



Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Factores de variabilidad del peso en lechones de cerdas hiperprolíficas

Weight variability factors in piglets of hyperprolific sows

Autor/es

Claudia Salvador Cros

Director/es

Emilio Magallón Botaya  
José Luis Olleta Castañer

Facultad de Veterinaria

2022

---

## ÍNDICE

1.	RESUMEN/ABSTRACT .....	3
2.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.1	El sector porcino español en la actualidad.....	4
3.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	6
4.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	7
4.1	Granja y animales estudiados .....	7
4.2	Metodología .....	8
4.3	Análisis estadístico .....	9
5.	LA CERDA HIPERPROLÍFICA .....	10
5.1	Desventajas de la cerda hiperprolífica .....	10
6.	FACTORES DE VARIABILIDAD DEL PESO DEL LECHÓN AL NACIMIENTO DE LAS CERDAS HIPERPROLÍFICAS .....	12
6.1	Tamaño de la camada .....	12
6.2	Capacidad uterina y eficiencia placentaria .....	14
6.3	Posición dentro del útero.....	15
6.4	Raza/Genotipo.....	15
6.5	Paridad de la cerda.....	16
6.6	Condición corporal y espesor de grasa dorsal .....	17
6.7	Desarrollo folicular y tasa ovulatoria .....	18
6.8	Edad de la cerda a la primera cubrición.....	18
6.9	Duración de la gestación .....	18
6.10	Duración de la lactación e intervalo destete cubrición.....	19
6.11	Sexo del lechón .....	19
6.12	Estrés materno .....	19
6.13	Estacionalidad .....	20
6.14	Alimentación .....	20
6.15	Micotoxinas.....	22
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
8.	CONCLUSIONES/CONCLUSIONS .....	30
9.	VALORACIÓN PERSONAL Y AGRADECIMIENTOS .....	32
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	33

## **1. RESUMEN**

La hiperprolificidad es un carácter sobre el cual se ha ejercido una presión de selección genética importante en los últimos años, lográndose un aumento del tamaño de la camada en detrimento de la disminución en el peso al nacer de los lechones y la uniformidad de la camada. Este Trabajo Fin de Grado (TFG) tiene como objetivos (1) analizar la influencia de los diferentes factores de variabilidad en el peso al nacer de los lechones de las cerdas hiperprolíficas y (2) observar cómo estos factores influyen sobre el peso al nacimiento de los lechones empleados en la prueba de campo realizada en comparación con la literatura científica citada. Para ello se llevó a cabo una revisión bibliográfica al respecto y se realizó un estudio de campo con 241 cerdas hiperprolíficas y sus camadas, registrándose el peso de los lechones al nacimiento, el número de nacidos totales (NT), nacidos vivos (NV), nacidos muertos (NM) y nacidos momificados (MM), así como el sexo del lechón, la paridad, edad a la primera cubrición y duración de la gestación de la cerda. Los resultados mostraron que el aumento del tamaño de camada se asoció a lechones con menor peso al nacimiento y mayor proporción de lechones de bajo peso. Cada lechón nacido de más supuso una reducción de 0,023 kg en el peso al nacer del lechón. Factores como la paridad de la cerda, duración de la gestación y edad a la primera cubrición también tuvieron impacto sobre el peso al nacimiento del lechón.

## **ABSTRACT**

Hyperprolificacy is a trait on which an important genetic selection pressure has been exerted in recent years, achieving an increase in litter size to the detriment of a decrease in piglet birth weight and litter uniformity. The aim of this Final Degree Project (TFG) was (1) to analyse the influence of different variability factors on the piglet birth weight of hyperprolific sows and (2) to observe how these factors influence the piglet birth weight used in the field test carried out in comparison with the scientific literature cited. For this purpose, a literature review was carried out and a field study was performed with 241 hyperprolific sows and their litters. The piglet birth weight, total number of piglets born (NT), born alive (NV), stillborn (NM), mummified (MM) and piglet sex were recorded, as well as sow parity, first-mating age and gestation length. The results showed that increased litter size was associated with lower birth weight piglets and a higher proportion of low birth weight piglets. Each additional piglet born was associated with a 0.023 kg reduction in piglet birth weight. Factors such as sow parity, gestation length and first-mating age also had an impact on piglet birth weight.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Durante las últimas décadas la producción porcina ha experimentado grandes avances científicos y prácticos en el sector, logrando una gran especialización en todas sus áreas con el objetivo de incrementar la eficiencia productiva y satisfacer así la demanda del mercado.

El tamaño medio de las explotaciones está aumentando y se están incorporando grandes mejoras a nivel de instalaciones, manejo, sanidad, genética, alimentación, ... dando lugar a producciones mucho más tecnificadas que hace unos años. El objetivo es conseguir la máxima productividad de sus animales. En concreto, en las granjas de reproductoras esto se consigue obteniendo cerdas que produzcan el mayor número de lechones destetados por cerda y año. Por ese motivo, desde los años noventa se vio la necesidad de cambiar los objetivos de selección con el propósito de incorporar líneas genéticas más prolíficas con mayor número de lechones nacidos vivos, parámetro que ha ido mejorando con el paso de los años.

Cada vez son más las granjas que emplean líneas hiperprolíficas, convirtiéndose en una parte importante del presente y futuro de la producción porcina. Además, las empresas de genética trabajan continuamente por conseguir líneas cada vez más productivas mediante la selección de ciertos caracteres con el fin de obtener una mejora de los parámetros reproductivos y productivos, tales como mayor número de lechones/cerda y año. Sin embargo, estas líneas de cerdas hiperprolíficas también tienen rasgos indeseables que merman el aumento de la eficiencia productiva, tales como menor peso al nacimiento de los lechones y camadas más heterogéneas con menor rendimiento y eficiencia alimentaria. Debemos entender que una cerda hiperprolífica no tiene las mismas necesidades que una cerda de menor prolificidad por lo que es fundamental conocer sus requerimientos y trabajar sobre aquellos factores que limitan su rendimiento para conseguir la máxima eficiencia productiva. Así pues, las cerdas hiperprolíficas suponen un reto para el sector porcino donde la investigación y el desarrollo de nuevas estrategias en el manejo son necesarias para potenciar sus fortalezas y minimizar sus debilidades, logrando optimizar y rentabilizar al máximo su potencial genético con el fin de conseguir una explotación lo más eficiente y productiva posible (Sanjoaquín, 2014).

### **2.1 El sector porcino español en la actualidad**

Desde las últimas décadas, el sector de la producción porcina está viviendo un fuerte crecimiento tanto a nivel nacional como internacional, alcanzando cifras productivas récord en España en el año 2020. La producción mundial de carne de cerdo en 2020 fue de 95,76 millones de toneladas, un 0,8% menos que en 2019, debido principalmente a las reducciones de producción causadas por la Peste Porcina Africana (PPA) en China de 2018 a 2020. En 2021, la

producción aumentó un 11% respecto al año anterior, superando los 107 millones de toneladas, liderado por la recuperación productiva de China. Para el año 2022 se prevé que la producción mundial aumente en torno al 3% con 110,5 millones de toneladas, principalmente por el aumento de la producción en China, que compensaría la escasez de suministros y el aumento en los precios en la Unión Europea a causa de la guerra de Ucrania (USDA, 2022). En cuanto a la Unión Europea, esta es el segundo productor mundial por detrás de China (47,5 millones de toneladas de carne producidas en 2021) con 23,7 millones de toneladas en el año 2021 (+2% que en 2020), siguiéndole Estados Unidos con 12,5 millones de toneladas (-0,5% que en 2020) (3tres3, 2020).

