1	2	3	4	5	6	7
Peso vivo (kg)	230,5	233,2	238,0	245,7	254,4	264,9	252,7
Tamaño medio camada destete (kg)	11,8	11,6	11,8	11,7	11,6	11,4	11,7
Peso lechón parto (kg)	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,4	1,5
Peso lechón destete (26 d) kg	5,7	5,9	6,0	6,1	5,6	5,7	6,0

TABLA 43 PARÁMETROS OBSERVADOS EN CERDAS LACTANTES.

De igual manera, las pérdidas de peso durante la lactación fueron mayores en los dos primeros ciclos, debido fundamentalmente a la menor capacidad de ingesta de estas cerdas, que hace que no sean capaces de satisfacer los requerimientos necesarios y movilizan mayor cantidad de reservas.

	1	2	3	4	5	6	7
Cerdas	200	48	36	25	43	36	27
A la Cubrición	166,1	175,8	185,9	199,0	209,3	226,4	225,5
Conceptus	23,6	28,2	28,2	29,8	26,6	25,6	23,8
Anteparto	230,5	233,2	238,0	245,7	254,4	264,9	252,7
Postparto	206,0	204,7	212,0	214,9	229,1	241,1	228,4
Al destete	182,2	180,9	194,0	204,0	225,5	229,4	211,8
Ganancia neta	39,9	29,0	26,1	15,9	19,8	14,7	2,9
Pérdidas estimadas en lactación %	11,6	11,6	8,5	5,1	1,6	4,9	7,2

TABLA 44 EVOLUCIÓN DE PESOS OBSERVADOS.

En cuanto a la composición corporal, las cerdas de ciclo 1 son las que presentan una mejor condición corporal, no habiendo sufrido el desgaste de la lactación. Posteriormente, a partir de este ciclo se produce un empeoramiento progresivo del espesor de grasa dorsal en los siguientes ciclos.

	1	2	3	4	5	6	7
EGD cubrición (mm)	14,4	10,0	9,1	9,0	10,1	10,1	8,5
EGD parto (mm)	14,7	11,9	11,5	13,1	11,5	11,3	10,7
EGD destete (mm)	11,0	10,1	9,6	10,6	9,1	9,5	9,3

TABLA 45 EVOLUCIÓN DE ESPESOR DE GRASA DORSAL OBSERVADA.

Los consumos totales observados en gestación son muy similares a los predichos por el modelo. El modelo recomienda en general mayores cantidades de pienso en gestación, sobre todo en los ciclos 1,5,6 y 7. No obstante, en lactación, para conseguir un adecuado balance energético, el modelo predice mayores consumos en algunos ciclos, sobre todo en los ciclos 1,4,5,6 y 7.

<i>Ciclo</i>	1	2	3	4	5	6	7
Consumo medido en gestación, kg	256,07	283,98	283,99	290,39	276,89	281,21	291,14
Consumo estimado en gestación, kg	266,84	278,34	278,34	289,94	289,94	301,54	301,54
Consumo medido en lactación, kg	132,78	147,17	158,00	163,90	114,91	123,85	162,95
Consumo estimado en lactación, kg	146,40	142,51	155,19	179,00	186,51	170,87	135,77

TABLA 46 COMPARACIÓN DE LOS CONSUMOS OBSERVADOS Y ESTIMADOS POR EL MODELO.

Los costes de alimentación observados difieren de los predichos por el modelo, sobre todo en los mismos ciclos donde hay diferencias de consumos en lactación. La explicación a los consumos en lactación observados puede ser por el hecho de la administración manual del mismo. De ahí las diferencias en los costes de alimentación con las curvas de alimentación y niveles de nutrientes en pienso previstos.

<i>Ciclo</i>	1	2	3	4	5	6	7
Costo total en gestación, €	47,9	53,1	53,1	54,3	51,8	52,6	54,4
Costo estimado en gestación, €	48,7	50,8	50,8	52,9	52,9	55,0	55,0
Coste total en lactación, €	30,0	33,2	35,7	37,0	25,9	28,0	36,8
Coste estimado en lactación, €	35,5	34,5	37,6	43,4	45,2	41,4	32,9
Coste total en alimentación, €	77,9	86,3	88,8	91,3	77,7	80,6	91,2
Costo total estimado en alimentación, €	84,2	85,3	88,4	96,3	98,1	96,4	87,9

TABLA 47 COMPARACIÓN DE COSTES DE ALIMENTACIÓN OBSERVADOS Y ESTIMADOS POR EL MODELO.

<i>Ciclo</i>	1	2	3	4	5	6	7
Ganancia de la camada, kg	49,45	50,59	52,08	54,08	46,29	48,71	52,58
Ganancia de la camada estimada, kg	60,31	68,93	78,36	81,65	78,79	67,17	54,22

TABLA 48 COMPARACIÓN DE GANANCIA DE LA CAMADA OBSERVADA Y ESPERADA AL DESTETE.

De media, se estiman 19,38 kg de ganancia de camada mayores con el programa nutricional propuesto por el modelo.

Así, con los niveles nutricionales y curvas de alimentación propuestos por el modelo, se consigue un ahorro en el costo de alimentación por kg de ganancia que oscile entre 0,1 y 0,6 euros por ciclo, ya que se reduce considerablemente los kg de pienso necesarios por kg de camada. Supone una media de 0,36 euros por kg de ganancia y por ciclo. El ahorro de costes esperado por ciclo es por tanto de 6,91 euros, que en un año con 2,3 ciclos supone un ahorro de 15,90 € por cerda y año,

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Coste €/kg ganancia	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Coste €/kg ganancia estimado	1,4	1,2	1,1	1,2	1,2	1,4	1,6
kg pienso/kg ganancia camada	7,9	8,5	8,5	8,4	8,5	8,3	8,6
kg pienso/kg ganancia camada estimado	6,9	6,1	5,5	5,7	6,0	7,0	8,1

TABLA 49 COMPARACIÓN DE COSTES Y EFICIENCIA DE KG DE PIENSO CONSUMIDOS OBSERVADOS Y ESTIMADOS POR EL MODELO.

## 7. Curva de crecimiento.

En las siguientes figuras observamos la curva de crecimiento obtenidas mediante la aplicación de la ecuación de Gompertz, que nos permite la oportunidad para describir características importantes como la precocidad, la ganancia media diaria, el peso vivo adulto y el intervalo de tiempo entre el nacimiento y la madurez.

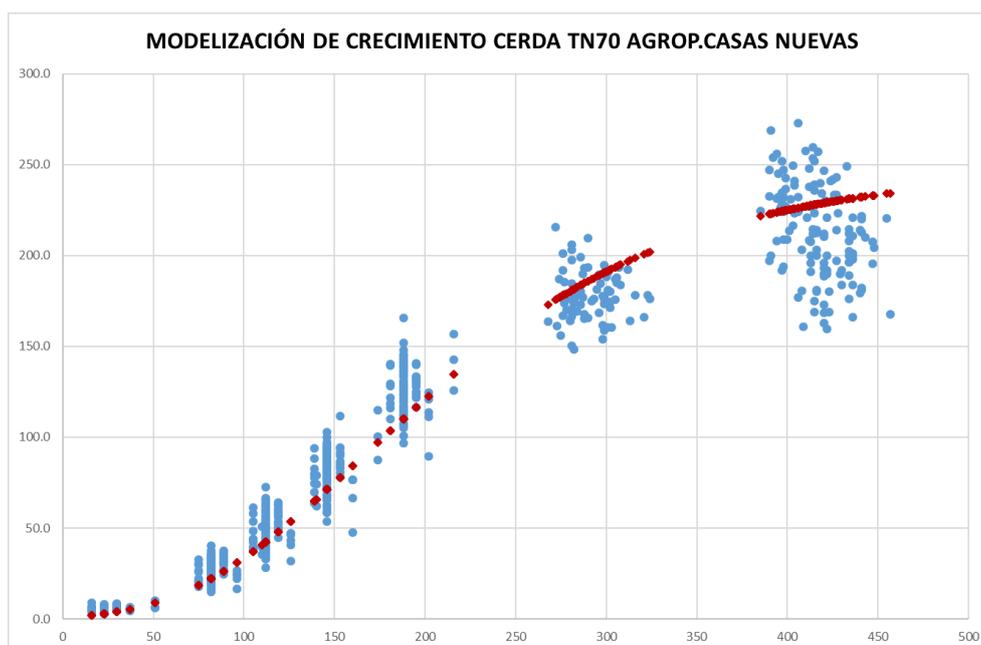


FIGURA 40 MODELIZACIÓN DE CRECIMIENTO.

En las figuras 41,42 y 43 observamos como el crecimiento no es un proceso lineal, sino que empieza con una fase de crecimiento lento, en las primeras fases de la vida de la cerda reproductora, pasa por una etapa de crecimiento donde se produce una fase de ganancia bastante marcada terminando en una etapa donde el crecimiento es mucho más marginal. La ecuación de Gompertz nos permite un mejor ajuste a los datos de crecimiento de la cerda, de esta manera podemos obtener la proyección de la ganancia media diaria.

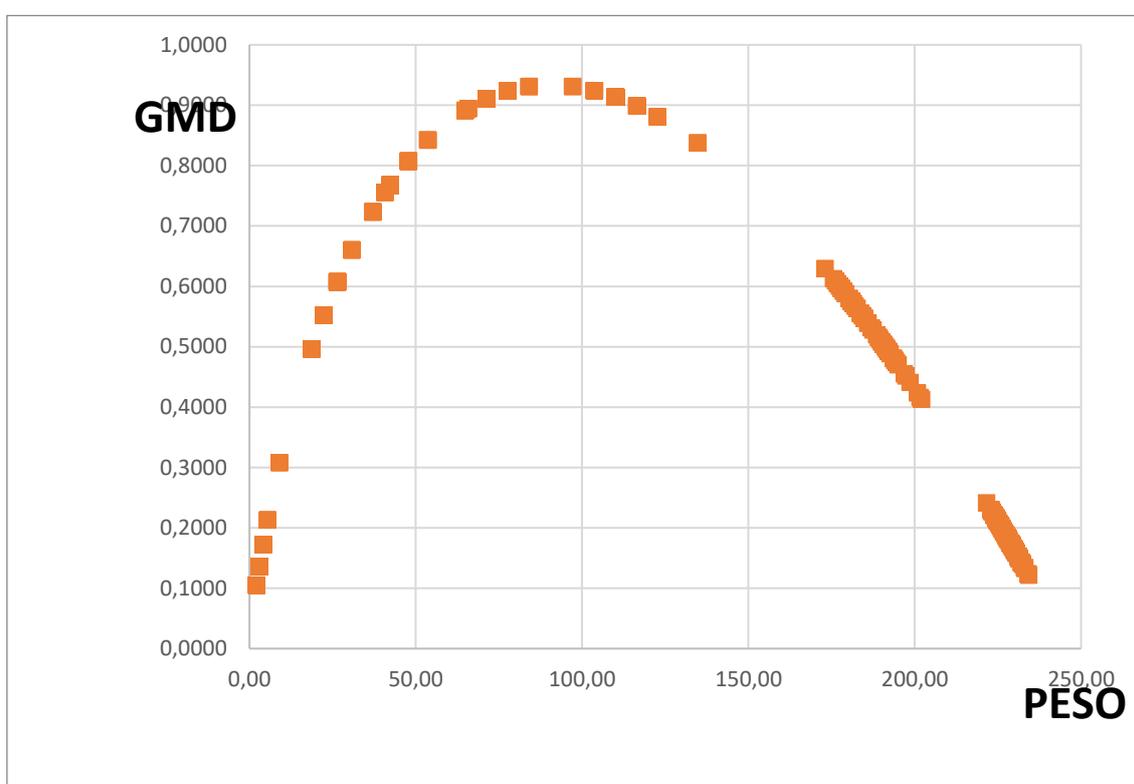


FIGURA 41 CURVA DE PESO ESTIMADO EN BASE A LA GANANCIA MEDIA DIARIA OBSERVADA



La variable X hace referencia al peso calculado del modelo matemático mientras que la variable GMD hace referencia a la ganancia media diaria de peso.

<b>Crotal</b>	<b>EDAD</b>	<b>PESO</b>	<b>PESO ESTIMADO</b>	<b>GMD</b>
9101	23	6,5	3,00	0,1364
9101	82	31,8	22,35	0,5526
9101	112	58,7	42,31	0,7679
9101	146	91,6	71,21	0,9106
9101	188	134,5	110,13	0,9137
9101	298	161,8	190,13	0,5080
9102	23	5	3,00	0,1364
9102	82	22,8	22,35	0,5526
9102	112	47,4	42,31	0,7679
9102	146	78,2	71,21	0,9106
9102	188	113	110,13	0,9137
9102	280	164,4	180,34	0,5800
9102	397	192	224,42	0,2163
9102	420	163	228,90	0,1741
9103	23	5,5	3,00	0,1364
9103	82	33,4	22,35	0,5526
9103	112	66,6	42,31	0,7679
9103	146	95,3	71,21	0,9106
9103	188	140,4	110,13	0,9137
9103	274	186,9	176,79	0,6049
9103	390	232,5	222,86	0,2309
9103	408	203	226,68	0,1951

TABLA 50 MODELIZACIÓN DE CRECIMIENTO. DATOS DE 3 CERDAS (DE UN TOTAL DE 100 CERDAS).

La siguiente tabla nos muestra los parámetros de la ecuación de Gompertz obtenida de la base de datos elaborada con los pesos obtenidos de las cerdas de recría en distintas edades (total de 689 mediciones). Estos coeficientes se obtienen gracias al modelo elaborado por Francisco Gil Rueda con la ayuda de softwares matemáticos para la elaboración de una ecuación no lineal.

PARÁMETROS PESO VIVO	
a	246.4381
k	0.01030
xc	167.0000
y0	0.0000
Suma dif <sup>2</sup> = 229690.39831	
R <sup>2</sup> =	0.95263

TABLA 51 PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN DE GOMPERTZ.

Una vez obtenidos los coeficientes, empezamos a tener información útil que nos ayuda a tomar decisiones mediante el cálculo de las siguientes variables relacionadas con las fases productivas.

Parámetros del modelo de crecimiento	
PV a la madurez, Kg	242,32
Precocidad	0,01
Edad máxima ganancia, días	183,96
Peso máxima ganancia, kg	89,14

TABLA 52 PARÁMETROS DEL MODELO DE CRECIMIENTO.

El peso vivo a la madurez nos indica el peso en kg en el que se alcanza la madurez de crecimiento y el animal deja de ganar peso.

La edad de máxima ganancia (PI) hace referencia a la edad en que la cerda deja de ganar peso de manera exponencial, mientras que el peso de máxima ganancia (peso a PI) nos describe el peso donde la cerda deja de ganar peso de manera exponencial y cambia su metabolismo a ganar peso de manera marginal.

Las aplicaciones que nos permite la ecuación de Gompertz incluye la implementación de un programa de nutrición de precisión ya que nos ayuda a establecer el momento exacto del crecimiento donde debemos cambiar la dieta.

Sobre la base de estos inputs, los modelos generaron todas aquellas estimaciones diarias de deposición de proteína corporal y depósito graso y los pertinentes cambios de peso vivo, incluyendo el crecimiento embrionario de los lechones y el desarrollo de todos aquellos tejidos anejos (útero y mamas) durante la fase de gestación y la producción y calidad de leche producida. Dado que la dinámica metabólica y fisiológica de la fase de gestación difiere enormemente de la de lactación, el desarrollo de los modelos se llevará a cabo en dos submodelos, uno para cada fase: gestación y lactación.

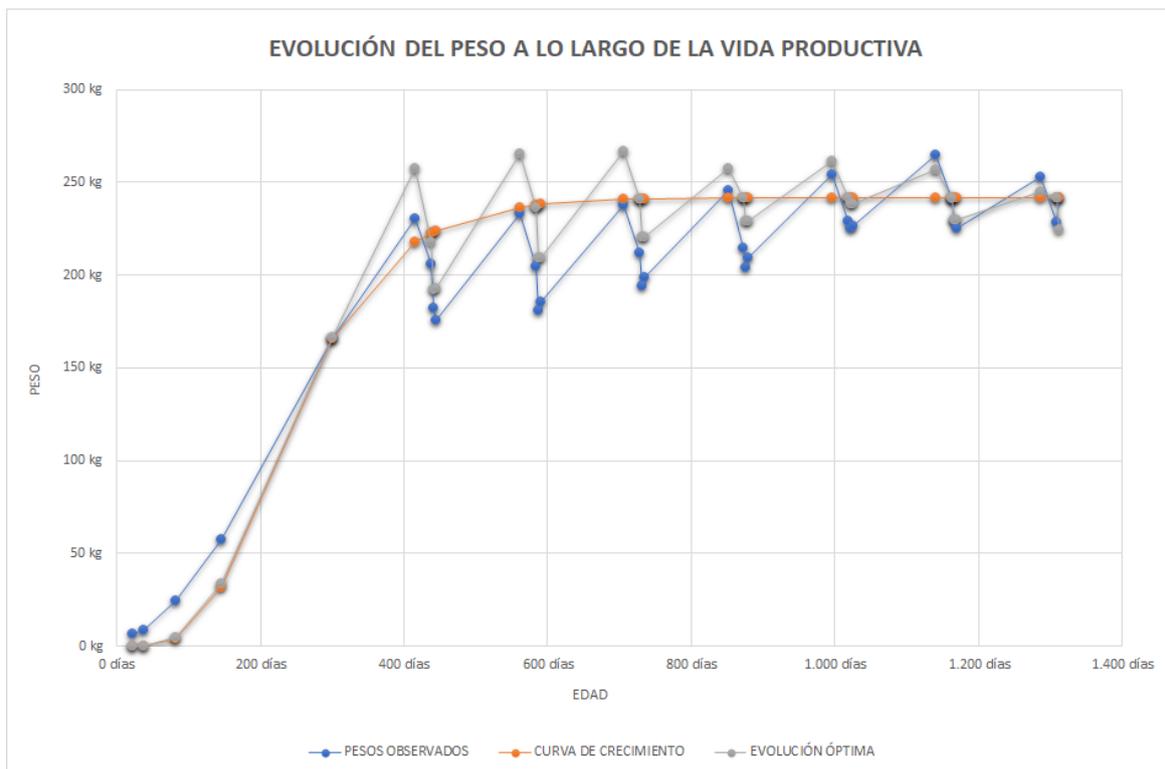


FIGURA 42 EVOLUCIÓN DEL PESO A LO LARGO DE LA VIDA PRODUCTIVA Y EVOLUCIÓN ÓPTIMA.

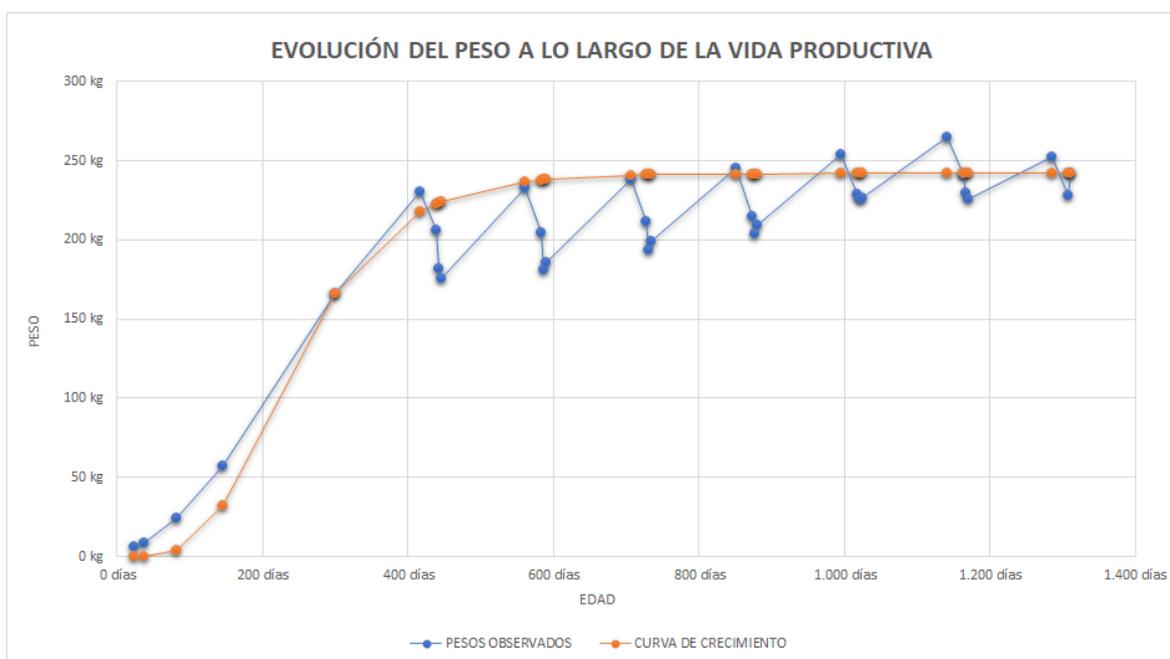


FIGURA 43 EVOLUCIÓN DEL PESO A LO LARGO DE LA VIDA PRODUCTIVA.

## 8.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA MODELIZACIÓN.

En cuanto a los requerimientos energéticos en gestación, el mantenimiento representa la fracción más importante de las necesidades con independencia del ciclo, siendo superior en cerdas adultas que en jóvenes (80%). La segunda fracción más importante es la destinada a crecimiento y reposición del cuerpo materno y por último el útero grávido, la cual se retiene al final de la gestación y apenas supone el 5%. La fracción destinada a crecimiento y reposición materno es más importante en cerdas jóvenes (8%) que en adultas (<5%) disminuyendo esta fracción progresivamente (tabla)

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
EM en conceptus, kcal	37,117	41,528	44,519	44,735	44,856	43,292	38,849
EM en prot. mat. kcal	59,223	45,438	35,414	33,180	28,032	24,730	23,394
EM de mantenimiento kcal	648,532	723,327	758,553	769,973	781,981	785,631	784,103

TABLA 53 REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS EN GESTACIÓN.

Por otro lado, los requerimientos totales varían entre 6,4MCal EM/día para las cerdas primíparas y 7,3 MCal EM/día para las cerdas multíparas. El balance energético es positivo en primerizas, mientras que es negativo en cerdas de 2º a 5º ciclo, ya que se movilizarán reservas energéticas durante el final de la gestación (tabla 54), ya que hasta un tercio del peso de la camada al nacimiento se deposita durante los últimos 10 días de gestación, por lo que muchas cerdas entran en balance negativo de energía y nutrientes (Noblet et. al, 1985). Por tanto, las necesidades totales de energía se incrementan conforme avanza la gestación debido al crecimiento fetal exponencial.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Requerimientos totales de EM, kcal	744,872	810,293	838,486	847,888	854,869	853,653	846,345
Consumo de EM,kcal	767,174	800,237	800,237	833,587	833,587	866,938	866,938
Balance energético, kcal	22,302	-10,056	-38,249	-14,300	-21,282	13,285	20,593

TABLA 54 BALANCE ENERGÉTICO EN GESTACIÓN.

Los requerimientos diarios de lisina digestible en gestación varían desde los 7,16 gr/día en cerdas de 7º ciclo hasta 10,82 gr/día en cerdas primíparas (tabla). Estos requerimientos se incrementan en la última fase de gestación como consecuencia del mayor crecimiento fetal. En cerdas primíparas, a partir del día 85 se incrementan desde los 13,8 gr/día hasta los 28,6 gr/ día el día 114 de gestación. Sin embargo, en cerdas de 6º ciclo estos requerimientos ascienden desde el día 85 de gestación desde 7,6 gr/día hasta los 22,3 gr/día al final de la gestación. Por tanto, bastarían con 11 gramos de lisina digestible diarios para cubrir las necesidades medias en gestación, aunque es evidente que al final de la gestación habría que tener un mayor aporte de lisina digestible para evitar incurrir en deficiencias, sobre todo en primerizas.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Requerimiento diario de LIS dig	10,82	9,64	8,70	8,52	7,95	7,56	7,16
Consumo de LIS dig gestación	10,82	11,29	11,29	11,76	11,76	12,23	12,23

TABLA 55 REQUERIMIENTOS DE LISINA DIGESTIBLE EN GESTACIÓN Y CONSUMOS DE LISINA SEGÚN CURVAS ESTABLECIDAS POR EL MODELO.

Por tanto, las recomendaciones diarias de energía y lisina digestible para una cerda primeriza, con un peso vivo a la cubrición de 160 kg y con una ganancia de peso neto

de 44 kg durante la gestación sería un consumo de energía diaria de 6613Kcal/día de EM/día y 10,82 gr de lisina digestible diaria.

Para una cerda de 4º parto, con un peso vivo a la cubrición de 216 kg y una ganancia de peso de 24,6 kg, estas recomendaciones se basarían en 7186 kcal EM/día y 8.52 gr de lisina digestible diaria.

Durante la lactación, el mayor determinante de los requerimientos energéticos lo constituye la producción de leche, constituyendo aproximadamente el 75% de los requerimientos totales. Estos requerimientos van en aumento cada ciclo alcanzando su pico máximo en el ciclo 4, coincidiendo con la mayor producción láctea, reduciendo progresivamente en los siguientes ciclos al igual que lo hace la producción láctea (tabla 56). La curva de lactación se caracteriza por una fase de ascenso hasta los primeros 7 a 10 días, seguida de una fase de estabilización para posteriormente descender al final de la tercera semana de lactación (Hansel *et. al*, 2012). Los requerimientos energéticos para mantenimiento son menos importantes durante la lactación, máximo un tercio, cuantitativamente variará poco a lo largo de la lactación (relacionada directamente con el peso vivo metabólico).

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
EM en leche, kcal	436,124	472,660	535,044	545,903	536,465	471,989	437,329
EM por pérdida de magro, kcal	47,026	47,026	47,026	47,026	47,026	47,026	47,026
EM de mantenimiento, kcal	155,078	167,736	172,067	175,385	176,792	177,421	175,408

TABLA 56 REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS PREDICHOS POR EL MODELO EN LACTACIÓN.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Producción de leche, kg	263,7	287,7	325,3	332,1	326,2	286,5	264,7

TABLA 57 PRODUCCIÓN LÁCTEA PREDICHA POR EL MODELO.

Los requerimientos energéticos durante la lactación son extraordinariamente elevados, variando estos entre 22 Mcal de EM/día para cerdas de primer ciclo hasta 27 Mcal de EM/día en cerdas de 5º ciclo. Estos requerimientos están muy por debajo del consumo voluntario, por lo que la movilización de reservas corporales es inevitable. El consumo de pienso voluntario es suficiente para alcanzar entre el 70-80% de los requerimientos energéticos durante la lactación, con una cobertura más baja en cerdas de 2º, 3º y 7º ciclo (68%). La EM procedente de la pérdida de magro contribuye a reducir el déficit energético. Esto resulta en cerdas con un balance

energético negativo durante la lactación y demuestra la incapacidad biológica de las cerdas para consumir la suficiente cantidad de pienso para alcanzar los requerimientos energéticos (tabla 58). La excesiva pérdida de energía es importante, según Thaker y Bikery (2005), pérdidas superiores al 10% del peso vivo puede aumentar el intervalo destete cubrición y reducir el tamaño de la camada siguiente.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Requerimientos totales de EM,kcal	591,202	640,396	707,111	721,288	713,257	649,410	612,736
Consumo de EM,kcal	453,817	441,769	481,065	554,889	578,165	529,702	420,880
Balance energético, kcal	-137,385	-198,627	-226,046	-166,399	-135,092	-119,708	-191,856
Balance corporal, kcal	-110,540	-159,815	-181,876	-133,884	-108,694	-96,317	-154,367

TABLA 58 REQUERIMIENTOS Y BALANCE ENERGÉTICO EN LACTACIÓN.

Los requerimientos de lisina digestible en la lactación, al igual que en la gestación, son máximos para cerdas de primer ciclo y disminuyen a partir de cerdas de ciclo quinto. Los requerimientos que predice el modelo para cerdas de primer ciclo serían de 59,80 gramos de lisina digestible, por lo que aportando 60 gramos de lisina digestible diarias cubriríamos las necesidades medias en lactación (tabla).

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Requerimiento diario de lis dig	59,80	49,99	56,57	58,09	57,32	50,71	46,69
Consumo de lis dig lactación	59,80	58,22	63,39	73,12	76,19	69,80	55,46

TABLA 59 REQUERIMIENTOS DIARIOS Y CONSUMOS DE LISINA DIGESTIBLE SEGÚN EL MODELO.

Finalmente, para cubrir adecuadamente los requerimientos nutricionales en todos los ciclos, junto con las curvas de alimentación propuestas por el modelo, se obtienen los siguientes niveles nutricionales para los piensos de gestación y lactación.

% Lis Dig pienso gest	0,47%
% Lis Dig pienso lact	1,07%
EM gestación	<b>2.875 kcal/kg</b>
EM lactación	<b>3.100 kcal/kg</b>

TABLA 60 REQUERIMIENTOS DE EM Y LISINA DIGESTIBLE EN PIENSOS DE GESTACIÓN Y LACTACIÓN.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Requerimiento % LIS dig	0,47%	0,40%	0,36%	0,34%	0,32%	0,29%	0,28%
Requerimiento % MET dig	0,13%	0,11%	0,10%	0,10%	0,09%	0,08%	0,08%
Requerimiento % M+C dig	0,33%	0,28%	0,25%	0,24%	0,22%	0,20%	0,19%
Requerimiento % TREO dig	0,36%	0,31%	0,28%	0,26%	0,24%	0,22%	0,21%
Requerimiento % TRIP dig	0,09%	0,08%	0,07%	0,07%	0,06%	0,06%	0,06%
Requerimiento % VAL dig	0,35%	0,30%	0,27%	0,26%	0,24%	0,22%	0,21%

TABLA 61 REQUERIMIENTO DE AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES (%) EN EL PIENSO DE GESTACIÓN.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7
Requerimiento % LIS dig	1,07%	0,92%	0,95%	0,85%	0,80%	0,77%	0,90%
Requerimiento % MET dig	0,32%	0,27%	0,29%	0,25%	0,24%	0,23%	0,27%
Requerimiento % M+C dig	0,64%	0,55%	0,57%	0,51%	0,48%	0,46%	0,54%

Requerimiento % TREO dig	0,70%	0,60%	0,63%	0,56%	0,53%	0,51%	0,59%
Requerimiento % TRIP dig	0,20%	0,17%	0,18%	0,16%	0,15%	0,15%	0,17%
Requerimiento % VAL dig	0,91%	0,78%	0,81%	0,72%	0,68%	0,66%	0,76%

TABLA 62 REQUERIMIENTO DE AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES (%) EN EL PIENSO DE LACTACIÓN.

REQUERIMIENTOS DE LISINA A LO LARGO DE LA GESTACIÓN - CICLO 1

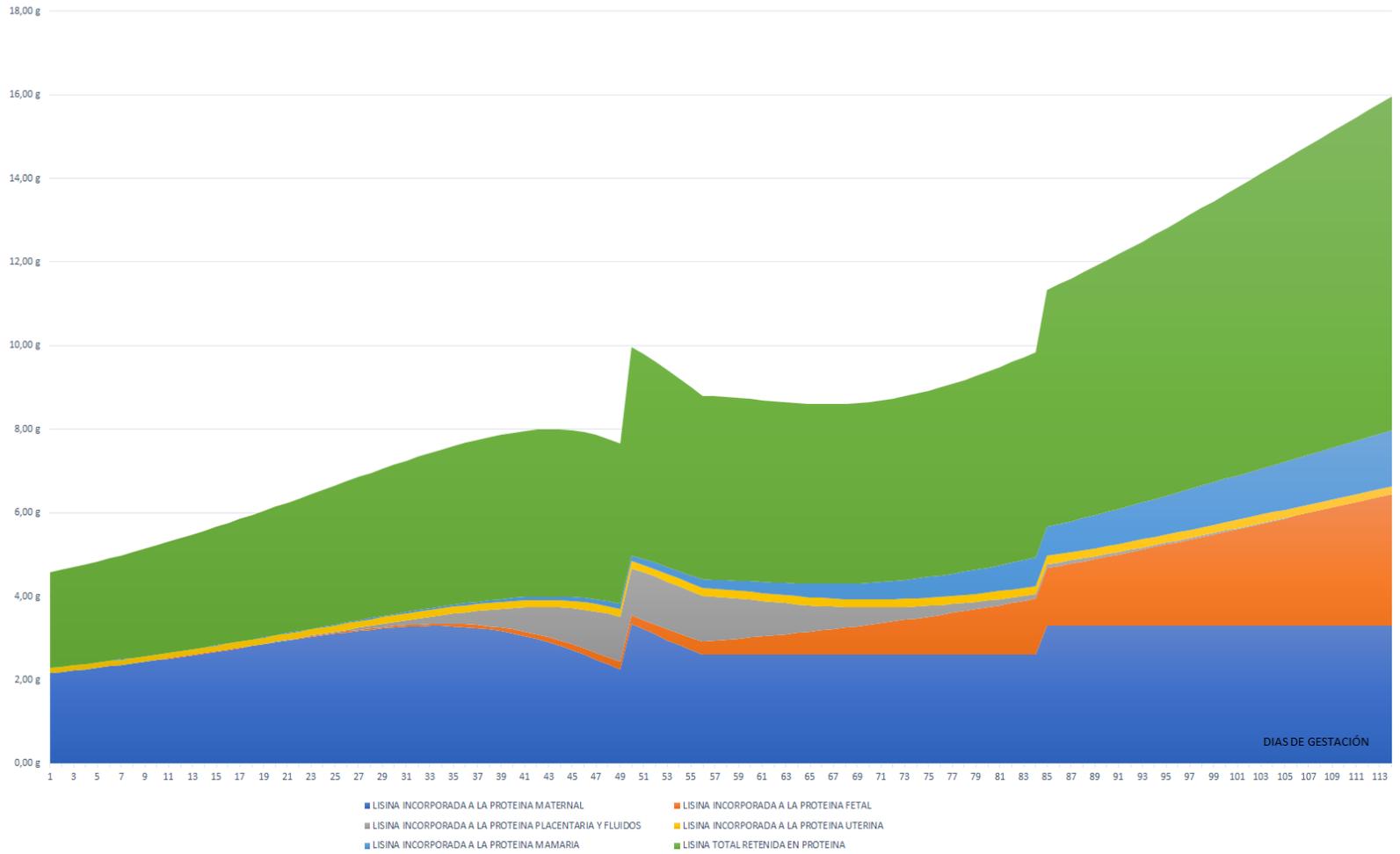


FIGURA 44 REQUERIMIENTOS DE LISINA EN GESTACIÓN. CICLO 1

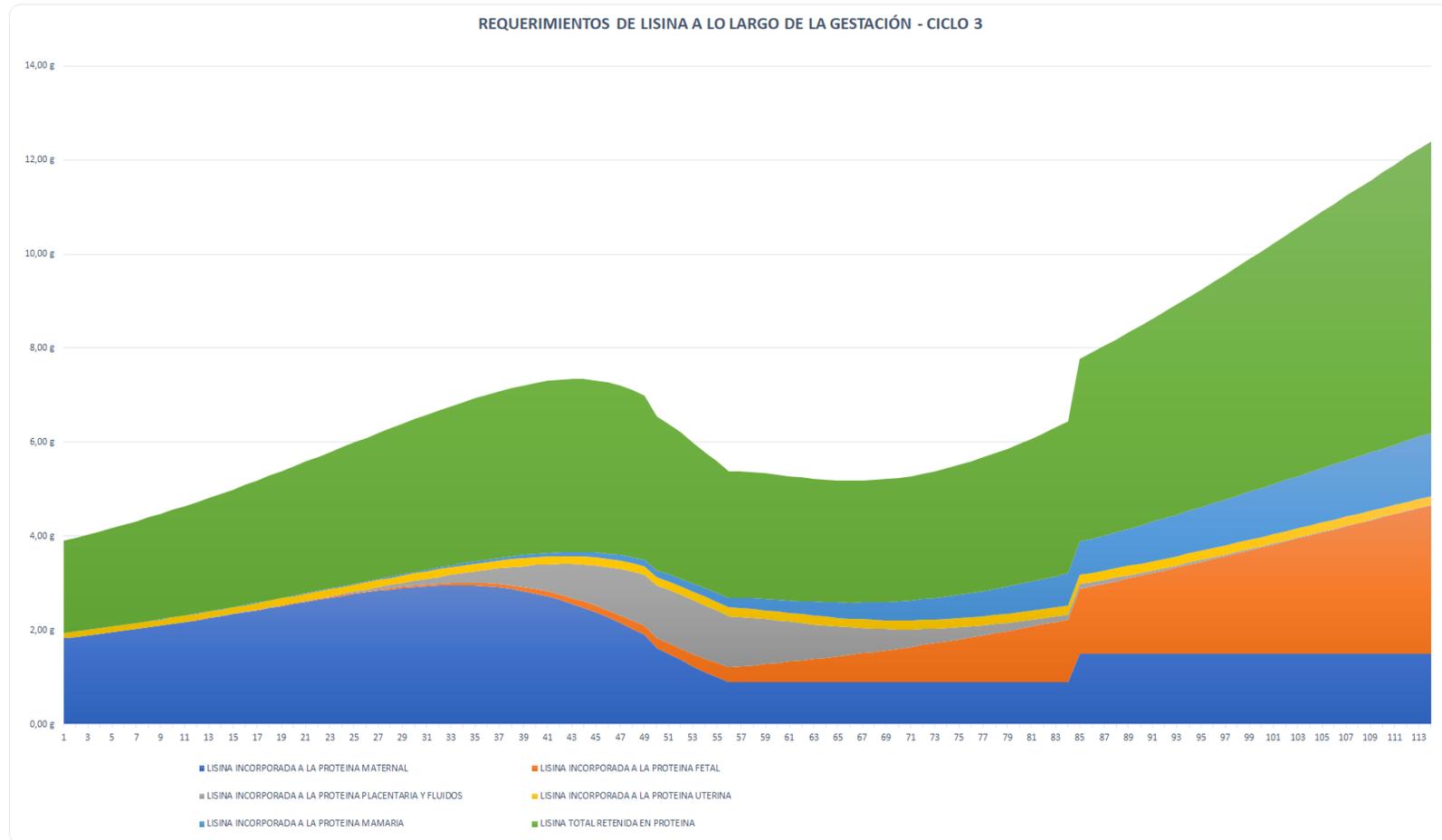


FIGURA 45 REQUERIMIENTOS DE LISINA EN GESTACIÓN. CICLO 3.

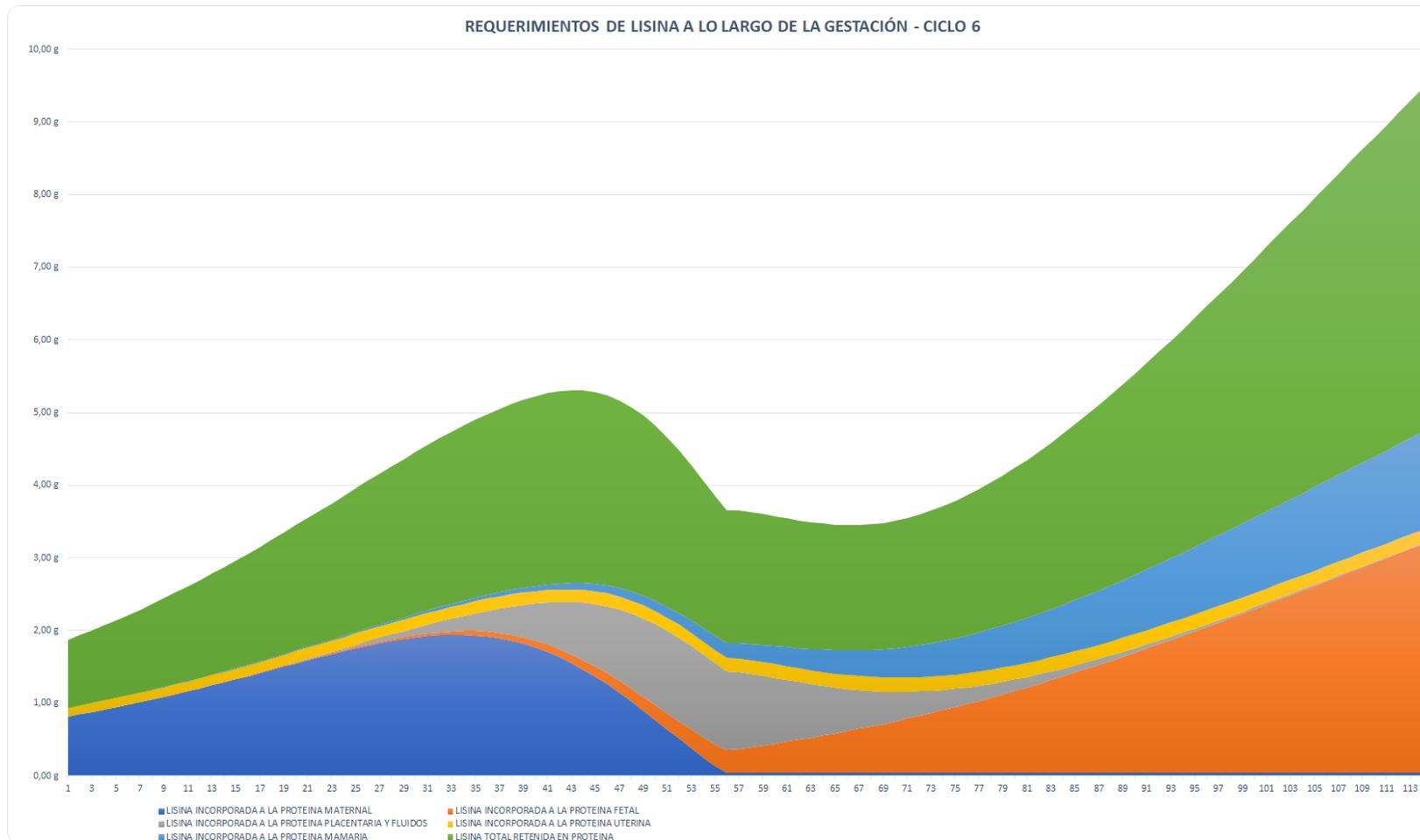


FIGURA 46 REQUERIMIENTOS DE LISINA EN GESTACIÓN. CICLO 6.