Según el informe del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) de 2020, hasta el año 2021, España se situaba como el segundo país productor de carne de cerdo a nivel europeo después de Alemania, con un 21,8% y 22% respectivamente de la producción total comunitaria. Sin embargo, debido al brote de PPA desatado en Alemania, en el periodo entre enero y septiembre de 2021 España se convierte por primera vez en el mayor productor europeo con 3,82 millones de toneladas de carne producida superando a Alemania (3,73 millones de toneladas), situándose como el tercer productor mundial (3tres3, 2022). La producción de carne de cerdo en España está en auge, obteniendo 5,19 millones de toneladas en 2021, lo que supone un 3,82% más respecto al año anterior (3tres3, 2022). Así mismo, durante las últimas décadas, España ha mejorado espectacularmente la productividad numérica de sus granjas, destetando de media 30,3 lechones por cerda productiva y año en 2020, lo que se traduce en un incremento de 0,34 lechones/año durante los últimos 30 años (BDporc, 2022) (Figura 1). Esto equivale a destetar en torno a 3,3 lechones menos que Dinamarca, país de referencia en genética y producción porcina (SEGES).

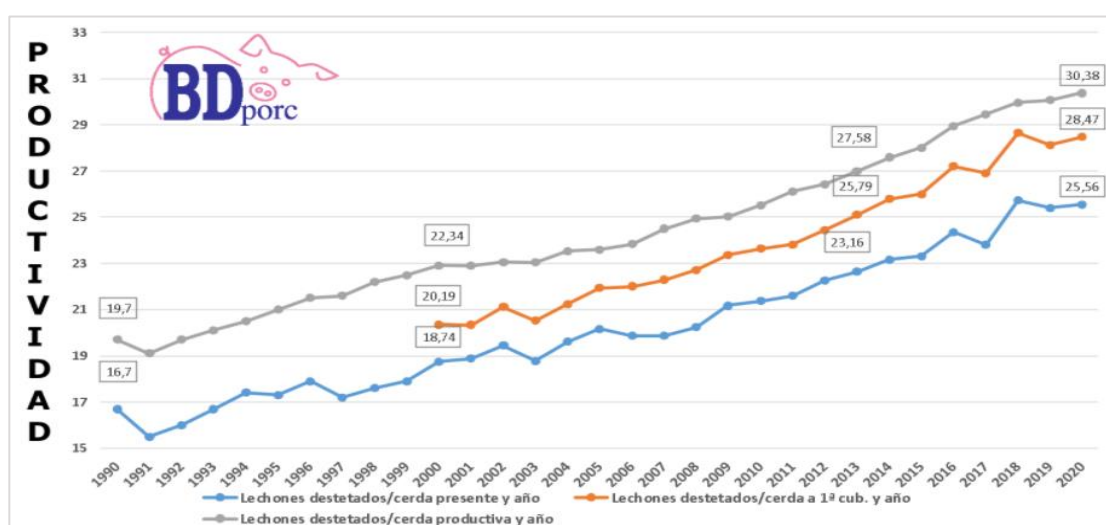


Figura 1. Evolución de la productividad numérica en España 1990-2020 (BDporc, 2022).

Este aumento de productividad conlleva un incremento en el número de lechones NT y NV por camada (Figura 2), siendo el promedio de 16 NT y 14,6 NV en el año 2020 (BDporc, 2022).

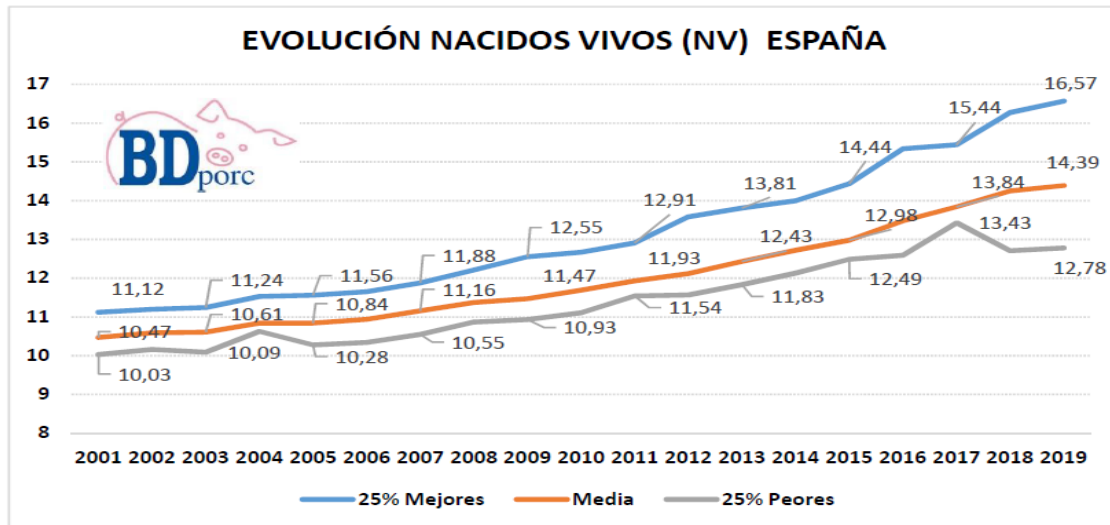


Figura 2. Evolución de nacidos vivos (NV) en España 2001-2019 (BDporc, 2022).

### 3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La realización de este TFG tiene como primer objetivo analizar cómo influyen los diferentes factores de variabilidad sobre el peso al nacimiento de los lechones de las cerdas hiperprolíficas ya que las consecuencias que tiene el peso al nacimiento sobre la supervivencia y el crecimiento de los lechones están ampliamente descritas en innumerables estudios. Sin embargo, consideramos que los factores de variabilidad del peso al nacimiento del lechón han sido menos estudiados a pesar de la gran repercusión que tiene sobre el rendimiento productivo de estas líneas genéticas.

El segundo objetivo es realizar un estudio de campo en una granja porcina de reproductoras para evaluar el peso al nacimiento de los lechones procedentes de un cruce genético determinado de cerdas F1 Landrace (LD) x Large White (LW) con semen de machos Pietrain como línea paterna finalizadora; y analizar cómo se ve influenciado por diferentes factores de variabilidad, tales como el tamaño de la camada, orden de paridad de la cerda, edad a la primera cubrición, duración de la gestación y sexo del lechón, comparando los resultados con la bibliografía existente.

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1 Granja y animales estudiados**

El estudio se llevó a cabo en en una granja comercial intensiva de reproductoras ubicada en el municipio de Tauste (Zaragoza), la cual se dedica a la producción de lechones, donde la cerda cría al lechón hasta el destete, momento en el que los lechones son enviados a la explotación de cebo.

La granja cuenta aproximadamente con 3200 hembras reproductoras, que se distribuyen en diferentes naves en función de la fase productiva: cuarentena, cubrición-control, gestación confirmada y maternidad. Se trabaja con un sistema de producción por bandas semanales, lo que implica que semanalmente se producen partos, destetes e inseminaciones. En la nave de gestación confirmada, las cerdas se alojan en grupo en parques con capacidad para 40-60, con estaciones de alimentación electrónica. En la nave de cubrición-control, las cerdas están alojadas en parques con jaulas sencillas que permiten mantener la puerta abierta o cerrada dependiendo del momento del ciclo. La nave de maternidad tiene 15 salas con 52 plazas cada una, donde la cerda se aloja de forma individual. Cada sala tiene las parideras distribuidas en 4 filas en batería separadas por 2 pasillos (Figura 3). Cada lote de cerdas pertenecientes a una banda semanal se distribuye a lo largo de 3 salas de maternidad, existiendo una capacidad máxima para 156 cerdas por semana. Las cerdas se encuentran estabuladas bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y ventilación. El presente estudio se realizó durante los meses más calurosos (julio y agosto), alcanzando temperaturas máximas de 42°C en el exterior y 30,3°C en las salas de maternidad, con una temperatura media de 27,3°C (24,3°C - 30,3°C). En cuanto a la alimentación, se trabaja con curvas de alimentación que varían en función de si la cerda es nulípara o multípara, su condición corporal (CC) y el momento del ciclo productivo.

Como línea materna se utilizan madres híbridas (cruce de las razas Landrace y Large White) de la empresa genética DNA, que son seleccionadas genéticamente en base a los resultados productivos y reproductivos de sus progenitores y descendencia con el fin de obtener una línea genética altamente productiva. Estas cerdas se caracterizan por su alta prolificidad, buena conformación y capacidad maternal, produciendo camadas grandes y uniformes con lechones de alta calidad, excelente índice de conversión del alimento y ganancia media diaria (DNA Genetics, 2022). Como línea paterna se utiliza semen procedente de machos finalizadores de raza Pietrain, caracterizados por su alto porcentaje magro. Este semen proviene siempre del mismo centro de inseminación. Así pues, mediante este cruce, se pretende obtener grandes camadas con buena producción cárnica.



*Figura 3. Distribución de la sala de maternidad de la granja de estudio.*

La selección de cerdas para el estudio de pesos al nacimiento se realizó en función de los partos producidos a lo largo de 2 bandas semanales, por lo que la duración del estudio de campo fue de aproximadamente dos semanas. Se trabajó con datos de 241 cerdas y 4169 lechones procedentes de sus camadas, de las cuales 44 son de primer parto, 18 de segundo, 15 de tercero, 62 de cuarto y 100 de quinto parto.

#### **4.2 Metodología**

Para el análisis de la información se registraron los datos obtenidos de 241 cerdas y sus respectivas camadas. Estas cerdas fueron cruzadas con semen de machos Pietrain mediante inseminación artificial. Se registró el crotal de la cerda, el número de parto actual, duración de la gestación, edad a la primera cubrición, fecha de parto y se cuantificó el número de lechones NT (NV+ NM+ MM), NV, NM y MM.

Para el estudio del peso al nacimiento se registró mediante balanza electrónica de precisión (Figura 4) el peso al nacimiento de 3483 NV de un total de 3614 NV procedentes de las camadas de las 241 cerdas objeto de estudio. No fue posible pesar la totalidad de los lechones NV debido a la incompatibilidad con las tareas de manejo diarias de la granja. Se pesaron los lechones nacidos vivos antes de las 24 horas posteriores al nacimiento. Los partos ocurridos durante la noche y los que todavía estaban en curso a última hora de la jornada se pesaron a primera hora de la mañana del día siguiente. Se excluyeron del estudio todas las camadas que no pudieron ser pesadas antes de las 24 horas de vida. No se registró el peso de los lechones muertos ni momificados. Para el pesaje se tomó como referencia el momento en el que la totalidad de la placenta fuera expulsada, con el objetivo de estandarizar las condiciones de los lechones. Al mismo tiempo se realizó diferenciación por sexos de los lechones nacidos vivos, anotándose el resultado.



*Figura 4. Pesaje de lechones al nacimiento mediante balanza electrónica y registro de los datos obtenidos.*

### **4.3 Análisis estadístico**

El análisis estadístico se ha llevado a cabo mediante el programa SPSS v.26 y se han tenido en cuenta las siguientes variables:

- NT, NV y MM.
- Paridad de la cerda
- Duración de la gestación
- Edad a la primera cubrición
- Sexo del lechón

El efecto de las variables cuantitativas “NT, NV y NM”, “paridad de la cerda”, “edad a la primera cubrición”, “duración de la gestación” y sus interacciones con el peso al nacimiento se determinaron mediante análisis descriptivos, estimación del coeficiente de correlación de Pearson para medir la posible relación entre las variables, ANOVA y, las posibles diferencias entre grupos se analizaron mediante la prueba de Tukey. Para la variable cualitativa “sexo del lechón” se realizó una tabla de frecuencias.

A pesar de que se parte de una muestra de 241 cerdas y sus camadas, en las variables “paridad de la cerda”, “edad a la primera cubrición” y “duración de la gestación”, el tamaño de la muestra se redujo a 239, 78 y 237 cerdas respectivamente. Esta pérdida de valores se debe a que se desconocían los datos y por tanto no se ha podido trabajar con ellos.

## **5. LA CERDA HIPERPROLÍFICA**

Las cerdas tienen una importancia fundamental en la producción porcina ya que, además de ser la unidad reproductiva, su productividad y potencial genético define el máximo potencial productivo que puede alcanzar el sistema.

La realidad es que no existe una definición clara y consensuada del término “cerda hiperprolífica”. Algunos autores la definen como aquella que pare más lechones de los que puede criar por sus propios medios, o la que tiene más lechones que tetas disponibles (Sanjoaquín, 2016), mientras que otros la definen como aquellas que paren de media más de 15 lechones NT por parto. Desde el punto de vista genético, se considera que una cerda hiperprolífica es aquella capaz de obtener 15 NV o 16 NT, o la que ha sido seleccionada para maximizar el número de NT y NV por encima de un determinado peso vivo (PV) (Top Gan, 2021). Cualquiera de las definiciones coincide en que se produce una cantidad tal de lechones que requiere de manejo extra.