## 8.2 CURVAS DE ALIMENTACIÓN.

---

Las curvas de alimentación tienen que adaptarse para garantizar que las cerdas recuperen la pérdida de condición corporal durante la lactación previa y además alcancen la condición ideal antes de iniciar la siguiente lactación. Durante la primera fase de la gestación, el principal objetivo es asegurar la máxima supervivencia embrionaria y conseguir un gran tamaño de camada al parto. Consecuentemente, es en el primer mes de gestación donde se establece el tamaño de la camada y donde debería producirse la recuperación de las reservas corporales, y donde el nivel de alimentación debería ajustarse para conseguir un objetivo de condición corporal 3 en cada cerda (Pere *et al.*, 1997; Town *et al.*, 2004, Moehn *et al.*, 2013). En la fase final de la gestación, se produce un rápido desarrollo fetal y mamario, ya que las demandas de proteína y aminoácidos para crecimiento fetal y desarrollo mamario se incrementa de forma exponencial en esta fase (McPherson *et al.*, 2004; Ji *et al.*, 2006). Si dividimos el nivel de energía de la dieta por los requerimientos nutricionales diarios de la cerda durante las tres fases de gestación, elaboramos un programa adecuado de alimentación.

La cerda es capaz de movilizar las reservas energéticas de nutrientes para sustentar el desarrollo embrionario y fetal, en relación con otras especies animales (Wu *et al.*, 2006). Además del aporte de energía, una subalimentación proteica durante la gestación conduce a menores pesos al nacimiento. La sobrealimentación tiene también consecuencias negativas, solamente justificado a partir de los 90 días de gestación, sobre todo en cerdas nulíparas, por cubrir las necesidades en energía y proteína que no se cubrirían con una curva de alimentación plana en gestación. Además, la subalimentación en esta fase puede acentuar la diabetes gestacional, debido que en esta fase la cerda desarrolla un progresivo descenso de la resistencia a la insulina, que podría ser acentuado en la lactación, donde la glucosa se necesita para la síntesis de la lactosa para la producción de leche (Père y Etienne, 2007). Así, se observa un incremento en la concentración de glucosa durante los últimos días de la gestación mientras que la insulina no aumenta en la misma proporción, lo cual está correlacionado negativamente con la ingesta de pienso durante la lactación, así como con el balance energético (Mosnier *et al.*, 2010).

Las cerdas gestantes multíparas deberían alimentarse en función de la pérdida de condición corporal durante la lactación previa, de modo que la mayor parte de las cerdas presenten la condición deseada antes de moverlas a la sala de partos. Dicho de otro modo, esto significa que habrá que incrementar el aporte de alimento para aquellas cerdas más delgadas y restringirlo para aquellas con exceso de condición corporal. La cerda TN70 pierde un promedio del 9% de su peso corporal y alrededor de 2-4 mm de grasa dorsal durante la lactación. Estas pérdidas promedio ya se han tenido en consideración en las curvas de alimentación normales (Tabla 6). En el supuesto de que la pérdida de peso de la cerda durante la lactación sea mayor o menor, la curva de alimentación debería adaptarse para cerdas delgadas o gordas. En torno al día 85 de gestación, todas las cerdas deberían haber recuperado su condición corporal más adecuada, así como su peso y grasa dorsal.

De este modo, el mayor aporte alimenticio a partir de este periodo puede emplearse para favorecer el crecimiento de los lechones en el útero.

Se han obtenido por tanto dos curvas de alimentación diferenciadas para cerdas primerizas y multíparas (tabla 43).

En el caso de las multíparas, se procura recuperar las reservas corporales durante los primeros 45 días de gestación, reducimos sustancialmente el nivel de ingestión entre los 45 y 85 días de gestación, para volver a aumentar estas últimas semanas que coinciden con el mayor crecimiento fetal. **Bikker** *et al.* (2007), señala que una curva plana de alimentación sin tener en cuenta la evolución temporal de las recomendaciones puede ocasionar episodios de resistencia a la insulina durante la última fase de gestación.

La curva de alimentación de las cerdas primerizas mimetiza la evolución de las recomendaciones nutritivas a lo largo de la gestación, aumentando progresivamente entre los tres periodos en los que dividimos la gestación. Tradicionalmente ha existido la idea de que un nivel alto de alimentación después de la cubrición, sobre todo en primerizas, conducen a una disminución de la concentración de progesterona necesaria durante la implantación. Van Wettere y Hughes (2007), señalan que un consumo bajo de pienso hasta el día 3 postcubrición, resulta en un incremento de la secreción de progesterona que permite un ambiente uterino más favorable. Durante el segundo tercio de gestación, aumentamos el suministro de pienso para cubrir la ganancia de peso consecuencia del crecimiento esperado, y ya en las últimas semanas subimos nuevamente para aportar la energía y nutrientes necesarios que permitan un adecuado crecimiento de los fetos.

En este sentido, Moehn *et al.* (2013), recomienda suplementar con 600 gr/día a las cerdas nulíparas a partir de los 85 días de gestación, con 500 gr/ día a las cerdas primíparas y con 400 gr/ día a las multíparas.

Para el ajuste de las curvas de alimentación son importantes las necesidades de lisina para evitar incurrir en periodos de déficit proteico en las diferentes fases de gestación. Esta única dieta de gestación nos permite cubrir las necesidades más altas de energía y aminoácidos en la gestación tardía, mientras que en la gestación temprana y media hasta el día 85 podemos suministrar cantidades más pequeñas.

La curva de alimentación en lactación es una curva conservadora durante los primeros días de lactación, para progresivamente ir incrementando la ingesta total y conseguir niveles de alimentación máximos a partir del día 10.

Los patrones de alimentación muy restrictivos durante la lactación temprana para evitar problemas de congestión de ubres, diarreas en lechones y rechazo de pienso, pueden reducir la ingesta total de pienso durante la lactación (Vignola,2009).

El objetivo de la lactación es maximizar la producción de leche sin que se produzcan pérdidas sustanciales de condición corporal que puedan comprometer la productividad de ciclos posteriores. Al igual que en la gestación, las curvas de alimentación en lactación propuestas deben garantizar que no se incurran en periodos críticos de ingestión energético o proteico que puedan limitar una productividad adecuada. Las necesidades en lactación se realizan considerando una movilización de tejidos grasos y magro óptima y teniendo en cuenta la productividad de la explotación. En la elaboración de las curvas, se han diseñado dos

tipos de curvas, una para las cerdas de 1 a 4 partos y otra para cerdas de más de 5 partos. En ambas, se va aumentando paulatinamente el suministro de pienso entre el primer día y el décimo día hasta llegar a valores máximos de 7,7 kg/día y 8,2 kg día en primíparas y multíparas respectivamente para lactaciones de 27 días (tabla 44).

## Curvas de alimentación - gestación

GESTACION					
NULÍPARAS	DÍA CAMBIO	1	45	85	TOTAL
1	Muy delgada	2.5 kg	2.9 kg	3.2 kg	325 kg
2	Delgada	2.2 kg	2.6 kg	2.9 kg	290 kg
3	Normal	2.0 kg	2.4 kg	2.7 kg	267 kg
4	Gorda	1.8 kg	2.2 kg	2.5 kg	244 kg
5	Muy Gorda	1.7 kg	2.1 kg	2.4 kg	232 kg



GESTACION					
MULTÍPARAS	DÍA CAMBIO	1	45	85	TOTAL
1	Muy delgada	3.1 kg	3.1 kg	3.3 kg	363 kg
2	Delgada	2.8 kg	2.6 kg	2.9 kg	317 kg
3	Normal	2.6 kg	2.3 kg	2.7 kg	290 kg
4	Gorda	2.4 kg	2.0 kg	2.5 kg	263 kg
5	Muy Gorda	2.3 kg	1.8 kg	2.3 kg	244 kg



FIGURA 47 CURVAS DE ALIMENTACIÓN EN GESTACIÓN.

**CURVAS DE LACTACIÓN**

	PARTO 1-4	PARTO 5-7
1. día	1.0 kg	1.5 kg
2. día	1.6 kg	2.2 kg
3. día	2.3 kg	2.9 kg
4. día	3.1 kg	3.7 kg
5. día	3.8 kg	4.4 kg
6. día	4.5 kg	5.1 kg
7. día	5.0 kg	5.7 kg
8. día	5.6 kg	6.2 kg
9. día	6.0 kg	6.6 kg
10. día	6.3 kg	6.9 kg
11. día	6.6 kg	7.2 kg
12. día	6.8 kg	7.4 kg
13. día	7.0 kg	7.6 kg
14. día	7.2 kg	7.7 kg
15. día	7.3 kg	7.8 kg
16. día	7.4 kg	7.9 kg
17. día	7.4 kg	8.0 kg
18. día	7.5 kg	8.0 kg
19. día	7.5 kg	8.1 kg
20. día	7.6 kg	8.1 kg
21. día	7.6 kg	8.1 kg
22. día	7.6 kg	8.1 kg
23. día	7.6 kg	8.1 kg
24. día	7.6 kg	8.1 kg
25. día	7.6 kg	8.2 kg
26. día	7.7 kg	8.2 kg
27. día	7.7 kg	8.2 kg
	165.0 kg	180.0 kg

**CURVAS DE LACTACIÓN**

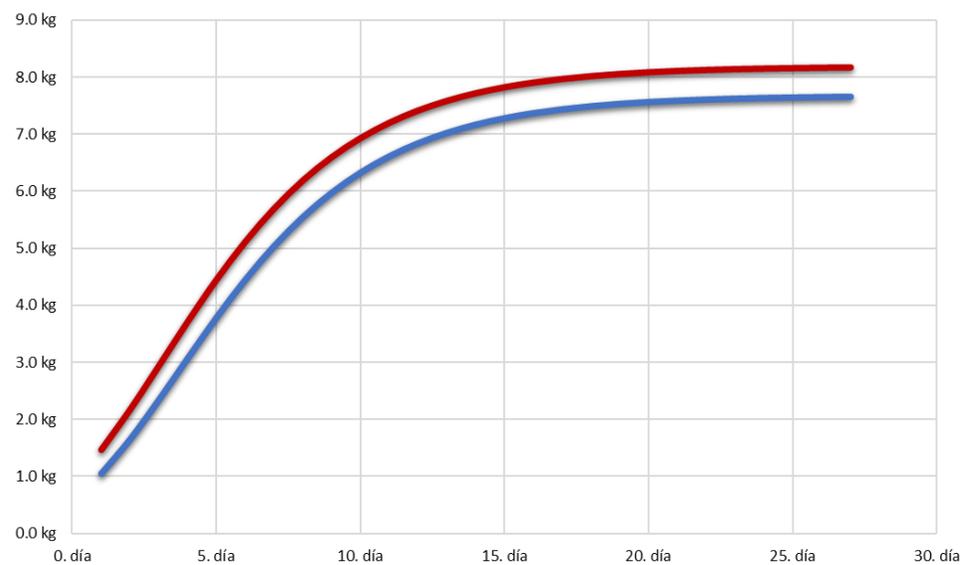


FIGURE 48 CURVAS DE ALIMENTACIÓN EN LACTACIÓN

Figura 48 Curvas de alimentación en lactación.

8. Anexo.

El análisis estadístico descriptivo de los parámetros medidos para el ajuste del modelo se expone en las siguientes tablas.

PESO VIVO A LA CUBRICIÓN	Nº DE GESTACIÓN						
	1	2	3	4	5	6	7
Media	167,38	177,59	186,60	200,60	210,50	227,36	226,52
Mediana	166,25	176,50	188,00	195,50	210,00	226,25	224,00
Varianza	197,09	261,88	269,57	209,46	492,76	298,92	437,30
Desviación estándar	14,04	16,18	16,42	14,47	22,20	17,29	20,91
Mínimo	138,10	144,00	149,50	178,50	160,00	193,00	180,50
Máximo	209,50	224,00	218,50	240,00	262,00	263,50	263,00
Asimetría	0,45	0,68	-0,16	0,82	0,28	0,16	0,13
Curtosis	0,06	0,47	-0,31	0,54	-0,06	-0,67	-0,17

TABLA 63 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PESO VIVO A LA CUBRICIÓN.

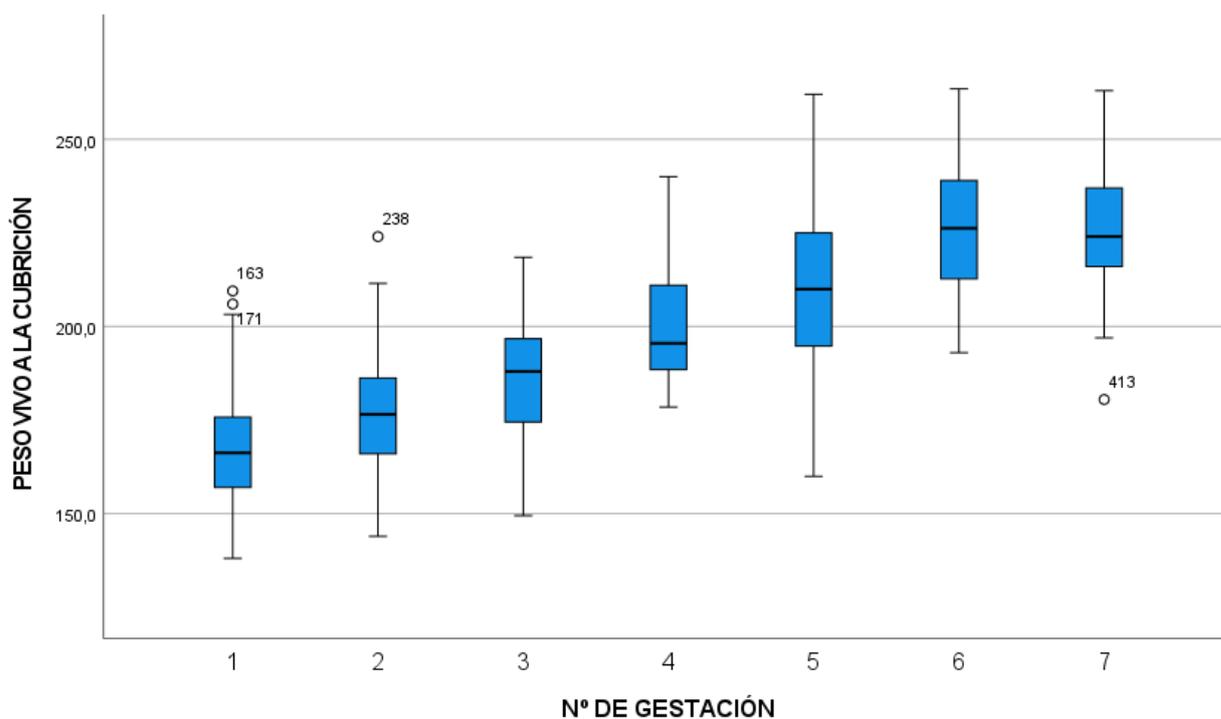


FIGURA 49 PESO VIVO A LA CUBRICIÓN.

PESO VIVO ANTEPARTO	Nº DE GESTACIÓN						
	1	2	3	4	5	6	7
Media	229,61	233,40	240,50	246,90	255,98	264,74	249,33
Mediana	231,50	231,75	239	245,50	254	265	251,50
Varianza	315,21	272,99	326,07	242,04	709,37	388,72	688,12
Desviación estándar	17,75	16,52	18,06	15,56	26,63	19,72	26,23
Mínimo	192	193	204	224	205	224	173
Máximo	286,60	280,50	284,50	275	315	301	296,50
Asimetría	-0,02	0,30	0,53	0,27	0,26	-0,10	-1,00
Curtosis	-0,27	0,78	0,41	-1,11	-0,24	-0,32	1,72

TABLA 64 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PESO VIVO ANTEPARTO.

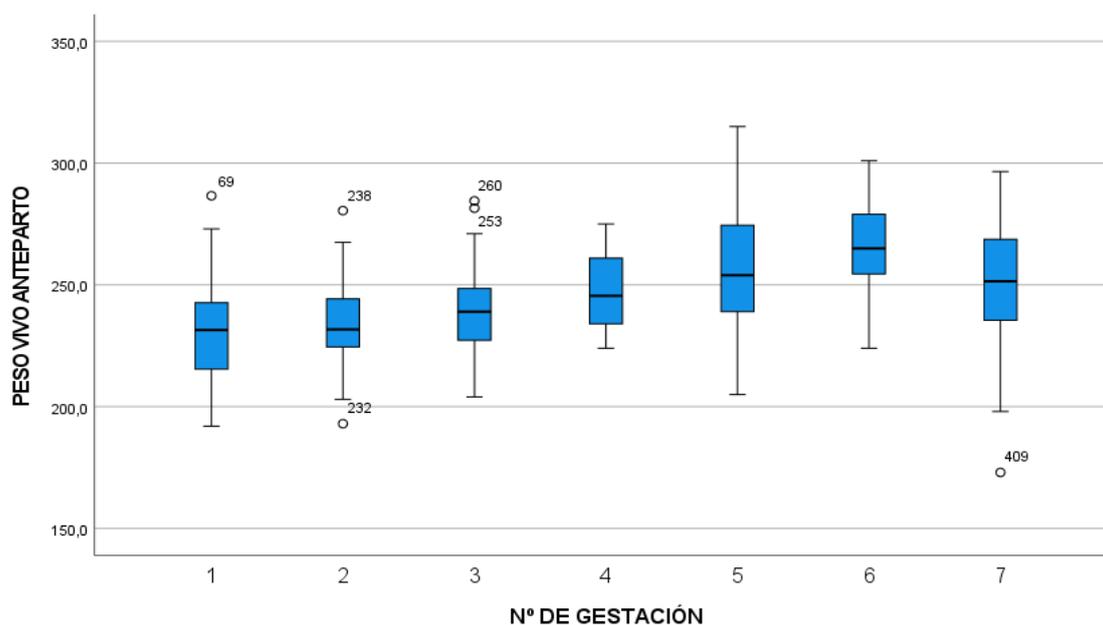


FIGURA 50 EVOLUCIÓN DEL PESO VIVO ANTEPARTO.

PESO VIVO AL DESTETE	Nº DE GESTACIÓN						
	1	2	3	4	5	6	7
Media	183,46	180,76	193,82	204,32	224,31	231,67	211,59
Mediana	181,00	181,25	195,75	202,00	225,00	227,50	215,00
Varianza	293,38	508,83	525,90	331,48	555,60	446,77	468,25
Desviación estándar	17,13	22,56	22,93	18,21	23,57	21,14	21,64
Mínimo	150	137,5	148	166	170	191	167
Máximo	233,5	243	237	251	276	273	251,5
Asimetría	0,31	0,32	-0,05	0,35	-0,02	0,16	-0,19
Curtosis	-0,49	0,53	-0,79	0,97	-0,07	-0,68	-0,35

TABLA 65 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PESO VIVO AL DESTETE.

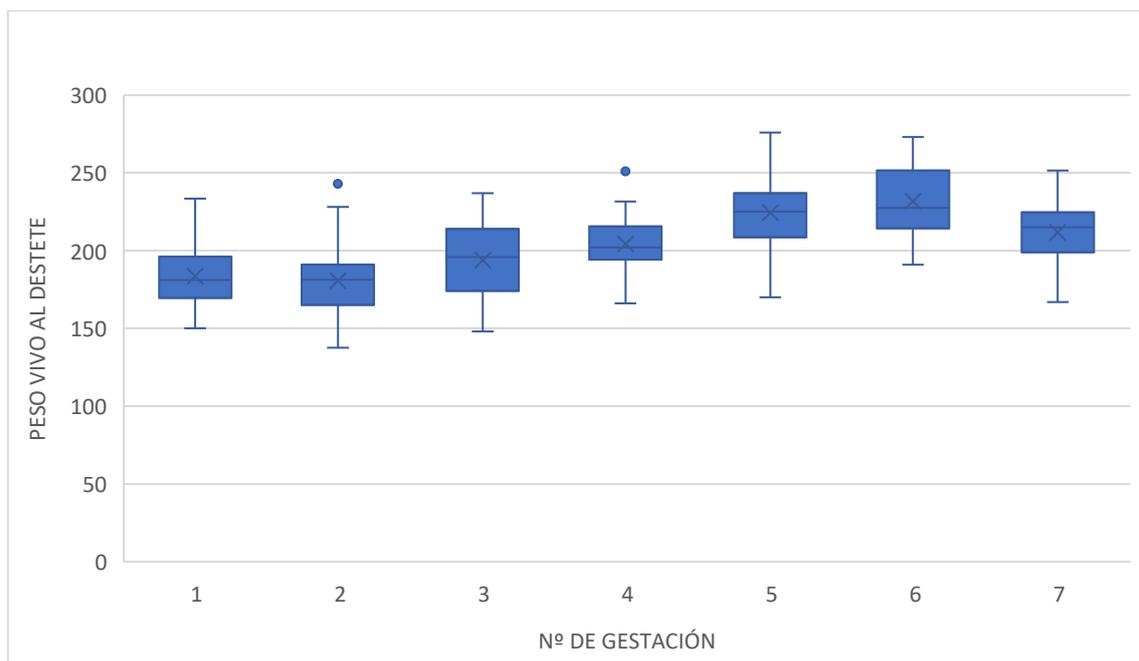


FIGURA 51 EVOLUCIÓN DE PESO VIVO AL DESTETE.