La mejora de la prolificidad producida durante los últimos años se ha conseguido gracias a los avances en el manejo, así como a los avances en selección genética mediante la implementación en los años 90 del modelo “Best Linear Unbiased Prediction” (BLUP) para la estimación del valor genético sobre determinados caracteres productivos y reproductivos (Tribau, 2005), especialmente útil en los caracteres de baja heredabilidad, como en el caso de la prolificidad, pudiéndose aplicar una elevada intensidad de selección. El tamaño de camada, el peso medio de la camada o la homogeneidad del peso al nacimiento o el número de lechones destetados por cerda son algunos de los caracteres sobre los que se ejerce selección en las reproductoras (Sanjoaquín, 2014). Es decir, se busca una selección compensada entre varios caracteres de interés para conseguir el animal más productivo.

### **5.1 Desventajas de la cerda hiperprolífica**

Las cerdas hiperprolíficas tienen un gran potencial, pero muestran una serie de problemas y limitaciones en su rendimiento, los cuales se están viendo incrementados en los últimos años debido sobre todo a un incorrecto manejo. Son cerdas más magras, con menor cobertura grasa y, en consecuencia, más delicadas en el manejo. Tienen unos requerimientos nutricionales más elevados y son menos resistentes a desafíos ambientales, inmunológicos y nutricionales (Silva, 2017). Tanto es así que durante los últimos años se ha incrementado la mortalidad en reproductoras alcanzando el 13,65% en 2018 (Ubierno, 2020), la cual empeora conforme aumenta la paridad (Tani, Piñeiro y Koketsu, 2017). Además, la tasa de retención también está empeorando, con cifras del 29,49% en 2018 respecto al 42,6% en 2013 (Top Gan, 2021).

La duración del parto se suele alargar y aumenta la probabilidad de tener más lechones con mayor grado de hipoxia, afectando negativamente la vitalidad del lechón, obteniendo un elevado número de lechones no viables (entre el 6-10%) y lechones con viabilidad reducida (<0,85 kg, entre un 10-14%) (Farmer y Edwards, 2020).

El menor peso al nacimiento de los lechones a causa del aumento de prolificidad se relaciona con un aumento en la mortalidad pre-destete (Milligan, Fraser y Kramer, 2002), cuya tendencia va en aumento (BDporc, 2022), así como una mayor proporción de lechones de bajo peso al nacimiento (<1 kg) y lechones con crecimiento intrauterino restringido (RCIU o Intra-uterine Growth Retard, "IUGR" en inglés). Éstos lechones RCIU representan el 76% de las muertes pre-destete (Ji et al., 2017), debido a su inmadurez, que los hace más susceptibles a infecciones y cambios ambientales (Farmer y Edwards, 2020).

Los lechones tienen mayor dificultad para encalostrarse y alimentarse correctamente ya que se reduce la cantidad ingerida por lechón, convirtiéndose en un factor limitante para su crecimiento. Esto provoca gran competencia entre ellos para acceder de manera funcional a las mamas, lo que resulta especialmente problemático para los de menor peso y viabilidad reducida (Farmer y Edwards, 2020). Las camadas son más heterogéneas, con mayor variabilidad de pesos (Milligan, Fraser y Kramer, 2002), condición que puede agravarse durante la lactación y etapas posteriores perjudicando su rendimiento (Beaulieu et al., 2010). La edad-peso al destete suele ser peor ya que presentan menor ganancia media diaria (GMD) requiriendo más días (d) para alcanzar el peso de mercado en comparación con los lechones de mayor peso al nacimiento (Falceto, Mitjana y Bonastre, 2017). Todo ello compromete la calidad del lechón (Quiniou, Dagorn y Gaudré, 2002). Además, algunos autores asocian a los lechones de bajo peso al nacer con canales de peor calidad (Beaulieu et al., 2010).

En resumen, la cerda hiperprolífica se enfrenta a un doble problema: el originado por la merma de algunas de sus características (menor rusticidad, capacidad uterina, mayores requerimientos nutricionales...) y la problemática derivada de la gran camada que genera. A todo esto, se le tiene que sumar el factor manejo, que supone un coste económico extra para sacar adelante a la cerda y su camada con éxito (Top Gan, 2021).

## **6. FACTORES DE VARIABILIDAD DEL PESO DEL LECHÓN AL NACIMIENTO DE LAS CERDAS HIPERPROLÍFICAS**

El peso al nacer es un rasgo importante en la producción porcina (Beaulieu et al., 2010). Es la fuente de variación que más condiciona el PV al destete y, por tanto, su rendimiento, por lo que resulta un buen predictor de la vida productiva del cerdo (Sanjoaquín, 2014). Además, el peso al nacer tiene una heredabilidad baja por lo que es un carácter muy sensible a los factores ambientales (Farmer y Edwards, 2020), que determinan su variabilidad. Conocerlos y entenderlos es importante para desarrollar estrategias que permitan optimizar la eficiencia productiva y conseguir camadas con pesos homogéneos y lechones de calidad (Beaulieu et al., 2010). Actualmente, para el productor esto supone un desafío mayor que la prolificidad en sí misma (Sanjoaquín, 2014), ya que uno de los principales problemas ante los que se encuentran los granjeros cuando comienzan a trabajar con una línea genética hiperprolífica es que no se les ha conseguido transmitir los requerimientos que necesitan este tipo de cerdas.

La hiperprolificidad obliga a ser extremadamente cuidadosos y meticulosos en el manejo de la cerda para evitar los factores negativos que puedan acentuar los bajos pesos al nacimiento típicos de las camadas hiperprolíficas y poder lograr el éxito reproductivo (Falceto, Mitjana y Bonastre, 2017). Un manejo inadecuado puede reducir su potencial reproductivo y obtener una productividad menor a la esperada. Un cúmulo de malas decisiones sobre el manejo de las cerdas va a provocar una disminución del peso al nacimiento, condicionando la calidad del lechón y derivando al fracaso productivo. Por lo que llevar a cabo una estrategia de manejo específica para cada línea genética es fundamental para obtener el máximo rendimiento genético de la cerda hiperprolífica. Solo así se podrán obtener camadas numerosas y homogéneas, con buenos pesos al nacimiento y, por tanto, lechones de calidad.

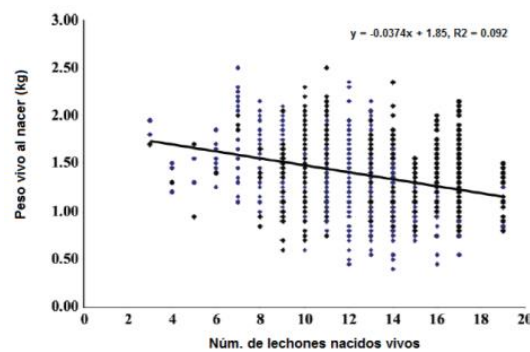
### **6.1 Tamaño de la camada**

Se trata del carácter más importante para la mejora de la productividad numérica. La intensa selección genética con objeto de incrementar la prolificidad en las cerdas ha supuesto un aumento en el tamaño de la camada (Quiniou, Dagorn y Gaudré, 2002) y una reducción del peso de los lechones al nacimiento (Milligan, Fraser y Kramer, 2002). Cada lechón adicional por camada disminuye su peso medio al nacer entre 20 y 50 g (Quesnel et al., 2008; Wientjes et al., 2012; Riddersholm et al., 2021) o un 2-7% (Magallón et al., 2014). Esto ha dado lugar a una mayor proporción de lechones con bajo peso al nacer (<1 kg) (Quiniou, Dagorn y Gaudré, 2002) y lechones RCIU, así como un aumento de nacidos muertos por camada. En consecuencia, las

camadas se tornan más heterogéneas (Milligan, Fraser y Kramer, 2002) con mayor dispersión de pesos al nacimiento (Figura 5 y Figura 6) (Quesnel et al., 2008; Beaulieu et al., 2010).

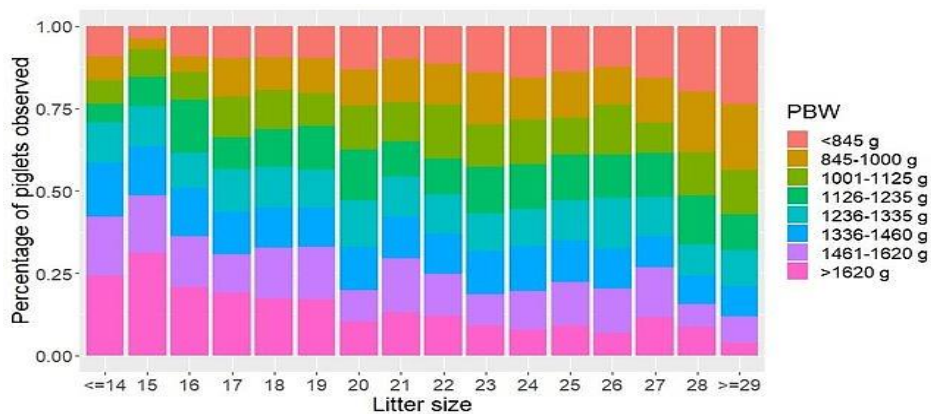


**Figura 5.** Variabilidad de pesos intra camada en lechones recién nacidos.

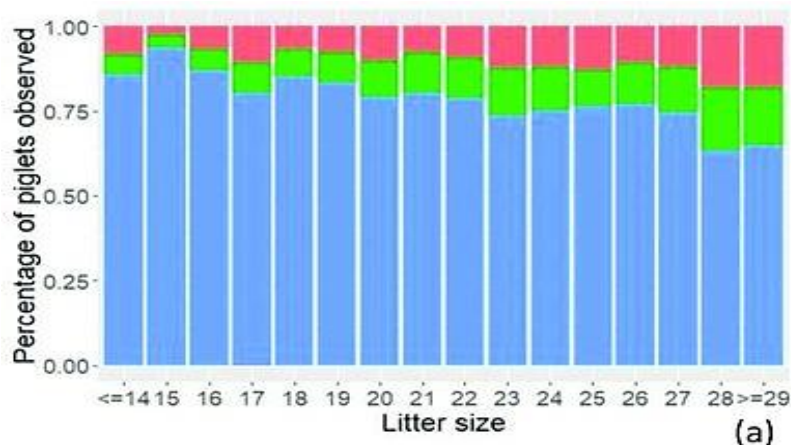


**Figura 6.** Relación entre los NV por camada y el peso al nacimiento del lechón (Beaulieu et al., 2010).

Riddersholm et al. (2021) ilustraron la distribución de pesos al nacer en función del número de lechones por camada (Figura 7). Conforme aumenta el tamaño de la camada, el porcentaje de lechones de bajo peso se incrementa y el de los más pesados disminuye. Además, aparece mayor proporción de lechones RCIU, cuyo grado de severidad aumenta conforme lo hace el tamaño de la camada (Figura 8). Así pues, por cada lechón adicional en la camada, el peso medio al nacimiento disminuye 19,5 g para las cerdas de primera paridad y 21,7 g para las de 2-9 paridad, aumentando la aparición de lechones con RCIU en un 1,18%.



**Figura 7.** Porcentaje de pesos al nacimiento en función del tamaño de la camada, mostrado mediante diferentes colores (Riddersholm et al., 2021).



**Figura 8.** Porcentaje de lechones normales, RCIU leve y RCIU severo en función del tamaño de la camada (Riddersholm et al., 2021).

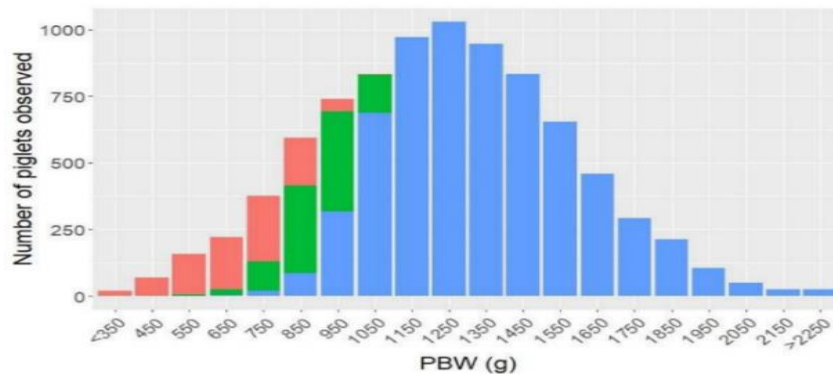
## 6.2 Capacidad uterina y eficiencia placentaria

El incremento del número de fetos por camada provoca una situación de hacinamiento uterino asignándose menos espacio para cada feto mientras que la capacidad uterina prácticamente no varía. Un elevado número de fetos por cuerno uterino conlleva una reducción del flujo sanguíneo uterino por feto, lo que explica por qué los lechones de camadas grandes tienen pesos más ligeros al nacimiento (Père y Etienne, 2000). Un menor flujo sanguíneo puede derivar en un insuficiente desarrollo placentario y disminución de la eficiencia placentaria (Wu et al., 2006). En consecuencia, algunos lechones no maduran correctamente debido a una restricción en el transporte de nutrientes, aumentando la probabilidad de RCIU. Alrededor del 20-32% de los lechones de cerdas hiperprolíficas sufren restricción del crecimiento intrauterino durante el desarrollo fetal (Hansen et al., 2018). Sin embargo, en cerdas con gran capacidad uterina el peso de los lechones y el tamaño de camada aumenta (Vallet y Freking, 2007). Por tanto, la capacidad uterina y la eficiencia placentaria son factores limitantes la supervivencia y desarrollo fetal, condicionando el peso al nacimiento y la aparición de lechones RCIU (Quiniou, Dagorn y Gaudré, 2002; Wu et al., 2006).

Estos lechones con RCIU son lechones subdesarrollados caracterizados por una cabeza abombada en forma de delfín o de bombilla y presencia de arrugas alrededor de los labios (Figura 9). En función del grado de inmadurez, estos lechones se pueden subclasificar en “RCIU leve” o “RCIU severo”. Se ha observado que aparece una mayor proporción de lechones RCIU en intervalos de peso más bajos, siendo los lechones “RCIU severo” los de menor peso al nacer (Figura 10) (Riddersholm et al., 2021).