ESPESOR DE GRASA P2 CUBRICIÓN	Nº DE GESTACIÓN						
	1	2	3	4	5	6	7
Media	14,40	10,00	9,14	9,10	10,17	10,10	8,53
Mediana	15,00	9,98	9,03	9,70	9,85	9,33	8,15
Varianza	9,59	4,39	4,56	5,00	6,32	12,66	2,08
Desviación estándar	3,10	2,09	2,14	2,24	2,51	3,56	1,44
Mínimo	6,7	5,4	5,25	6,3	5,9	5,25	6,65
Máximo	20,7	15,2	14	15	16,1	25,55	12,85
Asimetría	-0,22	0,32	0,24	0,71	0,41	2,45	1,42
Curtosis	-0,84	0,40	-0,51	0,28	-0,73	9,37	2,08

TABLA 66 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL ESPESOR DE GRASA DORSAL A LA CUBRICIÓN.

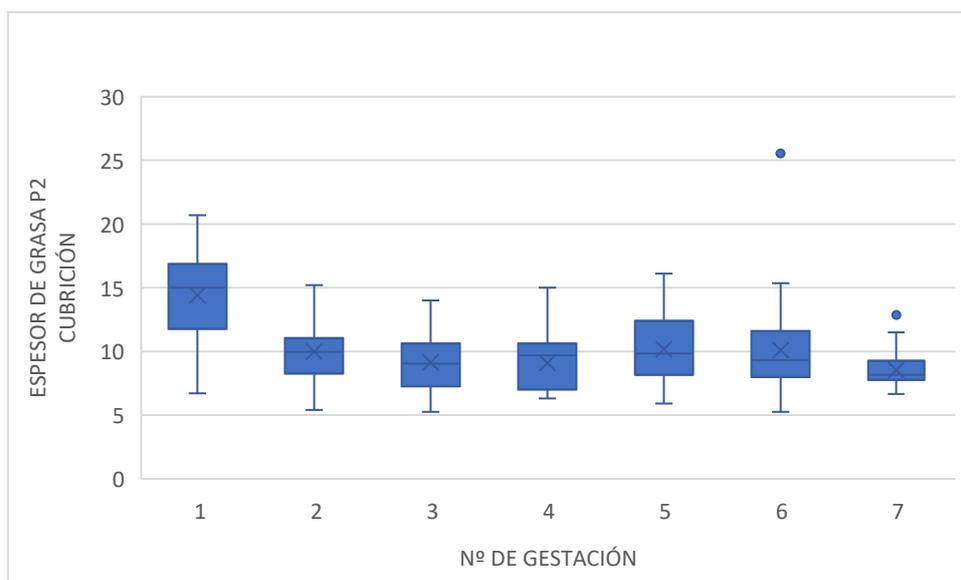


FIGURA 52 . EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE GRASA DORSAL A LA CUBRICIÓN.

ESPESOR DE GRASA P2 ANTEPARTO	Nº DE GESTACIÓN						
	1	2	3	4	5	6	7
Media	14,74	11,92	11,57	13,10	11,50	11,35	10,77
Mediana	14,53	11,83	11,33	12,60	11,25	11,38	10,80
Varianza	8,91	5,88	7,91	4,84	7,65	6,01	5,99
Desviación estándar	2,99	2,43	2,81	2,20	2,77	2,45	2,45
Mínimo	8,55	7,3	6,15	10	6,5	7	6,45
Máximo	39,95	17,5	17,45	18,5	19,2	18,8	16,40
Asimetría	2,95	0,25	0,27	0,78	0,43	0,77	0,36
Curtosis	24,48	-0,65	-0,30	0,28	-0,01	1,49	0,25

TABLA 67 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL ESPESOR DE GRASA DORSAL ANTEPARTO.

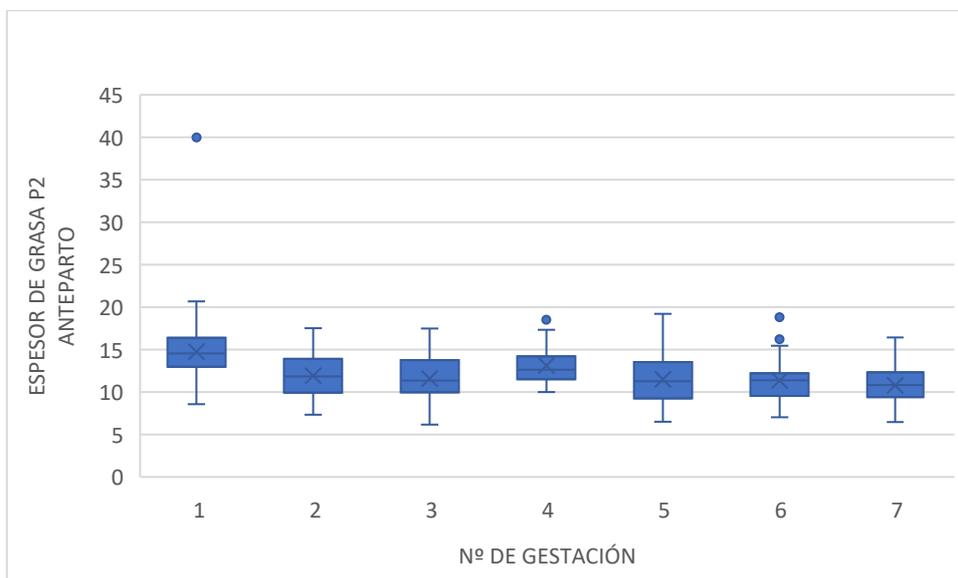


FIGURA 53 EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE GRASA DORSAL ANTEPARTO.



ESPELOR DE GRASA P2 DESTETE	Nº DE GESTACIÓN						
	1	2	3	4	5	6	7
Media	11,02	10,10	9,62	10,59	9,13	9,57	9,35
Mediana	10,70	9,55	9,00	10,60	9,00	9,30	9
Varianza	6,79	6,92	7,83	3,54	4,12	4,27	4,84
Desviación estándar	2,61	2,63	2,80	1,88	2,03	2,07	2,20
Mínimo	5,6	6,5	4,6	6,95	5,5	6,55	6,7
Máximo	28,75	16,70	17,15	14,85	13,25	14,90	16,3
Asimetría	1,66	0,60	0,56	0,41	0,21	0,88	1,68
Curtosis	9,52	-0,59	0,10	0,21	-0,88	0,44	3,45

TABLA 68 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL ESPELOR DE GRASA DORSAL AL DESTETE.

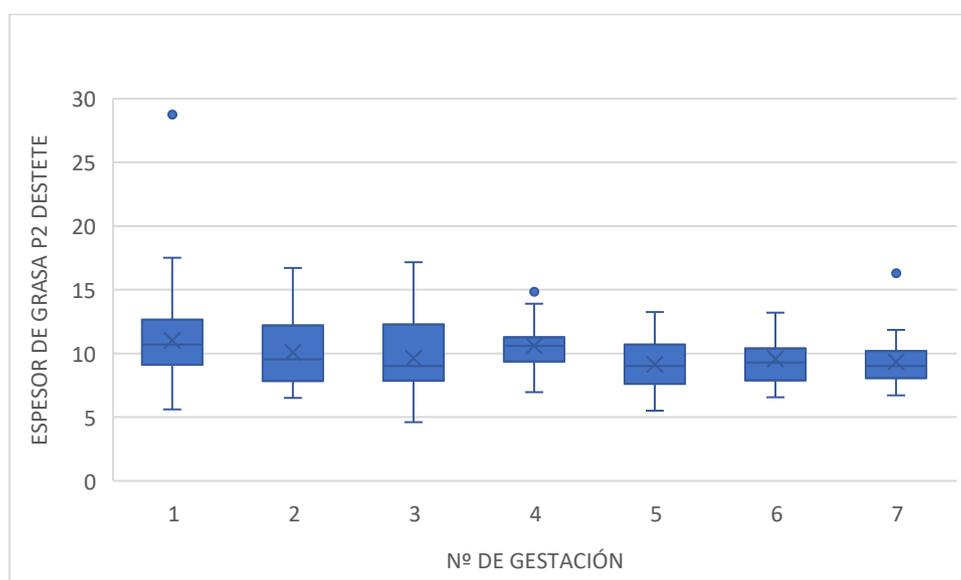


FIGURA 54 EVOLUCIÓN DEL ESPELOR DE GRASA DORSAL AL DESTETE.

## 8.3 ANÁLISIS DE DATOS PRODUCTIVOS.

### 8.3.1. Estadística descriptiva.

En esta sección se ilustran los resultados estadísticos realizados con el Software SPSS de las cerdas de reposición TN 70 empleadas en la modelización (n=200). En la tabla 1 vemos la estadística descriptiva de los parámetros medidos en las nulíparas. En las siguientes tablas se analizan los datos descriptivos de diferentes parámetros productivos en diferentes grupos de edad, peso vivo y ganancia media diaria a la primera cubrición de un total de 149 nulíparas que han completado su ciclo productivo completo.

	Media $\pm$ DE	Rango
Edad a 1ª cubrición, días	298,21 $\pm$ 28,7	223-365
Peso vivo a 1ª cubrición, kg	167,38 $\pm$ 14,03	138,1- 209,5
EGD a 1ª cubrición, mm	14,39 $\pm$ 3,09	6,7-20,7
PL a 1ª cubrición, mm	58,54 $\pm$ 5,30	40,15-71,15
GMD desde nacimiento, kg	0,56 $\pm$ 0,06	0,40-0,73

DE: desviación estándar. GMD: ganancia media diaria. EGD: espesor de grasa dorsal. PL: profundidad de lomo

TABLA 69 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE PARÁMETROS MEDIDOS (N=200).

La edad media de las nulíparas a la primera cubrición fue de 298  $\pm$ 28,7 días, mientras que el peso vivo medio fue de 167,38 $\pm$ 14,03 días. El espesor de grasa dorsal medio fue de 14,39 $\pm$ 3,09 mm y la profundidad del lomo de 58,54 $\pm$ 5,30. La ganancia media diaria desde el nacimiento fue de 0,56 $\pm$ 0,06 kg.

### 8.3.2. Edad a la primera cubrición.

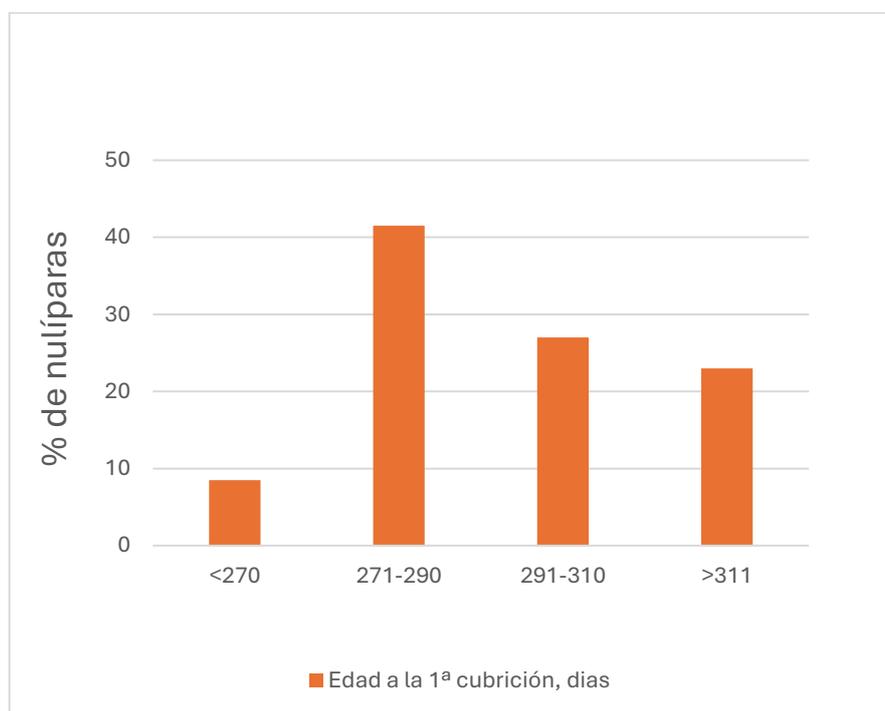


FIGURA 55 DISTRIBUCIÓN DE EDAD DE LAS NULÍPARAS A LA PRIMERA CUBRICIÓN (N=200).

Un 41,5 % de las nulíparas fueron inseminadas entre los 271 y los 290 días, mientras que el 50 % fueron inseminadas con edades superiores a los 290 días (figura 55).

Las siguientes tablas reflejan las medias de nacidos totales, nacidos vivos, destetados y longevidad expresada como camada de baja, de 149 nulíparas de las 200 que completaron su vida productiva, en función de la edad a la primera inseminación.

<i><b>Edad a la 1ª inseminación</b></i>	<i><b>N</b></i>	<i><b>Media</b></i>	<i><b>Desviación típica</b></i>
<i><b>&lt; 270</b></i>	16	98,5	34,7
<i><b>271-290</b></i>	53	72,7	40,1
<i><b>291-310</b></i>	37	69,0	35,5
<i><b>291-310</b></i>	43	80,8	42,2
<i><b>Total</b></i>	149	76,9	39,7

TABLA 70 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE NACIDOS  
 TOTALES EN LOS DIFERENTES GRUPOS DE EDAD A LA 1ª  
 INSEMINACIÓN. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN > 0,05.

<i>Edad a la 1ª inseminación</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>
<b>&lt; 270</b>	16	91,0	31,4
<b>271-290</b>	53	67,5	37,3
<b>291-310</b>	37	62,9	30,5
<b>291-310</b>	43	73,0	38,4
<b>Total</b>	149	70,5	36,0

TABLA 71 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE NACIDOS VIVOS EN  
 LOS DIFERENTES GRUPOS DE EDAD A LA 1ª INSEMINACIÓN.  
 NIVEL DE SIGNIFICACIÓN > 0,05.

<i>Edad a la 1ª inseminación</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>
<b>&lt; 270</b>	16	76,3	25,8
<b>271-290</b>	53	58,9	31,0
<b>291-310</b>	37	55,7	25,0
<b>291-310</b>	43	65,1	32,8
<b>Total</b>	149	61,7	30,0

TABLA 72 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE DESTETADOS EN  
 LOS DIFERENTES GRUPOS DE EDAD A LA 1ª INSEMINACIÓN.  
 NIVEL DE SIGNIFICACIÓN > 0,05.

<i>Edad a la 1ª inseminación</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación típica</i>
<b>&lt; 270</b>	16	6,6	2,1
<b>271-290</b>	53	5,4	2,3
<b>291-310</b>	37	5,1	1,9
<b>291-310</b>	43	5,7	2,5
<b>Total</b>	149	5,5	2,3

TABLA 73 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAMADA DE BAJA  
EN LOS DIFERENTES GRUPOS DE EDAD A LA 1ª  
INSEMINACIÓN. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN > 0,05.

Basado en las tablas anteriores se observa como las cerdas nulíparas inseminadas antes de los 270 días de vida presentan un mayor número de nacidos totales, nacidos vivos y destetados a lo largo de su vida productiva. De la misma manera, la longevidad que presentan estas cerdas es superior a las cerdas inseminadas con edades superiores. No obstante, el nivel de significación en todos los casos es superior a 0,05, por lo que las diferencias entre los grupos no son significativas.

### 8.3.3. Ganancia media diaria desde nacimiento hasta la 1ª inseminación.

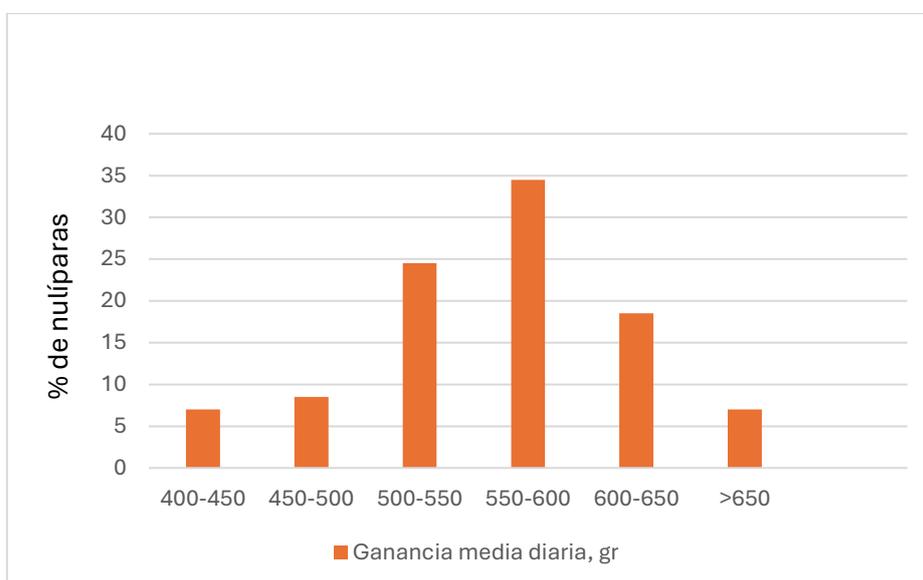


FIGURA 56 . DISTRIBUCIÓN DE NULÍPARAS EN FUNCIÓN DE LA GANANCIA MEDIA DIARIA A LA 1ª INSEMINACIÓN (N=200).

En cuanto a la ganancia media diaria hasta la primera inseminación, un 53% de las nulíparas presentaron crecimientos comprendidos entre 550 y 650 gramos por día; y más de un 75% entre 500 y 650 gramos por día (figura 56).

En la tabla 46 se ilustra la evolución que tiene la ganancia media diaria en el peso vivo a la cubrición así como en la composición corporal. En cuanto al peso a la primera cubrición, se observa como al aumentar la ganancia media diaria aumenta el peso a la cubrición. De igual manera el espesor de grasa dorsal y profundidad de lomo siguen el mismo patrón ascendente.



<i>GMD gr</i>	<i>N</i>	<i>PESO 1<sup>a</sup> CUBRICIÓN</i>	<i>EGD</i>	<i>PL</i>
400-450	14	156,3	11,4	56,7
450-500	16	161,9	12,8	56,7
500-550	39	157,6	13,3	56
550-600	53	166,4	14,7	58,8
600-650	20	178,6	16,1	60,6
> 650	6	192,6	16,2	64,3
Total general	148	148		

TABLA 74 PESO Y COMPOSICIÓN CORPORAL A LA PRIMERA CUBRICIÓN EN FUNCIÓN DE LA GANANCIA MEDIA DIARIA DESDE EL NACIMIENTO.

En cuanto a la productividad numérica total, en la tabla 45 observamos como al aumentar el crecimiento en la fase de recría se produce un efecto perjudicial tanto en el número de nacidos totales (NT), como en el número de nacidos vivos (NV), así como en el número de destetados. Estos datos coinciden con las observaciones de Johnston *et al* (2007) que vieron que las hembras que crecían demasiado rápido durante su desarrollo y por tanto más pesadas a la primera cubrición vieron reducidos su producción de cerdos totales.

Una elevada ganancia media diaria nos lleva a cerdas excesivamente grandes con el consiguiente incremento en el pienso necesario para satisfacer sus necesidades de mantenimiento durante su vida productiva y predisposición a sufrir problemas locomotores. Estos mayores crecimientos coinciden con espesores de grasa dorsal mayores (tablas 44), que tampoco se vieron relacionados positivamente con la productividad, coincidiendo con las observaciones de Williams *et al.* (2005), que tampoco apreció ninguna relación entre la cobertura grasa en la primera cubrición y la productividad final.

Sin embargo, estudios anteriores indicaban una fuerte relación entre espesor de grasa dorsal y productividad, explicado posiblemente por realizarse con líneas genéticas más grasas. Esto podría indicar que en las líneas genéticas actuales el espesor de grasa dorsal tenga una importancia menor, sin embargo, si la cantidad de tejido magro acumulado (Foxcroft *et al.*, 2005).

<i>GMD gr</i>	<i>N</i>	<i>NT</i>	<i>NV</i>	<i>DESTETADOS</i>
400-450	14	94,1	86,2	76,7
450-500	16	79	70,6	64,5
500-550	39	82,3	75,3	67,6
550-600	53	79	73	61,4
600-650	20	60,5	56,2	48,6
> 650	6	36,6	32	31,5
Total general	148			

TABLA 75 PRODUCTIVIDAD NUMÉRICA EN FUNCIÓN DEL CRECIMIENTO MEDIO DIARIO. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN > 0,05.

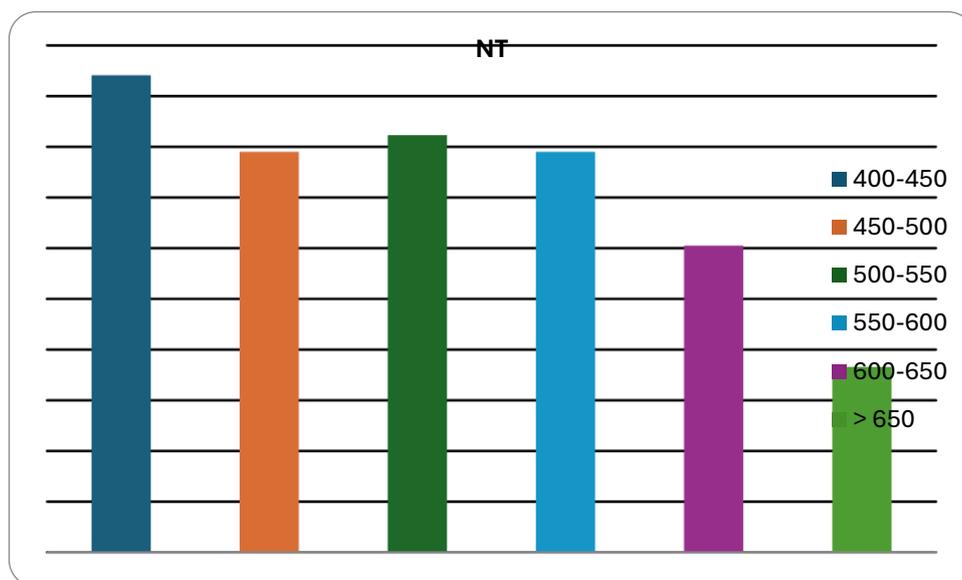


FIGURA 57 NACIDOS TOTALES CON DISTINTAS GANANCIAS MEDIAS DIARIAS.

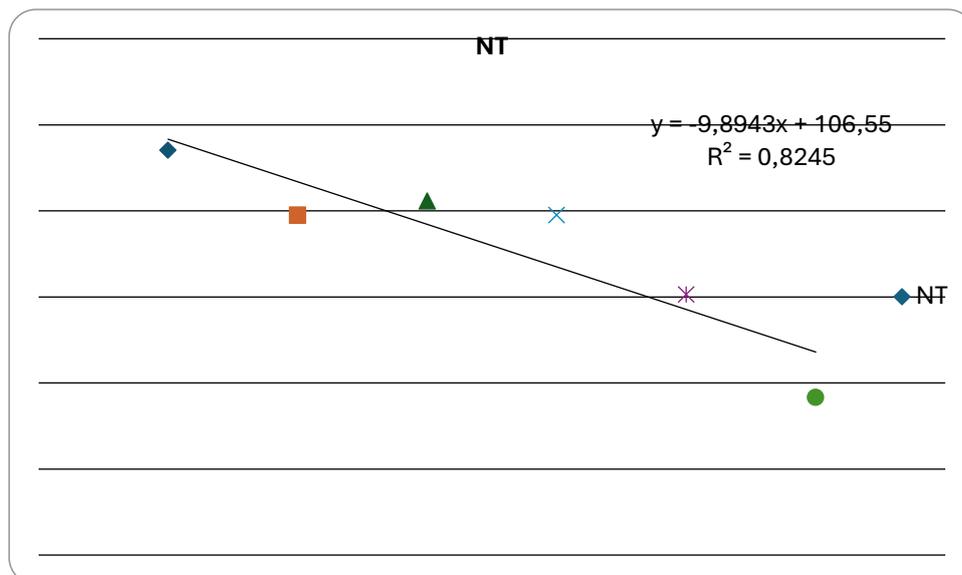


FIGURA 58 REGRESIÓN LINEAL ENTRE NACIDOS TOTALES Y GANANCIA MEDIA DIARIA.

La longevidad de las cerdas en la granja también se vio influenciada por la ganancia media diaria en la recría, observándose una menor permanencia en la granja de las cerdas que tuvieron mayores crecimientos. La fertilidad también parece verse afectada por cerdas con crecimientos altos, lo que hace pensar en una mayor incidencia en descartes por problemas reproductivos, e incluso de problemas locomotores (tabla 46; figura 59-60). Estos datos se encuentran en consonancia con Jørgensen y Sørensen (1998) que afirmaron que las cerdas más pesadas y de crecimiento más rápido tienen un riesgo incrementado de sufrir problemas locomotores.

<i>GMD gr</i>	<i>N</i>	<i>CAMADA DE BAJA</i>	<i>FERTILIDAD</i>
400-450	14	6,5	96,2
450-500	16	5,6	89,5
500-550	39	5,9	96,6
550-600	53	5,6	96
600-650	20	4,5	91
> 650	6	3,1	91,6
Total general	148		

TABLA 76 CAMADA DE BAJA Y FERTILIDAD GLOBAL EN FUNCIÓN DEL CRECIMIENTO MEDIO. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN > 0,05.

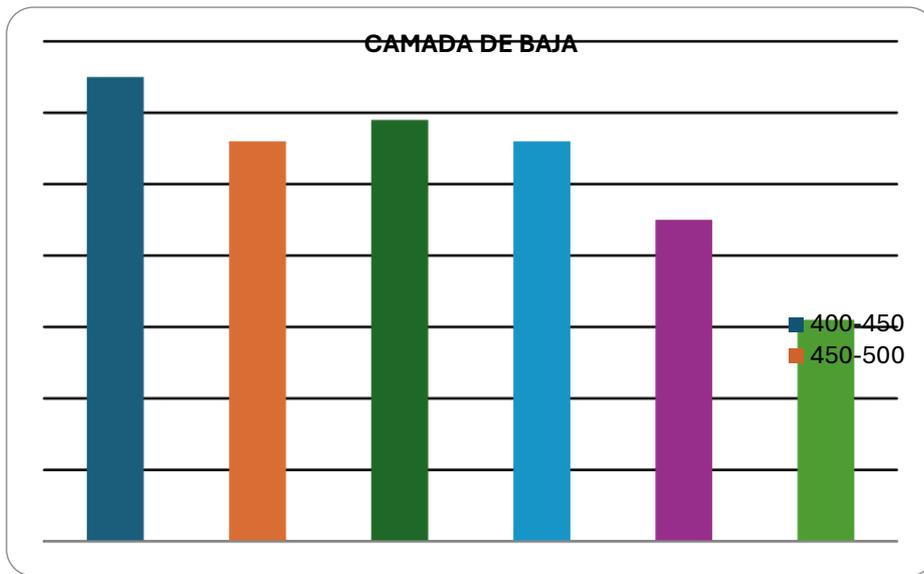


FIGURA 59 CAMADA DE BAJA SEGÚN CRECIMIENTO MEDIO

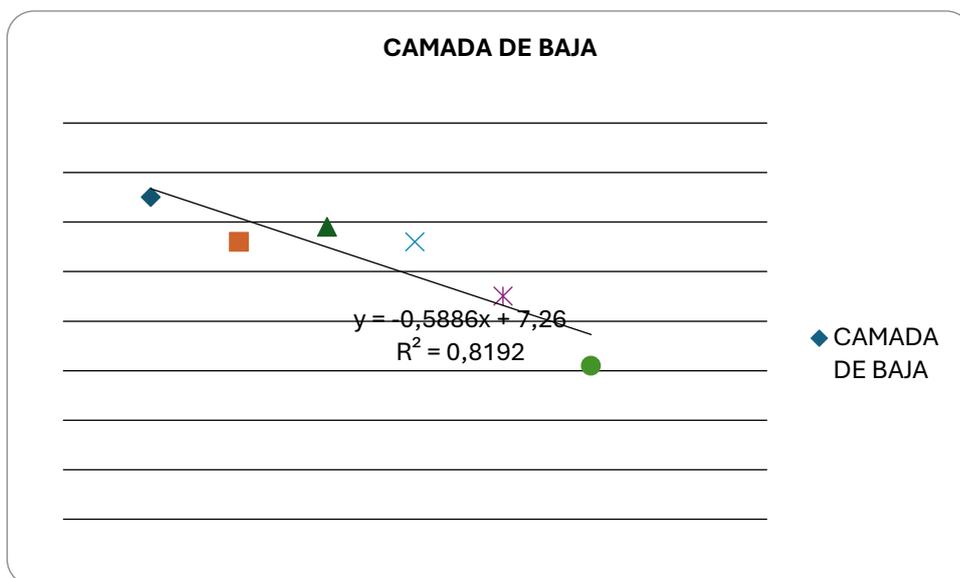


FIGURA 60 REGRESIÓN LINEAL ENTRE CAMADA DE BAJA Y CRECIMIENTO MEDIO.



### 8.3.4. Peso vivo a la primera cubrición.

En la distribución de pesos en la primera cubrición se observa un 59 % cerdas cubiertas entre los 151 y los 170 kg de peso vivo (tabla 48).

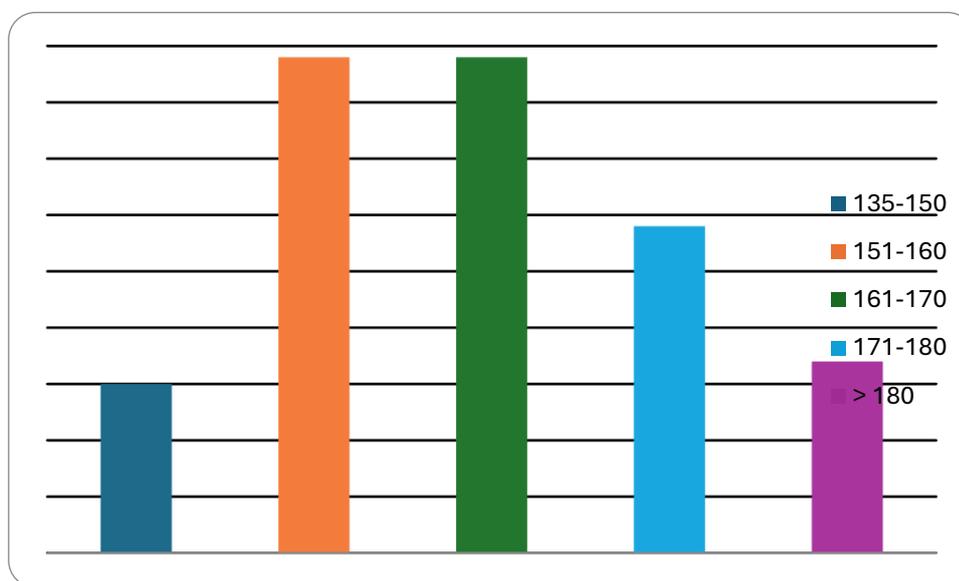


FIGURA 61 DISTRIBUCIÓN DE PESOS EN LA PRIMERA CUBRICIÓN.

En la tabla 47 podemos apreciar la evolución de la composición corporal según el peso vivo a la primera cubrición. Al igual que la ganancia media diaria, a medida que aumenta el peso vivo a la cubrición se observa un aumento proporcional tanto en el espesor de grasa dorsal como en la profundidad de lomo.

<i>Peso vivo 1ª cubrición</i>	<i>Nº de Cerdas</i>	<i>% Cerdas</i>	<i>EGD</i>	<i>PL</i>
135-150	15	10	12	54,6
151-160	44	29,5	12,9	55,9
161-170	44	29,5	14,7	58,4
171-180	29	19,5	14,8	59,8
>180	17	11,8	16,7	63
Total general	149			

TABLA 77 COMPOSICIÓN CORPORAL SEGÚN PESO A LA PRIMERA CUBRICIÓN.

En cuanto a la productividad numérica observada, las cerdas inseminadas en el rango de 151 a 160 kg obtuvieron una mayor cantidad de nacidos totales (90,9) respecto a los otros rangos de pesos (tabla 48, figuras 55). El número de destetados fue ligeramente superior (0,9 lechones extras) en el grupo de cerdas inseminadas en el rango de 135-150 frente al grupo de 151-160, y en ambos grupos muy superior respecto al resto.

Estos datos son similares a las recomendaciones de Foxcroft (2002) y a las observaciones de Williams *et al.* (2005) donde observaron una mayor cantidad de lechones nacidos totales al tercer parto en nulíparas inseminadas en el rango de peso de 135 a 150 kg de peso vivo. Similarmente, Bussieres (2013) observó la relación entre el peso vivo a la primera cubrición y la productividad total, siendo el rango entre 145-160 kg significativamente mayor que el resto de los grupos.

Más recientemente, Tan *et al.*, 2022 con cerdas Danbred en un estudio sobre 100 cerdas de reposición vieron que el rango de peso entre 140 y 149,9 kg y 14-15 mm de grasa dorsal a la primera cubrición obtuvieron el mejor tamaño de camada en los dos primeros ciclos. Fan *et al.*, 2020, en este caso con 1471 primaras TN70, el rango de peso a la cubrición entre 170-179 obtuvo mayor cantidad de nacidos totales y de nacidos vivos al primer parto. No obstante, concluye que el peso vivo a la primera cubrición no está significativamente correlacionado con el tamaño de la camada, al contrario de lo que se ha visto con otras genéticas (Szulc , 2015).

Los días improductivos fueron progresivamente superiores conforme aumentaba el peso vivo a la cubrición (tabla 48). De igual manera que con la ganancia media diaria, a mayores pesos a la primera cubrición observamos una eliminación en granja mayor, produciéndose una eliminación mucho más precoz, siendo la camada media de baja de 3,6 partos en las cerdas inseminadas con más de 180 kg (tabla 48; figuras 56-57).

<i>Peso vivo 1ªcubrición</i>	<i>N</i>	<i>NACIDOS TOTALES</i>	<i>DESTETADOS</i>	<i>DIAS IMPRODUCTIVOS</i>	<i>CAMADA DE BAJA</i>
135-150	15	88±30,3	74,8±23,5	145	6,46±1,6
151-160	44	90,9±35,9	73,9±26,7	154,6	6,36±1,9
161-170	44	84,8±39,1	67±28,4	162,1	6±2,2
171-180	29	54,8±29,3	43,1±23,5	170,4	4,1±1,9
>180	17	47,1±44,5	36,6±29	163	3,6±2,2
Total general	149				

TABLA 78 PRODUCTIVIDAD NUMÉRICA Y CAMADA DE BAJA EN FUNCIÓN DEL PESO A LA CUBRICIÓN. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN >0,05.

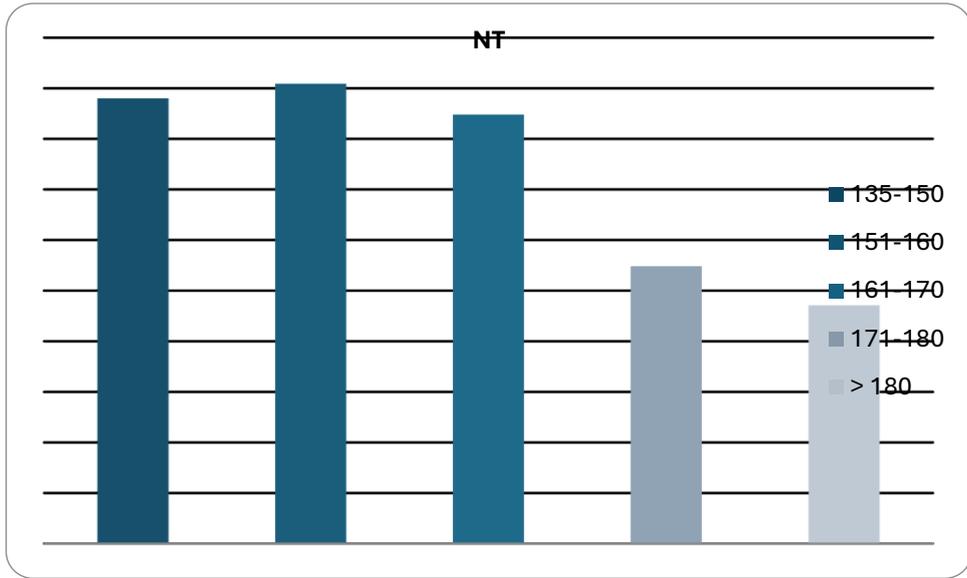


Figura 62 Nacidos totales según peso a la cubrición.

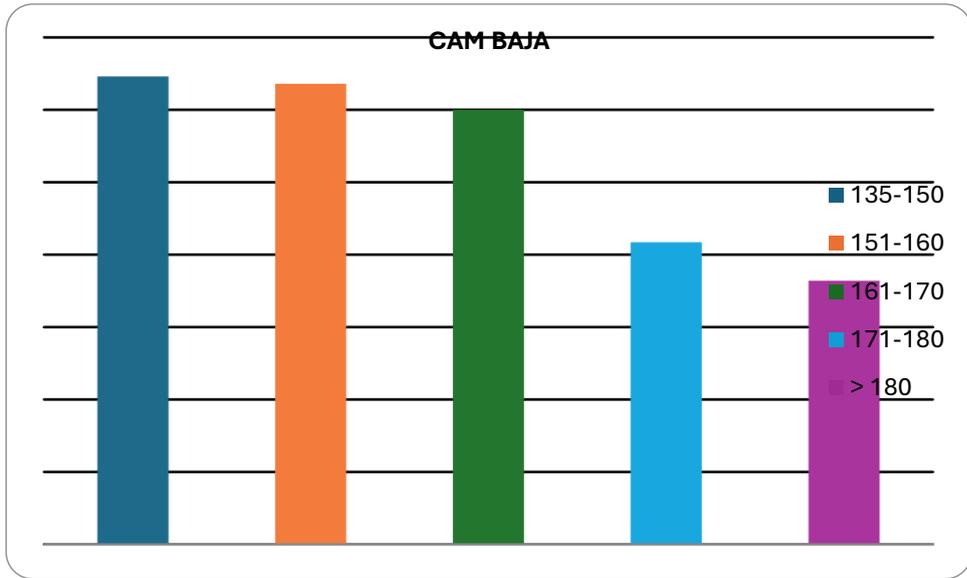


FIGURA 63 CAMADA DE BAJA SEGÚN PESO A LA CUBRICIÓN.

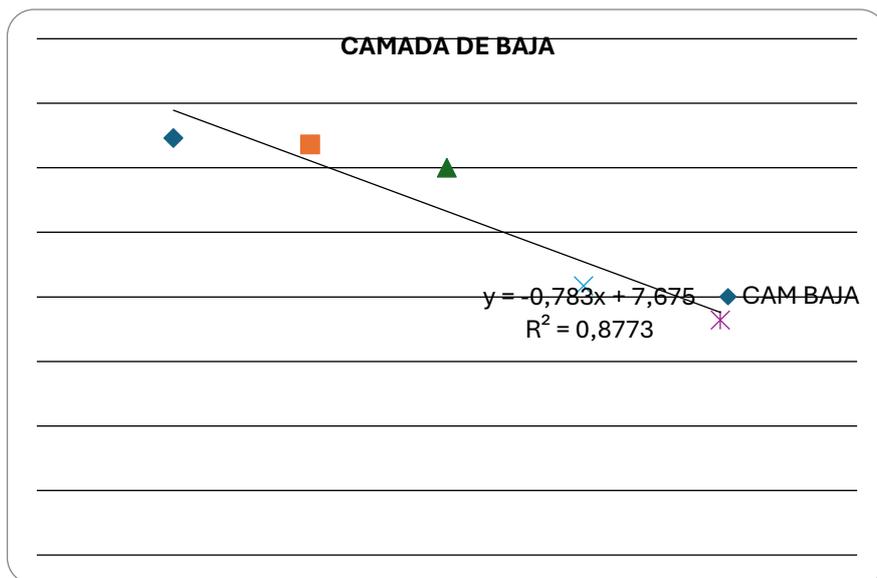


FIGURA 64 REGRESIÓN LINEAL ENTRE CAMADA DE BAJA Y PESO A LA CUBRICIÓN.

### 8,3,5, Espesor de grasa dorsal a la primera cubrición.

En la siguiente figura vemos como más de la mitad de las nulíparas presentaban espesores de grasa dorsal inferiores a 12 mm en el momento de la primera inseminación.