**Figura 9.** Comparación del lechón normal con el lechón RCIU y su grado de afectación (Adaptación de Bahnsen et al., 2021).



**Figura 10.** Clasificación del número de lechones NV en función de su peso al nacimiento y lechones RCIU. Se muestra el lechón normal (azul), RCIU leve (verde) y RCIU severo (rojo) (Riddersholm et al., 2021).

### 6.3 Posición dentro del útero

Además de la capacidad uterina, el peso del lechón al nacimiento también está influenciado por la posición del feto dentro del útero. Esto es debido a la diferencia de flujo sanguíneo entre las diferentes partes del cuerno uterino, incrementándose desde el extremo cervical hasta el oviductal (Perry y Rowel, 1969). En consecuencia, a partir del día 70 de gestación los fetos situados en el extremo ovárico son un 10% más pesados respecto a los situados en el extremo cervical (Perry y Rowel, 1969; Wise, Roberts y Christenson, 1997; Kim et al., 2013).

### 6.4 Raza/Genotipo

El genotipo afecta al peso al nacimiento del lechón y al tamaño de la camada. Existen diferencias entre las distintas razas, aunque también las hay intra-raza. Esto se debe a que, a pesar de que la mayor parte de granjas de producción porcina europea trabajan con cerdas híbridas F1 Landrace x Large White como línea materna, las empresas de genética porcina desarrollan diferentes estirpes genéticas, más o menos productivas, en función de cada empresa y sus objetivos.

Las cerdas híbridas F1 utilizadas como línea materna tienen un mayor tamaño de camada y pesos más altos al nacer respecto a razas puras debido a los efectos de heterosis, ya que la consanguinidad produce una disminución del rendimiento reproductivo a causa de la endogamia, reduciendo el tamaño de la camada y peso del lechón (Walters, 2015).

Los machos finalizadores más habituales para la producción de cerdos de cebo son raza Pietrain (PI) y Duroc (D). El cruce de la cerda híbrida LD x LW con Pietrain tiene mayor número de NT, NV y NM en comparación con el cruce con Duroc. Sin embargo, el peso al nacimiento del cruce con Pietrain es inferior que en Duroc (Eguinoa et al., 2008).

### 6.5 Paridad de la cerda

El orden de paridad de la cerda tiene influencia sobre peso al nacimiento y tamaño de la camada (Milligan, Fraser y Kramer, 2002). El tamaño de camada más pequeño y con menores pesos al nacimiento se dan en la primera paridad (Hoving et al., 2010). Ambos rasgos aumentan con el número de partos y alcanzan un nivel máximo entre el 4º y 5º (Milligan, Fraser y Kramer, 2002; Wientjes et al., 2012). A partir de entonces, el tamaño de la camada y los pesos descienden, aumentando consigo la heterogeneidad de la camada (Figura 11a). Con el aumento de la paridad también aumentan los NM.

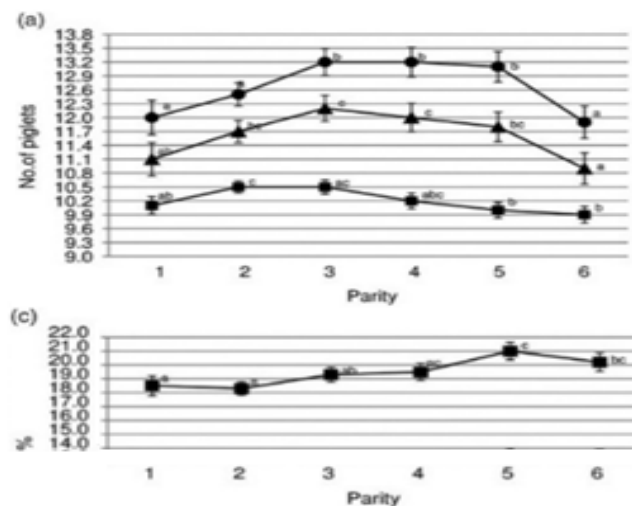
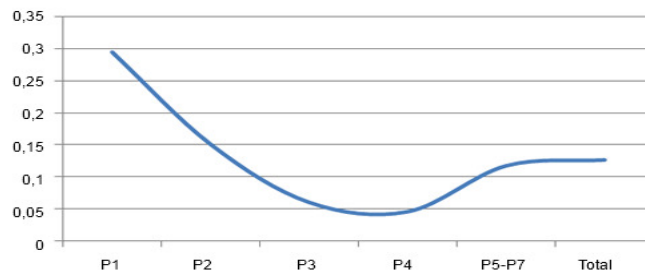


Figura 11.a) Punto (●): media nacidos totales, Triangulo (Δ) nacidos vivos, Cuadrado (□) lechones destetados. C) Cuadrado (□): % variación peso al nacimiento intracamada (Lavery et al., 2018).

Las cerdas jóvenes tienen mayor proporción de lechones de bajo peso, y éstos tienen un peso inferior que los lechones más ligeros de cerdas de paridades posteriores debido a su inmadurez fisiológica (Figura 12) (Piñeiro y Lisboa, 2013). Un estudio realizado por Lavery et al. (2018) muestra que los lechones de primer parto pesaban de media 0,1 kg menos al nacimiento y los más ligeros 0,3 kg menos en comparación con sus homólogos de paridades superiores.



**Figura 12.** Porcentaje de lechones de bajo peso en función del número de parto (Piñeiro y Lisboa, 2013).

En cuanto a la heterogeneidad, ésta aumenta con la edad y peso de la cerda (Wientjes et al., 2012). Las cerdas de primera y segunda paridad producen camadas más homogéneas respecto a las cerdas de mayor paridad (Figura 11c) (Quesnel et al., 2008; Lavery et al., 2018). Cada lechón adicional supone un aumento de la variabilidad en los pesos al nacer del 0,38% entre las paridades 2 y 5, y un 1,39% a partir de la quinta paridad (Riddersholm et al., 2021).

### 6.6 Condición corporal y espesor de grasa dorsal

La condición corporal (CC) y espesor de grasa dorsal de la cerda influyen sobre el peso al nacimiento y la uniformidad de la camada (Zak et al., 1997; Campos et al., 2012). El aumento del peso corporal y espesor de grasa dorsal de la cerda durante la gestación se relaciona positivamente con la heterogeneidad de la camada (Quesnel et al., 2008). Sin embargo, no tiene influencia sobre el peso medio al nacer de los lechones (Wientjes et al., 2013).

Mantener un moderado espesor de grasa dorsal de 19-20 mm (17-22 mm) en las cerdas a final de gestación se asocia con mayores pesos al nacimiento y menor número de lechones RCIU. Por el contrario, espesores  $\leq 16$  mm y  $> 25$  mm da lugar a menores pesos al nacimiento y mayor proporción de lechones de bajo peso ( $< 800$  g) y RCIU (Zhou et al., 2018).