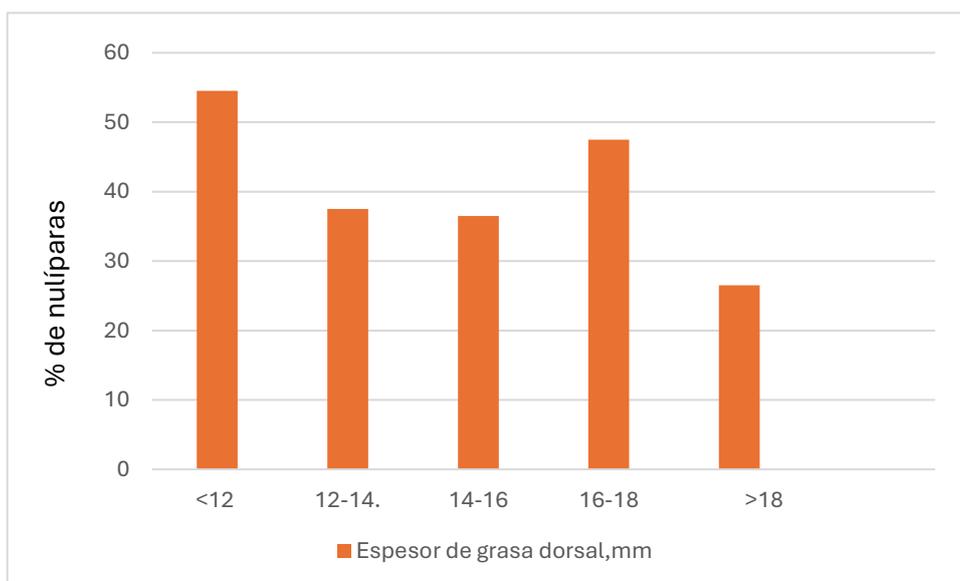


FIGURA 65 DISTRIBUCIÓN DE NULÍPARAS EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE GRASA DORSAL A LA 1ª INSEMINACIÓN (N=200).

Por espesor de grasa dorsal a la primera cubrición se observa una mayor cantidad de lechones nacidos totales y nacidos vivos en el rango de cerdas cubiertas entre 12-14 mm. No obstante, el número de destetados fue ligeramente superior en las cerdas inseminadas por debajo de 12 mm. (tabla 49, figura 66). Estos datos contrastan con datos de otros autores que sugieren que se requieren incrementados niveles de grasa corporal ya que cierto grado de grasa corporal podría ser favorable para el comienzo de la pubertad y la productividad futura (Kim *et al.*, 2015; Knecht *et al.*, 2020; Maes *et al.*, 2004). No obstante, no hay muchos trabajos publicados correlacionando grasa corporal y productividad, y los existentes son contradictorios y hay que interpretarlos con cautela ya que otros factores como la edad o el peso a la cubrición pueden confundir. Rozeboom *et al.*, (1996) y Williams *et al.*, (2005) no encontraron diferencias en productividad total sobre tres ciclos que se pudieran relacionar con la composición corporal de las nulíparas, de la misma manera Foxcroft *et al.* (2005) sugirió que es difícil afirmar que existe cualquier diferencia productiva que pueda ser achacada al contenido magro de las cerdas per se.

Aunque el espesor de grasa dorsal es todavía el más preciso indicador de la condición corporal de la cerda, en los modernos genotipos actuales caracterizados por el intenso crecimiento del tejido muscular no parece que sea un indicador adecuado de la productividad futura de las cerdas ni de su estado metabólico. Además, existen otros muchos factores que pueden influir en la productividad tanto de las cerdas como de las nulíparas, tales como alojamiento, sanidad, ganancia media diaria, contacto con el verraco, comienzo de la pubertad, estación del año...

<i>EGD 1ª CUBRICIÓN</i>	<i>N</i>	<i>NT</i>	<i>NV</i>	<i>DESTETADOS</i>
<12	52	82±37,3	75,3±34,5	67,6±29,5
12-14	34	87,3±38,1	79,5±33,3	66,4±25,7
14-16	26	70±42,5	64,3±38,1	56,3±31,9
16-18	28	75,8±38,2	69,6±35,2	60,9±31,2
>18	9	30,5±21,2	28,4±21,2	27,8±14,8
Total general	149			

TABLA 79 PRODUCTIVIDAD NUMÉRICA SEGÚN ESPESOR DE GRASA DORSAL A LA CUBRICIÓN. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN >0,05.

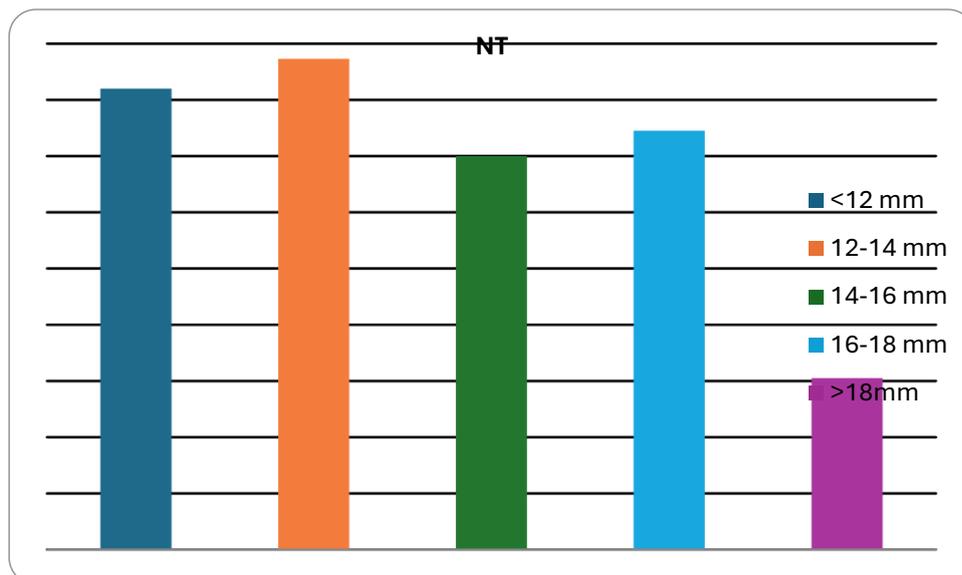


FIGURA 66 NACIDOS TOTALES SEGÚN ESPESOR DE GRASA DORSAL A LA CUBRICIÓN

En el mismo grupo de espesor de grasa dorsal a la cubrición (12-14 mm), encontramos que estas cerdas presentaron la mayor longevidad en la granja, disminuyendo está a medida que aumenta el espesor de grasa dorsal a la cubrición, a partir de 14 mm. (tabla 50, figura 67-68).

<i>EGD 1º CUBRICIÓN</i>	<i>N</i>	<i>CAMADA DE BAJA</i>
<12	52	5,8±2,2
12-14	34	6,1±1,9
14-16	26	5±2,4
16-18	28	5,3±2,4
>18	9	3,2±1,6
Total general	149	

TABLA 80 CAMADA DE BAJA SEGÚN ESPESOR DE GRASA DORSAL A LA CUBRICIÓN.

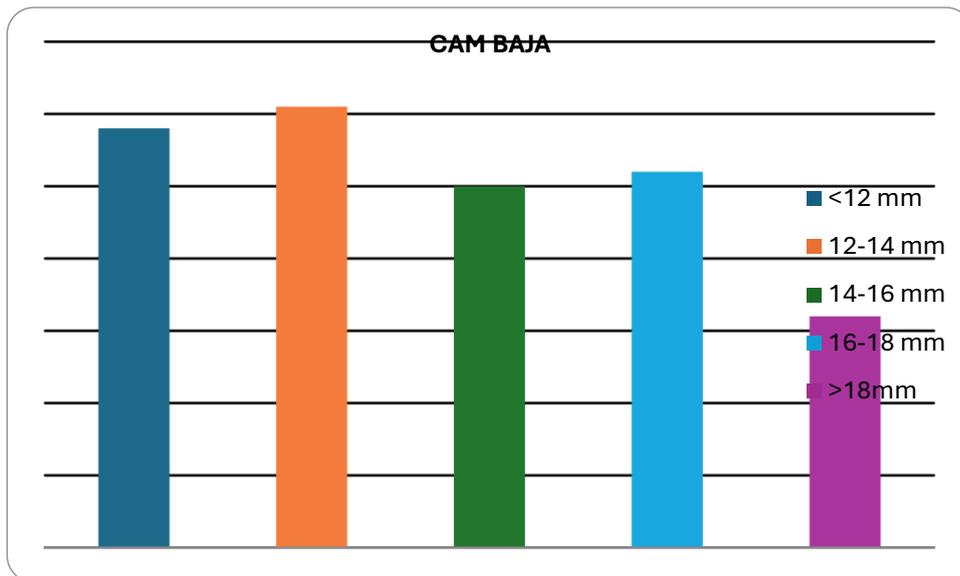


Figura 67 Camada de baja según espesor de grasa dorsal a la cubrición.

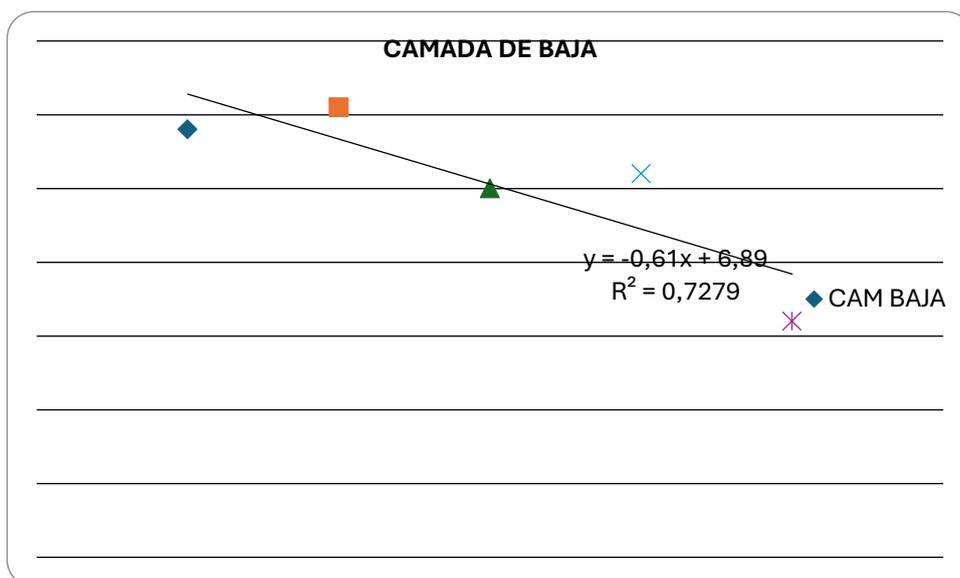


FIGURA 68 REGRESIÓN LINEAL ENTRE CAMADA DE BAJA Y ESPESOR DE GRASA DORSAL

La composición corporal en el momento del parto puede determinar el crecimiento de la camada durante la lactación. De un total de 415 cerdas, incluyendo cerdas de todos los ciclos (1 a 7), se observa que las camadas que muestran mayores crecimientos proceden de las cerdas con un rango de grasa dorsal comprendido entre los 9-12 mm de espesor (tabla 52, figura 61), disminuyendo conforme se incrementa a partir de este rango. Estos datos son similares a los obtenidos por Kim

*et al.* (2015) donde el crecimiento de la camada se redujo cuando el espesor de grasa dorsal excedía de 20 mm al parto, siendo particularmente mayor esta reducción cuando las cerdas excedían de 25 mm al parto.

<i>EGD PARTO</i>	<i>N</i>	<i>GMD LECHÓN</i>	<i>DIAS DE LACTACIÓN</i>
6-9	31	174±31	22,6±2,8
9-12	120	188±34	22,5±2,4
12-15	154	177±36	22,5±2,4
15-18	91	177±43	22±2,1
18-21	19	175±33	21,9±2,2
Total general	415		

TABLA 81 CRECIMIENTO MEDIO POR LECHÓN SEGÚN ESPESOR DE GRASA DORSAL AL PARTO.

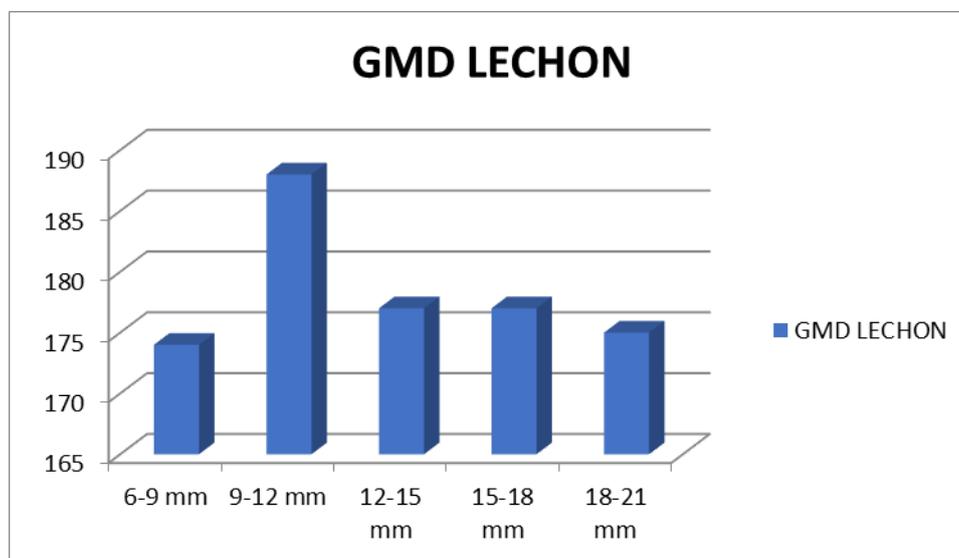


FIGURA 69 CRECIMIENTO MEDIO POR LECHÓN SEGÚN ESPESOR DE GRASA DORSAL AL PARTO.

Las camadas de las cerdas con mayores profundidades de lomo al parto también manifestaron un mayor crecimiento de sus camadas (tabla 53, figura 70).

<i>PL PARTO</i>	<i>N</i>	<i>GMD LECHÓN</i>	<i>DIAS DE LACTACIÓN</i>
<50	74	175±29	23±2,5
50-60	223	180±37	22,5±2,2
>60	118	183±40	21,8±2,1
Total general	415		

TABLA 82 CRECIMIENTO MEDIO POR LECHÓN EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LOMO AL PARTO.

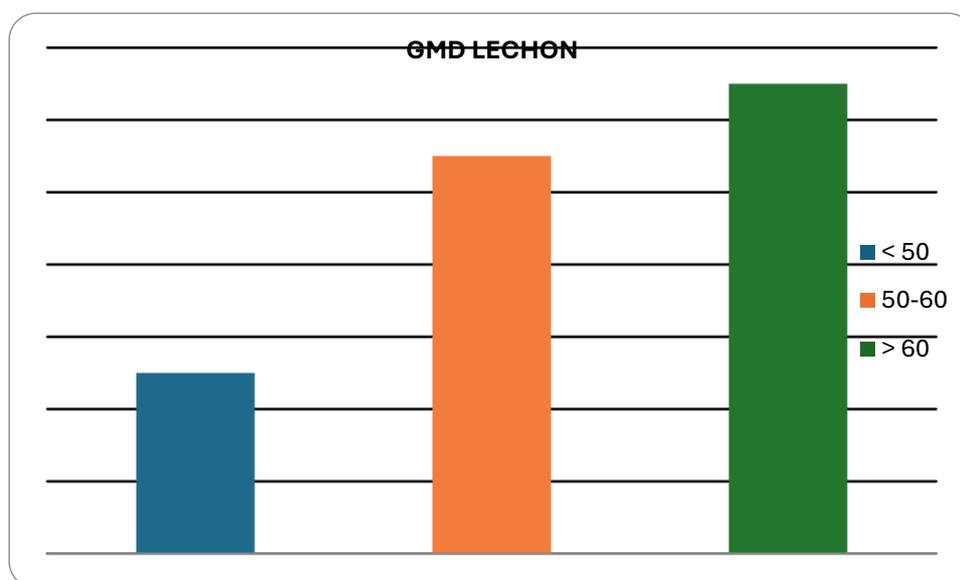


FIGURA 70 CRECIMIENTO MEDIO POR LECHÓN EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LOMO AL PARTO.

Asimismo, las cerdas que perdieron menos del 10% de EGD durante su primera lactación fueron más longevas que las que perdieron cantidades superiores. Se observa también que las cerdas que presentan mayor cantidad de grasa dorsal al parto fueron las que más cantidad de grasa dorsal perdieron durante la lactación (tabla 53). De la misma manera, las cerdas que movilizaron mayor cantidad de magro durante la lactación fueron igualmente menos longevas (tabla 54).

<i>EGD</i>	<i>N</i>	<i>CAMADA BAJA</i>	<i>EGD PARTO</i>
< 10%	14	6,14±2,1	13,2±2,5
10-20%	40	5,52±2,2	14,3±2,2
20-30%	48	5,33±2,3	14,8±2,4
> 30%	47	5,55±2,3	15,4±3,9

TABLA 83 EFECTO DE LA PÉRDIDA DE EGD EN LACTACIÓN. N=149 PRIMERIZAS.

<i>PL</i>	<i>N</i>	<i>CAMADA BAJA</i>	<i>CRECIMIENTO CAMADA</i>	<i>PL PARTO</i>
< 10%	32	5,56±2,1	163	54,06±6,6
10-20%	63	5,74±2,2	176	58,89±5,8
20-30%	49	5,36±2,3	180	58,56±6,3
> 30%	5	4,2±3,2	180	60,23±6,6

TABLA 84 EFECTO DE LA PÉRDIDA DE PROFUNDIDAD DE LOMO EN LACTACIÓN. N=149 PRIMERIZAS.

Algunas de las recomendaciones existentes sobre el manejo de la reposición han dejado de ser válidas y deben adaptarse a las características genéticas de las líneas actuales.

Nuestros resultados sugieren las siguientes recomendaciones a la primera cubrición:

- Peso vivo comprendido entre 150 y 180 kg, las cerdas presentaron productividades y longevidades más altas.
- Edad: 8-9 meses de vida.
- Espesor de grasa dorsal a la primera cubrición: 12-14 mm. Por encima de 14 mm se observa un aumento de la tasa de desvieje y una menor productividad numérica.

En caso de tener que priorizar a la hora de la primera cubrición, lo haríamos por peso, edad, y espesor de grasa dorsal en ese orden. Por tanto, el peso vivo parece ser el indicador más efectivo para el control del inicio de la vida

reproductiva. El espesor de magro dorsal no parece ser un indicador fiable. No obstante, la cerda TN70 nulípara llega a la cubrición con considerables reservas magras.

- Programa de alimentación en recria adecuado. Debemos garantizar un adecuado aporte de nutrientes en cada fase de crecimiento con la finalidad de tener crecimientos moderados que eviten un exceso de condición corporal a la cubrición. Una condición corporal moderada al parto en estos animales es igualmente importante para conseguir una optimización de resultados productivos en granja.

Estos serían los niveles óptimos de peso, condición corporal y edad para una optimización de los parámetros productivos y longevidad de las cerdas TN70, que al igual que las líneas genéticas actuales, se caracteriza por su mayor tamaño, menores reservas grasas y mayor porcentaje magro.

De acuerdo con Fan *et al.*, 2020, las recomendaciones en granjas comerciales con TN70 para obtener un óptimo tamaño de camada al primer parto son 220 a 245 días de edad y 165-180 kg de peso vivo.

Coma y Gasa, 2007, recomiendan por orden de importancia, un peso vivo a la cubrición entre 135-150 kg, número de estro 2º, edad entre 190-260, ganancia media diaria entre nacimiento y cubrición entre 600-800 gramos por día, y grasa dorsal en P2 entre 15-17mm.

La edad de la cerda de reposición, el peso vivo y el espesor de grasa dorsal influyen en la posterior productividad y longevidad de las cerdas (Tummaruk *et al.*, 2015; Kraeling y Webel, 2015)







## 9.CONCLUSIONES.

---

1. Los modelos matemáticos son herramientas valiosas para estimar la productividad de las cerdas y los requerimientos nutricionales de los animales con precisión, basándose en factores como el consumo de pienso y condiciones ambientales, con el fin de optimizar la producción porcina.
2. La energía es el componente más costoso de la alimentación porcina y debe manejarse con precisión para equilibrar la eficiencia económica y ambiental. Nuevas estrategias nutricionales permiten ajustar mejor los niveles de energía y nutrientes según las necesidades específicas de los animales.
3. Las variaciones en el tamaño y las condiciones de las cerdas hacen necesarias raciones personalizadas, y los programas de modelización nutricional permiten optimizar las dietas durante la gestación y lactancia, evitando problemas relacionados con el exceso o déficit de nutrientes.
4. El exceso de nutrientes en la alimentación animal tiene un impacto negativo en el medioambiente, contribuyendo a la liberación de gases de efecto invernadero. La reducción de la excreción de nitrógeno y fósforo es esencial para mitigar este impacto, y se puede lograr ajustando las dietas de forma precisa.
5. El desarrollo de tecnologías que permiten mezclar piensos y ajustar dietas según las fases productivas mejora la eficiencia alimentaria, reduce costos, y contribuye a la sostenibilidad de la producción porcina al minimizar el desperdicio de recursos y la contaminación ambiental.







## 10. BIBLIOGRAFIA.

---

### Referencias

1. Aherne, F.X., Kirkwood, R.N. 1985. Nutrition, sow prolificacy. *Journal of Reproduction and Fertility*. 33, 161-183.
2. Aherne, F. 2005. Feeding the gestating sow. *Pork Information Gateway Factsheet* PIG 07-01-06. [www.extension.org/pages/27438/feeding-the-gestating-sow#](http://www.extension.org/pages/27438/feeding-the-gestating-sow#). Accedido el 22 de septiembre de 2022.
3. Allee, G.L. 2007. Amino-acid nutrition of the high performing lactation sow. *Western Nutrition Conference*. Saskatoon. SK.
4. Amaral Filha, W.S., Bernardi, M.L., Wentz, I., Bortolozzo, F.P., 2009. Growth rate, age at boar exposure as factors influencing gilt puberty. *Livestock Science* 120: 51-57.
5. Amaral Filha, W.S., Bernardi, M.L., Wentz, I., Bortolozzo, F.P., 2010. Reproductive performance of gilts according to growth rate, backfat thickness at mating. *Animal Reproduction Science* 121: 139-144.
6. Auldist, D. E., Morrish, L., Eason, P., King, R. H. 2010. The influence of litter size on milk production of sows. *Animal Science*, 67, 333-337.
7. Aumaitre, A. L., Dourmad, J. Y., Dagorn, J. (2000). Management systems for high productivity of sows in Europe. *Pig News, Information*, 21(3).
8. Baldwin, R. L., Sainz, R. D. (1995). Energy partitioning and modeling in animal nutrition. *Annual review of nutrition*, 15(1), 191-211.
9. Bazer, F. W., Clawson, A. J., Robison, O. W., Vincent, C. K., Ulberg, L. C. (1968). Explanation for embryo death in gilts fed a high energy intake. *Journal of Animal Science*, 27(4), 1021-1026.
10. Beltranena, E., Aherne, F.X., Foxcroft, G.R., 1993. Innate variability in sexual

development irrespective of body fatness in gilts. *Journal of Animal Science*, 71: 471-480.

11. Beltranena, E., Aherne, F.X., Foxcroft, G.R., Kirkwood, R.N. (1991). Effects of pre, postpubertal feeding on production traits at first, second estrus in gilts. *Journal of Animal Science* 69: 886-893.
12. Bergeron, R., Gonyou, H. W. (1997). Effects of increasing energy intake, foraging behaviours on the development of stereotypies in pregnant sows. *Applied Anim. Behaviour Science*. 53: 259-270.
13. Bergman, P., Grohn, Y.T., Rajala-Schultz, P., Virtala, A.M., Oliviero, C., Peltoniemi, O., Heinonen, M. (2018). Sow removal in commercial herds: Patterns, animal level factors in Finland. *Preventive Veterinary Medicine*. 159: 30-39.
14. Bikker, P., Fledderus, J., Kluess, J., Geelen, M. J. H. (2007). Glucose tolerance in pregnant sows and liver glycogen in neonatal piglets is influenced by diet composition in gestation. In *Energy and protein metabolism and nutrition* (pp. 203-204). Wageningen Academic.
15. Bortolozzo, F.P., Bernardi, M.L., Kummer, R., Wentz, I., (2009). Growth, body state, breeding performance in gilts, primiparous sows. *Society for Reproduction, Fertility Supplement*. 66: 281-91.
16. Boulot, S., H. Quesnel, N. Quiniou. 2008. Management of high prolificacy in French herds: can we alleviate side effects on piglet survival. *Advances in Pork Production*. 19: 213.
17. Boyd, R. D., Touchette, K. J., Castro, G. C. (2000). Recent advances in amino acid, energy nutrition of prolific sows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 13: 1638-1652
18. Brisbane, J.R., Chenais, J.P., (1996). Relationship between backfat, sow longevity in Canadian Yorkshire, Landrace pigs. In: *Proceedings of the 21st National Swine Improvement Conference, Annual Meeting Ottawa, Ontario, Canada*.

19. Brossard, L., Dourmad, J. Y., Rivest, J., and Milgen, J. (2009). Modelling the variation in performance of a population of growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. *Animal*, 3: 1114-1123.
20. Bruce, J. M., Clark, J. J. (1979). Models of heat production and critical temperature for growing pigs. *Animal Science*, 28: 353-369.
21. Bruder, E., G. Gourley, M. Goncalves. 2018. 313 - Effects of standardized ileal digestible lysine intake during lactation on litter, reproductive performance of Gilts. *Journal of Animal Science*. 96: 168–168.
22. Bussièrès, D. 2013. Impact of gilt breeding condition on lifetime productivity, performance. Benchmark 8th edition, PigCHAMP, Benchmark. Farms.Com, Ames, IA, USA.
23. Canario, L., Cantoni, E., Le Bihan, E., Caritez, J. C., Billon, Y., Bidanel, J. P., Foulley, J. L. 2006. Between-breed variability of stillbirth, its relationship with sow, piglet characteristics. *Journal of Animal Science*. 84: 3185-96.
24. Canario, L., Bidanel, J. P., Rydhmer, L. (2014). Genetic trends in maternal and neonatal behaviors and their association with perinatal survival in French Large White swine. *Frontiers in genetics*, 5: 410.
25. Farmer, C. 2019. Comunicación personal. Seminario Feet First Lorca.
26. Farmer, C. Feeding Gilts, Sows to Maximize Their Mammary Development, *Journal of Animal Science*. 101: 209–210.
27. Charneca, R., Nues, J. L. T., Le Dividich, J. 2010. Body composition and blood parameters of newborn piglets from Alentejano and conventional (Large White × Landrace) genotype. *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) Spanish Journal of Agricultural Research* 8:317-325. e,
28. Cole, W. H. (2003). Nutrition, management strategies to optimise performance of the modern sow, boar. *Advances in Pork Production*. 13: 47.

29. Close, W.H., Cole, D.J.A. (2000). Nutrition of sows, boars. Nottingham University Press.
30. Clowes, E. J., Aherne, F. X., Schaefer, A. L., Foxcroft, G. R., Baracos, B. E. (2003). Parturition body size, body protein loss during lactation influence performance during lactation, ovarian function at weaning in first-parity sows. *Journal of Animal Science*. 81:1517-28.
31. Cole, D.J.A. (1990). Nutritional strategies to optimize production in pigs. *Journal of Reproduction and Fertility*. 40: 67-82.
32. Coma, J., Gasa, J. (2007). Alimentación de la reposición y de la cerda primeriza. XXIII Curso de Especialización FEDNA, 133-178.
33. Craig, A., Gordon, A., Magowan, E. (2017). Understanding the drivers of improved pig weaning weight by investigation of colostrum intake, sow lactation feed intake, or lactation diet specification. *Journal of Animal Science*. 95:4499-4509.
34. DanBred 2019. Objetivos de selección y resultados
35. De Lange, C. F. M. (2013). New NRC (2012) Nutrient Requirements of Swine. *Advances in Pork Production*, 24: 17.
36. De Lange, C. F. M., Sauer, W. C., Mosenthin, R., Souffrant, W. B. (1989). The effect of feeding different protein-free diets on the recovery, amino acid composition of endogenous protein collected from the distal ileum, feces in pigs. *Journal of Animal Science*, 67: 746-754.
37. Devillers, N., Farmer, C., Le Dividich, J., Prunier, A. (2007). Variability of colostrum yield, colostrum intake in pigs. *Animal*, 1: 1033-1041
38. Dividich, J. L. (1999). A review-neonatal and weaner pig: management to reduce variation. Proceedings of the seventh biennial conference of the Australasian Pig Science Association (APSA), Adelaide, Australia, 28 November-1 December 1999.

39. Dourmad, J. Y. (1987). Composition du gain de poids de la truie gestante : prévision en fonction des apports énergétiques et protéiques. *Journées Rech. Porcine*, 10, 203-214.
40. Dourmad J.Y., 1991. Effect of feeding level in the gilt during pregnancy on voluntary feed intake during lactation, changes in body composition during gestation, lactation. *Livestock Production Science*. 27: 309-319.
41. Dourmad, J. Y., Noblet, J., Etienne, M. 1998. Effect of protein, lysine supply on performance, nitrogen balance, body composition changes of sows during lactation. *Journal of Animal Science*. 76: 542-50.
42. Dourmad, J. Y., J. Noblet, M. C. Pere, Etienne, M. (1999). Mating, pregnancy and prenatal growth. In: *Quantitative Biology of the Pig*, I. Kyriazakis, ed. Wallingford, UK: CABI. Pp. 129-152
43. Dourmad, J. Y., Étienne, M., Valancogne, A., Dubois, S., van Milgen, J., Noblet, J. 2008. InraPorc: A model, decision support tool for the nutrition of sows. *Animal Feed Science, Technology*. 143: 372-386.
44. Edwards, S. A., Matheson, S. M., Baxter, E. M. (2019). Genetic influences on intra-uterine growth retardation of piglet, management interventions for low-birth-weight piglets. In *Nutrition of hyperprolific sows* (pp. 141-166). Libro Novus.
45. Eissen, J. J., Kanis, E., Kemp, B. (2000). Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. *Livestock Production Science*. 64: 147-165.
46. Etienne, M., Noblet, J., Desmoulin, B. (1985). Mobilization of body stores in the lactating primiparous sow. *Reproduction, Nutrition, Developpement*. 25: 341-343.
47. Etienne, M., Legault, C., Dourmad, J.Y., Noblet, J. (2000). Production laitiere de la truie: estimation, composition, facteur de variation et evolution. *Journees de*

Recherche Porcine en France. 32 :253-264.

48. Fan, Z., Engen, M. (2020). Influence of age, body weight, average daily gain at first insemination of Topigs Norsvin TN70 gilts on the litter size. Aeres Hogeschool 2020
49. Farmer, C., Hurley, W.L. (2015). Mammary development. In: The Gestating, Lactating Sow. Wageningen Academic Publishers. Pp: 73-94.
50. Ferrari, C. V., Sbardella, P. E., Bernardi, M. L., Coutinho, M. L., Vaz Jr, I. S., Wentz, I., Bortolozzo, F. P. (2014). Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. Preventive veterinary medicine. 114: 259-266.
51. Feyera, T., Theil, P. K. (2017). Energy, lysine requirements, balances of sows during transition, lactation: A factorial approach. Livestock Science. 201: 50-57.
52. Feyera, T., Theil, P.K. (2014). Nutrient balances of energy, lysine, nitrogen in late gestating, early lactating sows. In: Proceedings of 65th Annual EAAP meeting. August 25-28, 2014. Copenhagen, Denmark, p. 342
53. Filha WSA, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo, F.P. (2009) Growth rate, age at boar exposure as factors influencing gilt puberty. Livestock Science. 120: 51-57.
54. Flisar T, Malovrh Š, Urankar J, et al. (2012) Effect of gilt growth rate, back fat thickness on reproductive performance. Acta agriculturae Slovenica. 100:199-203
55. Foxcroft, G.R., Aherne, F.X. (2001). Rethinking management of the replacement gilt. In: Advances in Pork Production, Ed. R.O. Ball, Dept. Agricultural, Food, Nutritional Science, University of Alberta, 12, 197-210.
56. Foxcroft, G.R. (2002). Fine tuning the breeding program. In: Proceedings of the Saskatchewan Pork Industry Symposium. November 12-14, 2002. Saskatoon,

Canada, pp. 49-61..

57. Foxcroft, G., Patterson, J., Beltranena, E., Pettitt, M. (2004). Identifying the true value of effective replacement gilt. In: Manitoba swine seminar (Vol. 18, pp. 35-51).
58. Foxcroft, G., Beltranena, E., Patterson, J., Williams, N., Pizzarro, A. (2005). Physiological limits to maximizing sow productivity. 5th London Swine Conference Proceedings. Production at the leading edge, London, Ontario, Canada, 6-7: 29-46.
59. Foxcroft, G.R., Dixon, W.T., Novak, S., Putman, C.T., Town, S.C., Vinsky, M.D. (2006). The biological basis for prenatal programming of postnatal performance in pigs. *Journal of Animal Science*. 84: E105-12.
60. Thornley, J. H. M., France, J. (1984) *Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. 2<sup>a</sup> edición. Pp: 335.
61. Frisch, A., 1988. Fatness and Fertility. *Scientific American*. 258: 70-77
62. Gadd, J (2005). *Pig Production: what the textbooks don't tell you*. Nottingham University Press. Pp: 264.
63. Gaillard, C., Quiniou, N., Gauthier, R., Cloutier, L., Dourmad, J. Y. (2020). Evaluation of a decision support system for precision feeding of gestating sows. *Journal of Animal Science*. 98: skaa255.
64. Gaughan, J. B., Cameron, R. D. A., Dryden, G. M., Josey, M. J. (1995). Effect of selection for leanness on overall reproductive performance in Large White sows. *Animal Science*. 61: 561-564.
65. Gauthier, R., Largouet, C., Gaillard, C., Cloutier, L., Guay, F., Dourmad, J.Y. (2019). Dynamic modeling of nutrient use, individual requirements of lactating sows. *Journal of Animal Science*. 97:2822-2836.
66. Gill, P. (2007). Nutritional management of the gilt for lifetime productivity –

feeding for fitness or fatness? In: Proceedings of the London Swine Conference. April 3-4, 2007. London, Ontario, Canada, pp. 83-99.

67. Gourley, K. M., G. E. Nichols, J. A. Sonderman, Z. T. Spencer, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, R. D. Goodband, S. J. Kitt, E. W. Stephenson. (2017). Determining the impact of increasing standardized ileal digestible lysine for primiparous, titimultiparous sows during lactation. *Translational Animal Science*. 1:426–436.
68. Graham, A., L. Greiner, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, Touchette, K. J. (2018). Lysine Requirement of Lactating Sows - Revisited. *Journal of Animal Science*. 96: 167–168.
69. Greiner, L., A. Graham, K. J. Touchette, M. A. D. Goncalves, Orlando, U. A. D., Connor, J. (2017). Threonine:Lysine ratio requirement in lactating sows. *J. Animal Science*. 95: 115.
70. Greiner, L., Graham, A., Goncalves, M., Orlando, U., Touchette, K. J. (2019). Evaluation of the optimal standardized ileal digestible valine: lysine ratio in lactating sow diets. *Journal of Animal Science*. 97: 2965-2971.
71. Hansen, A. V., Strathe, A. B., Kebreab, E., France, J., Theil, P. K. (2012). Predicting milk yield, composition in lactating sows: a Bayesian approach. *Journal of Animal Science*. 90: 2285-98.
72. Hansen, A.V., Lauridsen, C., Sorensen, M.T., Bach Knudsen, K.E., Theil, P.K., (2012a). Effects of nutrient supply, plasma metabolites, and nutritional status of sows during transition on performance in the next lactation. *Journal of Animal Science* 90: 466-480.
73. Hansen, A.V., Strathe, A.B., Kebreab, E., Theil, P.K., (2012b). Predicting milk yield and composition in lactating sows – a Bayesian approach. *Journal of Animal Science* 90: 2285-2298.
74. Hansen, A. V., Kebreab, E. (2013). The use of mathematical modelling in sow nutrition. London Swine Conference – Managing For Production March 27 and 202

March 28, 2013. Pp: 49-53.

75. Hansen, A. V., Strathe, A. B., Theil, P. K., Kebreab, E. (2014). Energy, nutrient deposition, excretion in the reproducing sow: model development, evaluation. *Journal of Animal Science*. 92: 2458-72.
76. Hoving, L.L., Soede, N.M., Graat, E.A.M., Feitsma, H., Kemp, B. (2010). Effect of live weight development, reproduction in first parity on reproductive performance of second parity sows. *Animal Reproduction Science*. 122: 82-89.
77. Hughes, P.E. (1982) Factors affecting the natural attainment of puberty in the gilt. In: *Control of Pig Reproduction*. Eds D. J. A. Cole, G. R. Foxcroft. Butterworths, London. Pp: 117-138.
78. Jagger, S., Toplis, P., Wellock, I., (2008). *Nutrition of the young breeding pig*. AB Agri Ltd, Peterborough, UK.
79. Ji, F., Hurley, W. L., Kim, S. W. (2006). Characterization of mammary gland development in pregnant gilts. *Journal of animal science*. 84: 579-587.
80. Jindal, R., Cosgrove, J.R., Foxcroft, G.R. (1997). Progesterone mediates nutritionally induced effects on embryonic survival in gilts. *Journal of Animal Science*. 75: 1063-1070.
81. Johnston, L.J., Bennett, C., Smits, R.J., Shaw, K. (2007). Identifying the relationship of gilt rearing characteristics to lifetime sow productivity. In: Paterson, J.E., Barker, J.A. (eds.) *Manipulating pig production XI*. Australasian Pig Science Association. Pp: 39.
82. Jørgensen, B., Sørensen, M.T. (1998) Different rearing intensities of gilts: II. Effects on subsequent leg weakness, longevity. *Livestock Production Science*. 54: 167-171
83. Kensinger, R. S., Collier, R. J., Bazer, F. W., Kraeling, R. R. (1986). Effect of number of conceptuses on maternal hormone concentrations in the pig. *Journal of animal science*. 62: 1666-1674.

84. Kim, S. W., Osaka, I., Hurley, W. L., Easter, R. A. (1999). Mammary gland growth as influenced by litter size in lactating sows: impact on lysine requirement. *J Animal Science*. 77:3316-21
85. Kim, S.W., Easter, R. A. (1999). Establishing nutrient requirements for the lactating sow: A summary of recent Illinois Research.
86. Kim, S.W., Hurley, W. L., Han, I. K., Easter, R. A. (1999). Changes in tissue composition associated with mammary gland growth during lactation in sows. *Journal of Animal Science*. 77: 2510-6.
87. Kim, S.W., Hurley, W. L., Han, I. K., Stein, H. H., Easter, R. A. (1999). Effect of nutrient intake on mammary gland growth in lactating sows. *Journal of Animal Science*. 77: 3304-15.
88. Kim, S. W., D. H. Baker, R. A. Easter. (2001). Dynamic ideal protein, limiting amino acids for lactating sows: the impact of aminoacid mobilization. *Journal of Animal Science*. 79: 2356–2366.
89. Kim, S.W., Hurley, W. L., Wu, G., Ji, F. (2009). Ideal amino acid balance for sows during gestation, lactation. *Journal of Animal Science*. 87: E123-32.
90. Kim, S.W., Wu, G. (2009). Regulatory role for amino acids in mammary gland growth, milk synthesis. *Amino Acids*. 37, 89-95.
91. Kim, S.W., Weaver, A. C., Shen, Y. B., Zhao, Y. (2013). Improving efficiency of sow productivity: nutrition, health. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 4: 26.
92. Kim, J.S., Yang, X., Pangeni, D., Baidoo, S. K. (2015). Relationship between backfat thickness of sows during late gestation, reproductive efficiency at different parities. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*. 65: 1-8.
93. King, R. H., Dunkin, A. C. (1986). The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows 3. The response to graded increases in food

intake during lactation. *Animal Production*. 42: 119-125.

94. Kirkwood, R.N., Mitaru, B.N., Gooneratne, A.D., Blair, R., Thacker, P.A. (1988). The influence of dietary energy intake during successive lactations on sow prolificacy. *Canadian Journal of Animal Science*. 68: 283-290.
95. Knauer, M.T., Stalder, K.J., Serenius, T., Baas, T.J., Berger, P.J., Karriker, L., Goodwin, R.N., Johnson, R.K., Mabry, J.W., Miller, R.K., Robison, O.W., Tokach, M.D. (2010). Factors associated with sow stayability in 6 genotypes. *Journal of Animal Science*. 88: 3486-3492.
96. Knecht, D., Srodon, S., Czyz, K. (2020). Does the degree of fatness, muscularity determined by ultrasound method affect sows' reproductive performance? *Animals*. 10:794.
97. Knight, J. W., Bazer, F. W., Thatcher, W. W., Franke, D. E., Wallace, H. D. (1977). Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized-ovariectomized gilts: interrelations among hormonal status, placental development, fetal fluids and fetal growth. *Journal of Animal Science*. 44: 620-637.
98. Kraeling, R. R., Webel, S. K. (2015). Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 6: 1-14.
99. Krogh, U., Bruun, T. S., Amdi, C., Flummer, C., Poulsen, J., Theil, P. K. (2015). Colostrum production in sows fed different sources of fiber, fat during late gestation. *Canadian Journal of Animal Science*. 95, 211-223.
100. Kummer, R., Bernardi, M. L., Schenkel, A. C., Amaral Filha, W. S., Wentz, I., Bortolozzo, F. P. (2009). Reproductive performance of gilts with similar age but with different growth rate at the onset of puberty stimulation. *Reproduction in Domestic Animals*. 44: 255-259.
101. Langendijk, P. (2015). Early gestation feeding, management for optimal reproductive performance. In *The gestating, lactating sow Wageningen*

Academic Publishers. Pp. 1145-1153.