La pérdida de CC durante la lactación disminuye el tamaño de la camada de la siguiente paridad (Zak et al., 1997), así como la uniformidad de los pesos debido a un desarrollo folicular deteriorado (Wientjes et al., 2013). Las cerdas con  $CC \geq 3$  al destete tienen mayor tamaño de camada respecto a las de  $CC \leq 2$ , lo que indica la importancia de mantener una adecuada CC durante la lactación (Schenkel, Bernardi y Bortolozzo, 2010).

Las cerdas de primer parto que sufren una pérdida de peso acusada durante la lactación llegan al destete con una pobre CC y pueden sufrir el “síndrome del segundo parto”, caracterizado por un marcado descenso en el número de lechones NT ( $< 11$ ) al segundo parto. Como consecuencia, la viabilidad embrionaria se reduce, las camadas son más pequeñas y los pesos más heterogéneos (Repropig, 2019).

### **6.7 Desarrollo folicular y tasa ovulatoria**

La mayor tasa ovulatoria (“superovulación”) propia de las cerdas hiperprolíficas da lugar a un mayor número de embriones y hacinamiento uterino, lo que provoca un aumento en la heterogeneidad de los pesos al nacimiento (Foxcroft et al, 2006).

La heterogeneidad del tamaño folicular es una de las causas de variación del peso al nacer dentro de la camada ya que se relaciona con mayor heterogeneidad embrionaria (Xie et al., 1990), que a su vez determina la variación del peso al nacer (Van der Lende, Hazeleger y de Jager, 1990). Por lo tanto, lograr un desarrollo folicular homogéneo mejora el peso al nacer de los lechones y reduce la variabilidad (Costermans et al., 2019).

### **6.8 Edad de la cerda a la primera cubrición**

El PV de la cerda a la primera cubrición afecta al rendimiento reproductivo de la cerda, dando lugar a lechones más ligeros cuanto menos edad o PV tenga la cerda (Hoving et al., 2010). Por tanto, optimizar el desarrollo de la cerda antes de la primera cubrición garantiza lechones más pesados en las subsiguientes paridades.

Las cerdas cubiertas por primera vez a la edad de 220-240 días son más productivas por lo que se podría considerar una buena edad para la primera cubrición (Babot, Chavez y Noguera, 2003). Una cerda cubierta a edad temprana (<210 días o <130 kg) tiene pocas reservas corporales y su tasa de ovulación y capacidad uterina es menor, por lo que la prolificidad en los primeros partos disminuye (Koketsu, Takahashi y Akachi, 1999). Por otro lado, una cubrición tardía (230-250 días) aporta a la cerda mayor madurez sexual, pudiendo mejorar los resultados al primer parto, pero no proporciona demasiadas ventajas en la productividad global de la cerda. Por tanto, retrasar más o menos la primera cubrición depende mucho de los objetivos de cada granja (Aparicio et al., 2005).

### **6.9 Duración de la gestación**

La duración de la gestación está influenciada por factores como la raza, paridad, estación, genética y tamaño de la camada. Según Sasaki y Koketsu (2007), la duración media de la gestación era cercana a los 115 días, ocurriendo el 70% del total ente los días 114 y 116. Según datos de BDporc (2022), la duración media de la gestación en España ha ido aumentando durante los últimos años, pasando de 114,6 días en 2010 a 115,6 en 2020 debido al aumento de las líneas de cerdas hiperprolíficas, en las que la duración de la gestación tiende a alargarse a 116-117 días de media.

Dado que la tasa de crecimiento fetal es alta durante las últimas semanas de gestación, se espera que las gestaciones prolongadas mejoren el peso y la viabilidad de los lechones (Sanjoaquín, 2014). Programar el parto un día antes supone 80 g menos por lechón, mientras que adelantarlo dos días puede reducir el peso al nacimiento hasta 180-200 g y aumentar los lechones de bajo peso hasta en dos por camada (Magallón et al., 2014).

#### **6.10 Duración de la lactación e intervalo destete cubrición**

Una duración de la lactación prolongada (de 25 a 33 días) aumenta el tamaño de la camada siguiente (Dewey et al., 1994). Así, el destete precoz (antes de los 22- 24 días) produce una disminución en el tamaño de la camada y una menor uniformidad de los pesos al nacer a causa del incorrecto restablecimiento del desarrollo folicular.

En cuanto al efecto de la duración del intervalo destete cubrición (IDC), autores como Riddersholm et al. (2021) encontraron que el aumento del IDC reduce el peso al nacimiento en 25,8 g/día. Además, las cerdas con IDC más corto (4 días) tienen un mayor tamaño de camada (+0,3 lechones) que las cerdas con IDC de 7-10 días. Esto se debe al buen estado fisiológico de la cerda, que le permite salir en celo rápidamente tras el destete (Yatabe et al., 2019). Por otro lado, la pérdida de CC durante la lactación prolonga el IDC o disminuye el tamaño de camada comprometiendo la uniformidad de la camada (Zak et al., 1997). Por tanto, en cerdas con peor estado fisiológico y nutricional, un IDC prolongado permite recuperar la CC y el restablecimiento folicular consiguiendo camadas más uniformes respecto a IDC más cortos (Dewey et al., 1994; Wientjes et al., 2013).

#### **6.11 Sexo del lechón**

Los fetos hembra son más vulnerables al estrés nutricional de la cerda y tienden a crecer más lentamente que los machos cuando hay hacinamiento uterino como consecuencia del aumento del tamaño de la camada (Milligan, Fraser y Kramer, 2002).

Como resultado, los lechones machos pesan 55 g (4%) más que las hembras al nacer (1,51 vs 1,46 kg) y tienen mayor índice de masa corporal (20,3 vs 19,6) (Arango et al., 2006; Wittenburg et al., 2011; Baxter et al., 2012). Estas diferencias de sexo en el peso al nacer contribuyen a la variabilidad de pesos dentro de la camada (Wittenburg et al., 2011).

#### **6.12 Estrés materno**

El ambiente de la cerda durante la gestación afecta a la madurez fisiológica de los lechones. El cortisol liberado ante situaciones de estrés prolongado perjudica el desarrollo fetal y se

relaciona con menores pesos al nacimiento, situación que se agrava debido a la menor tolerancia al estrés de las cerdas hiperprolíficas (Otten, Kanitz y Tuchscherer, 2015).

El estrés por calor (>30°C) es un factor importante de estrés. Esta situación produce un aumento de mortalidad embrionaria, mayor proporción de lechones RCIU y disminución del tamaño de la camada (Falceto et al., 2018; Marchesi, 2020). Además, el calor provoca un descenso en el consumo de alimento, lo que agrava aún más la situación.

Otros factores como el tipo de alojamiento, el sistema de alimentación (Bahnsen et al., 2021) y la jerarquía social también pueden provocar estrés en las cerdas. Los lechones de cerdas alojadas en entornos estresantes durante la gestación tienen pesos más bajos al nacimiento (Quesnel et al., 2019). Los lechones de cerdas alojadas en grupo tienen mayores pesos al nacimiento que las alojadas individualmente ya que permanecer en grupo suele reducir el miedo y genera mayor bienestar a las cerdas. Sin embargo, la jerarquía social en las cerdas alojadas en grupo podría generar estrés en algunas cerdas muy sumisas, haciendo que su consumo de alimento descienda, pudiendo dar lugar a cerdas con pobre CC y perjudicar el peso al nacer de los lechones (Kraeling y Webel, 2015).