102. Li, Q., Yuan, X., Chen, Z., Zhang, A., Zhang, Z., Zhang, H., Li, J. (2018). Heritability estimates and effect on lifetime reproductive performance of age at puberty in sows. *Animal Reproduction Science*. 195: 207-215.
103. Maes, D. G. D., Janssens, G. P. J., Delputte, P., Lammertyn, A., de Kruif, A. (2004). Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: Relationship with reproductive efficiency, correlation with visual body condition scores. *Livestock Production Science*. 91: 57-67.
104. Magnabosco, D., Cunha, E.C.P., Bernardi, M.L., Wentz, I., Bortolozzo, F.P. (2014) Effects of age, growth rate at onset of boar exposure on oestrus manifestation, first farrowing performance of Landrace × Large White gilts. *Livestock Science*. 169: 180-4.
105. Manner, M.J., McCrea, M.R. (1963). Changes in the chemical composition of sow-reared piglets during the 1st month of life. *British Journal of Nutrition*. 17: 495-513.
106. TOPIGS NORVINS. (2018) Manual de Recomendaciones TN70.
107. Masaka, L., Sungirai, M., Nyamukanza, C., Bhondai, C. (2014) Sow removal in a commercial pig herd in Zimbabwe. *Tropical Animal Health Production*. 46:725-31.
108. Mathews-Oliver, S. A. (2004). Investigating the effects of long chain polyunsaturated fatty acids on lipid metabolism and body composition in the neonatal pig.
109. McPherson, R. L., Ji, F., Wu, G., Blanton, J. R., Jr., Kim, S. W. (2004). Growth, compositional changes of fetal tissues in pigs. *Journal of Animal Science*. 82: 2534-40.
110. Miller, P. S., Moreno, R., Johnson, R. K. (2011). Effects of restricting energy during the gilt developmental period on growth and reproduction of lines

differing in lean growth rate: responses in feed intake, growth, and age at puberty. *Journal of animal science*. 89: 342-354.

111. Moehn, S., R. O. Ball. (2013). Nutrition of pregnant sows. In: *Proceedings of the 2013 London Swine Conference, Managing for Production*, London, Ontario. 55-63
112. Moreira, R. H. R., Palencia, J. Y. P., Moita, V. H. C., Caputo, L. S. S., Saraiva, A., Andretta, I., Ferreira, R. A., de Abreu, M. L. T. (2020). Variability of piglet birth weights: A systematic review, metaanalysis. *Journal of Animal Physiology Animal Nutrition*. 104: 657–666.
113. Mosnier, E., Etienne, M., Ramaekers, P., Père, M. C. (2010). The metabolic status during the peri partum period affects the voluntary feed intake, the metabolism of the lactating multiparous sow. *Livestock Science*. 127: 127-136.
114. Moughan, P. J. (1999). Protein metabolism in the growing pig. in *Quantitative Biology of the Pig*, I. Kyriazakis, ed. Wallingford, UK: CABI. Pp. 299-331
115. Mullan, B.P., Williams, I.H. (1989). The effect of body reserves at farrowing on the reproductive performance of first-litter sows. *Animal Production*. 48: 449-457.
116. National Research Council (NRC). 2012. *Nutrient Requirements of Swine*. National Academy Press, Washington DC.
117. Newton, E.A., Mahan, D.C. (1993). Effect of initial breeding weight, management system using a high-producing sow genotype on resulting reproductive performance over three parities. *Journal of Animal Science*. 71: 1177-1186.
118. Noblet, J., Close, W. H., Heavens, R. P., Brown, D. (1985). Studies on the energy metabolism of the pregnant sow: 1. Uterus and mammary tissue development. *British journal of nutrition*. 53: 251-265.
119. Noblet, J., Etienne, M. (1987). *Metabolic Utilization of Energy, Maintenance*

Requirements in Lactating Sows. *Journal of Animal Science*, 64: 774.

120. Noblet, J., Dourmad, J. Y., Le Dividich, J., Dubois, S. (1989). Effect of ambient temperature and addition of straw or alfalfa in the diet on energy metabolism of pregnant sows. *Livestock Production Science*. 21: 309-324.
121. Noblet, J., M. Etienne. (1989). Estimation of sow milk nutrient output. *Journal of Animal Science*. 67: 3352-3359.
122. Noblet, J., Dourmad, J. Y., Etienne, M. (1990). Energy utilization in pregnant, lactating sows: modeling of energy requirements. *Journal of Animal Science*. 68:562-72.
123. Noblet, J., Fortune, H., Shi, X. S., Dubois, S. (1994). Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science*. 72:344-354.
124. Noblet, J., Dourmad, J. Y., Etienne, M., Le Dividich, J. (1997). Energy metabolism in pregnant sows and newborn pigs. *Journal of Animal Science*. 75:2708-2714.
125. Noblet, J., Karege, C., Dubois, S., van Milgen J. (1999). Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: Effects of sex and genotype. *Journal of Animal Science*. 77:1208-1216.
126. Noguera, J.L. (2020). Avances en la mejora genética porcina. Avances en porcicultura. Claves del futuro. Editorial Servet. Pp: 208.
127. Palomo, A. (2019). Use of hyperprolific sows, implications. Nutrition of hyperprolific sows. Novus International, Inc. Editorial Agricola Española, S.A. Pp: 208.
128. Pastorelli, G., Neil, M., Wigren, I. (2009). Body composition and muscle glycogen contents of piglets of sows fed diets differing in fatty acids profile and contents. *Livestock science*. 123: 329-334.
129. Patterson, J.L., Ball, R.O., Willis, H.J., Aherne, F.X., Foxcroft, G.R., (2002). The effect of lean growth on puberty attainment in gilt. *Journal of Animal Science*. 80: 1299-1310.

130. Patterson, J. L., Beltranena, E., Foxcroft, G. R. (2010). The effect of gilt age at first estrus, breeding on third estrus on sow body weight changes, long-term reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 88: 2500-13.
131. Pedersen, T. F., Chang, C. Y., Trottier, N. L., Bruun, T. S., Theil, P. K. (2019). Effect of dietary protein intake on energy utilization, feed efficiency of lactating sows. *Journal of Animal Science*. 97: 779-793.
132. Pere, M. C., Dourmad, J. Y., Etienne, M. (1997). Effect of number of pig embryos in the uterus on their survival and development and on maternal metabolism. *Journal of Animal Science*. 75: 1337-1342.
133. Père, M. C., Etienne, M. (2007). Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. *Journal of Animal Science*. 85: 101-110.
134. Pettigrew, A. M. (1992). The character, significance of strategy process research. *Strategic management journal*. 13: 5-16.
135. Pinilla, J.C., Teuber, R., Thompson, B., Coates, J., Piva, J., Canavate, S., Molinari, R. (2013). Gilt management for 35 PSY. In: *Proceedings of the PIC Boot Camp, Fort Wayne, IN, USA, 31 October 2013*.
136. Pomar, C., Harris, D. L., Minvielle, F. (1991). Computer simulation model of swine production systems: II. Modeling body composition, weight of female pigs, fetal development, milk production, growth of suckling pigs. *Journal of animal science*, 69: 1489-1502..
137. Pomar, C. (2014). The utilization of mathematical models to improve swine production. *Prod*. 19:213-220
138. Quesnel, H., Mejia-Guadarrama, C. A., Dourmad, J. Y., Farmer, C., Prunier, A. (2005). Dietary protein restriction during lactation in primiparous sows with different live weights at farrowing: I. Consequences on sow metabolic status, litter growth. *Reproduction Nutrition Development*. 45: 39-56.
139. Quesnel, H., Mejia-Guadarrama, C.A., Pasquier, A., Dourmad, J.Y., Prunier, A.

- (2005b). Dietary protein restriction during lactation in primiparous sows with different live weights at farrowing: II. Consequences on reproductive performance, interactions with metabolic status. *Reproduction Nutrition Development*. 45: 57-68.
140. Quesnel, H., Brossard, L., Valancogne, A., Quiniou, N. (2008). Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. *Animal*, 2: 1842-9.
141. Quesnel, H. (2011). Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*. 5: 1546-1553.
142. Quesnel H, Farmer C. (2019). Review: nutritional, endocrine control of colostrogenesis in swine. *Animal*. 13: s26-s34.
143. Quiles, A, Hevia, M. L. (2007). Manejo y preparación de las cerdas nulíparas (1ªParte). *Producción Animal*, Abril, 42-53.
144. Quiniou, N., Noblet, J., 1999. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science* 77: 2124-2134.
145. Quiniou, N., Dagorn, J., Gaudré, D. (2002) Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science*. 78, 63-70
146. Ren, P., Yang, X. J., Kim, J. S., Menon, D., Baidoo, S. K. (2017). Effect of different feeding levels during three short periods of gestation on sow, litter performance over two reproductive cycles. *Animal Reproduction Science*. 177: 42-55.
147. Roongsitthichai, A., Cheuchuchart, P., Chatwijitkul, S., Chantarothai, O., Tummaruk, P. (2013). Influence of age at first estrus, body weight, and average daily gain of replacement gilts on their subsequent reproductive performance as sows. *Livestock Science*. 151: 238-245.

148. Rostagno, H. S., Texeira Albino, L. F., Hannas, M. I., Lopes Donzele, J., Sakomura, N., Perazzo, F. G., de Oliveira Brito, C. (2017). *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos (Cuarta edición ed.)*. (H. Rostagno, Ed.) Viçosa: Universidad Federal de Viçosa.
149. Ronald, O., Ball, R.S., Samuel, S. Moehn, S. (2008). Nutrient requirements of prolific sows. *Advances in Pork Production*. 19, pg. 223
150. Rozeboom, D. W., J. E. Pettigrew, R. L. Moser, S. G. Cornelius, S. M. El Kandelgy. (1996). Influence of gilt age, body composition at first breeding on sow reproductive performance, longevity. *Journal of Animal Science*. 74: 138-150.
151. Rozeboom, D.W., Pettigrew, J.E., Moser, R.L., Cornelius, S.G., El Kandelgy, S.M., (1995). Body composition of gilts at puberty. *Journal of Animal Science*. 73: 2524-2531.
152. Sanjoaquin L., Vela A., 2015. <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/13970/articulos-porcino/manejo-de-la-cerda-hiperprolifera.html>
153. Sauber, T. E., T. S. Stahly, N. H. Williams, R. C. Ewan. (1998). Effect of lean growth genotype, dietary amino acid regimen on the lactational performance of sows. *Journal of Animal Science*. 76:1098–1111.
154. Schenkel, A. C., Bernardi, M. L., Bortolozzo, F. P., Wentz, I. (2010). Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. *Livestock science*. 132: 165-172.
155. Schinckel, A. P., Schwab, C. R., Duttlinger, V. M., Einstein, M. E. (2010). Analyses of Feed, Energy Intakes During Lactation for Three Breeds of Sows. *The Professional Animal Scientist*. 26: 35-50.
156. Serenius T, Stalder KJ. (2007). Length of productive life of crossbred sows is affected by farm management, leg conformation, sow's own prolificacy, sow's origin parity, genetics. *Animal*. 1:745-50.

157. Silva, G., R. Thompson, B. Knopf, L. Greiner, J. Soto, C. M. Vier, N. Lu, Orlando U. A. D. (2020). Effects of metabolizable energy titrated and standardized ileal digestible lysine levels on lactating sow, litter performance. *Journal of Animal Science*. 98: 95-96.
158. SIP Consultors. (2020). Resultados año 2020 - España.
159. Soede, N. M., Kemp, B. (2015). Best practices in the lactating, weaned sow to optimize reproductive physiology, performance. In *The gestating, lactating sow* Wageningen Academic Publishers. Pp. 99-106.
160. Solá-Oriol, D., Gasa, J. (2017). Feeding strategies in pig production: Sows, their piglets. *Animal Feed Science, Technology*. 233: 34–52.
161. Soltwedel, K. T., Easter, R. A., Pettigrew, J. E. (2006). Evaluation of the order of limitation of lysine, threonine, valine, as determined by plasma urea nitrogen, in corn-soybean meal diets of lactating sows with high body weight loss. *Journal of Animal science*. 84: 1734-1741.
162. Strathe, A. V., Bruun, T. S., Zerrahn, J. E., Tauson, A. H., Hansen, C. F. (2016). The effect of increasing the dietary valine-to-lysine ratio on sow metabolism, milk production, litter growth. *Journal of Animal Science*. 94: 155-164.
163. Tan J, Wang M, Sun H, Wang C, Wei H, Jiang S, Zhou Y, Peng J. (2022) Optimizing feeding regimen of replacement gilts to improve their reproductive performance, retention rate of their first 2 parities, *Animal Nutrition Journal*. 12:227-235.
164. Tarrés, J., Tibau, J., Piedrafita, J., Fàbrega, E., Reixach, J. 2006. Factors affecting longevity in maternal Duroc swine lines. *Livestock Science*. 100: 121-131.
165. Thaker, M. Y., Bilkei, G. (2005). Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. *Anim Reprod Sci*, 88, 309-18. the uterus on their survival, development, on maternal metabolism. *Journal of Animal Science*. 75: 1337-1342.

166. Theil, P. K., Flummer, C., Hurley, W. L., Kristensen, N. B., Labouriau, R. L., Sorensen, M. T. (2014). Mechanistic model to predict colostrum intake based on deuterium oxide dilution technique data, impact of gestation, preparturition diets on piglet intake, sow yield of colostrum. *Journal of Animal Science*. 92: 5507-19.
167. Theil, P. K., Krogh, U., Bruun, T. S., Feyera, T. (2022). Feeding the modern sow to sustain high productivity. *Molecular Reproduction, Development*. 90: 517-532.
168. Thiengpimol P, Koonawootrittriron S, Suwanasopee T. (2022) Genetic, phenotypic correlations between backfat thickness, weight at 28 weeks of age, reproductive performance in primiparous Landrace sows raised under tropical conditions. *Tropical Animal Health Production*. 54:43.
169. Tokach, M. D., Menegat, M. B., Gourley, K. M., Goodband, R. D. (2019). Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. *Animal*. 13: 2967–2977.
170. Touchette, K., R. Hinson, M. Goncalves. (2018). Determination of Sid Val: Lys Requirements in Lactating Sows. *Journal of Animal Science*. 96: 26–27.
171. Town, S.C., Putman, C.T., Turchinsky, N.J., Dixon, W.T., G.R. Foxcroft, (2004). Number of conceptuses in utero affects porcine fetal muscle development. *Reproduction*. 128:443-454.
172. Tribout, T., Caritez, J.C., Gogu e, J., Gruand, J. et al. (2003) Estimation of realised genetic trend in French Large white pigs from 1977 to 1998 using frozen semen : results for some female reproduction traits. *Journe de Recherche on Porcine Franciase*. 35: 285-292.
173. Trottier, N.L., Johnston, L.J. (2001). Feeding gilts during development, sows during gestation, lactation. In: Lewis, A.J., Southern, L.I. (eds.) *Swine Nutrition*, 2nd edition. CRC Press, Washington, DC, USA. Pp. 725-770.
174. Tummaruk, P., Lundeheim, N., Einarsson, S., Dalin, A.M. (2001) Effect of birth

litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness, age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. *Animal Reproduction Science*. 66: 225–237.

175. Tummaruk, P., Tantasuparuk, W., Techakumphu, M., Kunavongkrit, A. (2007) Age, body weight, backfat thickness at first observed oestrus in crossbred Landrace × Yorkshire gilts, seasonal variations, their influence on subsequent reproductive performance. *Animal Reproduction Science*. 99: 167–181.
176. Tummaruk, P., Pearodwong, P. (2015). Postparturient disorders and backfat loss in tropical sows associated with parity, farrowing duration and type of antibiotic. *Tropical Animal Health and Production*. 47: 1457-1464.
177. Tybirk, P., Sloth, N. M., Kjeldsen, N. I. E. L. S., Shooter, H. Tybirk, P., Sloth, N.M., Sønderby Bruun, T., Hales, J. (2020). Danish nutrient standards. SEGE S Danish Pig Research Centre. 35<sup>a</sup> edición.
178. Vadmand, C. N., Krogh, U., Hansen, C. F., Theil, P. K. (2015). Impact of sow, litter characteristics on colostrum yield, time for onset of lactation, milk yield of sows. *Journal of Animal Science*. 93: 2488-500.
179. Van Milgen, J., Valancogne, A., Dubois, S., Dourmad, J.Y., Sève, B., Noblet, J. (2008) InraPorc: A model, decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 143: 387-405.
180. Van Milgen, J., Quiniou, N., Noblet, J. (2000). Modelling the relation between energy intake and protein and lipid deposition in growing pigs. *Animal Science*. 71: 119-130.
181. Van Wettere, W. H. E. J., Hughes, P. E., (2007). Gilt management, oocyte quality and embryo survival. In J. Wiseman M. A. Varley S. McOrist & B. Kemp (Eds.), *Paradigms in pig science*. Nottingham University Press. Pp: 329–358.
182. Verstegen, M. W., Curtis, S. E. (1988). Energetics of sows and gilts in gestation crates in the cold. *Journal of animal science*. 66: 2865-2875.

183. Weldon, W.C., Lewis, A.J., Louis, G.F., Kovar, J.L., Giesemann, M.A., Miller, P.S. (1994). Postpartum hypophagia in primiparous sows: I. effects of gestation feeding level on feed intake, feeding behavior, plasma metabolite concentrations during lactation. *Journal of Animal Science*. 72: 387-394.
184. Whittemore, C. T. (1986). An approach to pig growth modeling. *Journal of Animal Science*. 63: 615-621.
185. Williams, I. H., Close, W. H., Cole, D. J. A. (1985). Strategies for sow nutrition: Predicting the response of pregnant animals to protein and energy intake. Pp. 133-147 in *Recent Advances in Animal Nutrition*, W. Haresign and D. J. A. Cole, eds. London: Butterworth-Heinemann
186. Williams, N. L., J. Patterson, G. Foxcroft. (2005). Non-negotiables of gilt development. In: G. R. Foxcroft, R. O. Ball (eds.) *Advances in pork production* No. 15. p 281-289. Agricultural Food, Nutritional Science, University of Alberta, Alberta.
187. Wood, R. D., Chaney, C. H., Waddill, D. G., Garrison, G. W. (1967). Effect of adding nitrate or nitrite to drinking water on the utilization of carotene by growing swine. *Journal of Animal Science*. 26: 510-513.
188. Wu, G., Ott, T. L., Knabe, D. A., Bazer, F. W. (1999). Amino acid composition of the fetal pig. *Journal of Nutrition*. 129: 1031-8.
189. Wu, G., Bazer, F.W., Wallace, J.M., Spencer, T.E. (2006). Board-invited review: Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science*. 84: 2316-2337.
190. Xue, L., X. Piao, D. Li, P. Li, R. Zhang, S. Kim, B. Dong. (2012). The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance, blood metabolites, hormones of lactating sows. *J Journal of Animal Science and Biotechnology*. 3:11.
191. Yang, H., Eastham P.R., Phillips, P., Whittemore, C.T. (1989). Reproductive performance, body weight, body condition of breeding sows with differing

body fatness at parturition, differing nutrition during lactation, differing litter size. *Animal Production*. 48: 181-201.

192. Yang, H., Pettigrew, J. E., Johnston, L. J., Shurson, G. C., Wheaton, J. E., White, M. E., Koketsu, Y., Sower, A. F., Rathmacher, J. A. (2000). Effects of dietary lysine intake during lactation on blood metabolites, hormones, reproductive performance in primiparous sows. *Journal of Animal Science*. 78: 1001-9.
193. Young, L.G., King, G.J., Walton, J.S., McMillan, I., Klevorick, M. (1990). Age, weight, backfat, time of mating effects on performance of gilts. *Canadian Journal of Animal Science*. 70: 469-481.
194. Young, M., Aherne, F. (2005). Monitoring, maintaining sow condition. *Advances in Pork Production*. 16: 299-313.
195. Young, M. G. 2004. Effect of sow parity, weight at service on target maternal weight, energy for gain in gestation. *American Society of Animal Science. Journal of Animal Science*. 83: 255-61.
196. Young, M. G., Aherne, F. X., Main, R. G., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Nelssen, J. L., Dritz, S. S. (2003). Comparison of three methods of feeding sows in gestation and the subsequent effects on lactation performance. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*. 10: 19-32.
197. Zak, L. J., Xu, X., Hardin, R. T., Foxcroft, G. R. (1997). Impact of different patterns of feed intake during lactation in the primiparous sow on follicular development and oocyte maturation. *Reproduction*. 110: 99-106.