### **6.13 Estacionalidad**

La estacionalidad influye sobre el peso al nacimiento de los lechones, así como sobre el tamaño de la camada y los lechones NV ya que ésta tiene influencia directa sobre la fertilidad a través de la temperatura y el fotoperiodo. Las cerdas de primera paridad son más susceptibles a la estacionalidad que las de mayor edad (Kraeling y Webel, 2015).

La tasa de ovulación disminuye con las altas temperaturas. Este efecto se ve agravado por el descenso en el consumo de alimento por parte de cerdas lactantes durante los meses de verano y principio de otoño (Falceto et al., 2018). Por tanto, las cerdas cubiertas en verano obtienen camadas más pequeñas (1,5 lechones menos) con menor peso al nacimiento y mayor proporción de lechones de bajo peso (<1 kg). Sin embargo, las cerdas cubiertas en invierno cuyas camadas nacen en verano tienen proporcionalmente mayores pesos al nacimiento (Quesnel et al., 2008).

### **6.14 Alimentación**

El aumento del tamaño de la camada en cerdas hiperprolíficas ha incrementado los requerimientos nutricionales asignados al crecimiento fetal durante la gestación respecto a las cerdas de menor prolificidad. La nutrición materna es el principal factor ambiental intrauterino capaz de modificar el peso del lechón (Noblet et al., 1985), por lo que un estado de desnutrición

o sobrenutrición puede afectar negativamente sobre el peso al nacer y la uniformidad de la camada (Campos et al., 2012). Una baja ingesta en cerdas primerizas durante la gestación puede disminuir hasta 100 g el peso al nacimiento del lechón (Amdi et al., 2014). Sin embargo, en cerdas adultas con adecuada CC, no existe tal efecto gracias a la capacidad de movilización de reservas maternas cuando existe un balance energético negativo (Mallmann et al., 2019).

La disponibilidad proteica se considera un factor importante para el crecimiento fetal. Su restricción disminuye el peso al nacer del lechón y genera camadas menos uniformes debido al aporte inadecuado de aminoácidos (Noblet et al., 1985; Campos et al., 2012). La suplementación con arginina, L-glutamina y L-carnitina resultan beneficiosos sobre el peso y la homogeneidad de la camada al nacimiento (Ji et al., 2017) disminuyendo la incidencia de lechones RCIU (Wu et al., 2013).

La alimentación durante el último tercio de gestación tiene especial importancia ya que la mayor parte del crecimiento fetal ocurre en las últimas 3 semanas de gestación, donde las necesidades nutricionales son máximas (Noblet et al., 1985). La desnutrición durante este periodo tiene un mayor efecto negativo sobre el peso al nacer del lechón que durante el resto de la gestación (Wu et al., 2006). Algunos autores determinan que un aumento del nivel energético entre el 15 y 30% durante el último mes de gestación permite obtener lechones más pesados (Quiniou, Dagorn y Gaudré, 2002). Sin embargo, otros consideran que este efecto beneficioso sólo se logra sobre cerdas delgadas (Mallmann et al., 2019) y/o primerizas (Noblet et al., 1985), en las que se reduce la aparición de lechones ligeros (Mallmann et al., 2019).

El estado nutricional de la cerda durante la lactación y cubrición influye sobre el desarrollo folicular y embrionario, modificando el peso del lechón al nacimiento y la homogeneidad de la camada (Quesnel et al., 1998). Un estado subóptimo da lugar a lechones más ligeros y mayor variabilidad de pesos en la camada subsiguiente (Wientjes et al., 2013; Costermans et al., 2019).

En cuanto al periodo de gestación temprana, la restricción alimentaria severa perjudica el crecimiento y desarrollo fetal aumentando el riesgo de RCIU (Wu et al., 2013). En cambio, una sobrealimentación incrementa la mortalidad embrionaria y reduce el crecimiento embrionario (Carrión y Medel, 2001). Sin embargo, sobrealimentar cerdas que han sufrido una gran pérdida peso durante la lactación resulta beneficioso ya que reduce el porcentaje de lechones de bajo peso aumentando 0,12 kg el peso medio (Liu et al., 2021).

## 6.15 Micotoxinas

Las micotoxinas a través del consumo de piensos contaminados pueden atravesar la barrera placentaria y provocar efectos indeseables en sus camadas (Riopérez y Rodríguez-Membibre, 2012). La Zearalenona es la micotoxina con más importancia al respecto ya que puede aumentar la mortalidad embrionaria y fetal, disminuir el peso de los lechones al nacer y el tamaño de la camada, dando lugar a una mayor variación de pesos intracamada. Otras como las aflatoxinas (AFB1), la ergotamina o los tricotenos (toxina T-2 y deoxinivalenol) también ejercen efectos negativos sobre los fetos perjudicando el peso al nacimiento. (Echave et al., 2008).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tamaño de la camada (prolificidad)

En nuestro estudio de campo se han obtenido de media 17,29 lechones NT por camada, 14,99 lechones NV, 1,51 lechones NM y 0,79 lechones MM (Tabla 1). Se ha trabajado con datos de 4169 lechones NT, de los cuales 3614 son NV, 364 son NM y 191 son MM. Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos en las mejores granjas españolas de cerdas hiperprolíficas, cuya media es de 16-17 lechones NT y 15-16 lechones NV (BDPorc, 2022).

<i>Tabla 1. Prolificidad: Media de lechones NT, NV, NM y MM por camada.</i>					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
<b>Nacidos totales (NT)</b>	241	3	29	17,29	4,956
<b>Nacidos vivos (NV)</b>	241	2	24	14,99	4,050
<b>Nacidos muertos (NM)</b>	241	0	9	1,51	1,857
<b>Nacidos momificados (MM)</b>	241	0	10	0,79	1,477

### Peso individual al nacimiento

Se ha obtenido una media de 1,33 kg de peso individual al nacimiento para los NV (N=3483), donde el peso mínimo registrado es 0,45 kg y el máximo 2,50 kg (Figura 13). Aunque no se disponen de datos oficiales del peso medio al nacimiento en España, la media se encontraría en torno a unos 1,45 kg peso al nacimiento en camadas con 12-14 NV (Magallón et al., 2014), por lo que el peso medio obtenido se sitúa en la media.

En cuanto a los lechones de bajo peso al nacimiento, el 15,21% tiene un peso <1 kg y un 6,97% pesa <0,85 kg. Esta cifra es un 5% menor que los resultados de otro estudio (Riddersholm et al., 2021), el cual reporta en torno a un 20% de lechones <1 kg para las camadas de 17 NT, lo que es

preferible, aunque lo deseable sería obtener el mínimo porcentaje de lechones de bajo peso posible, ya que de este modo se reduce la presencia de lechones RCIU.

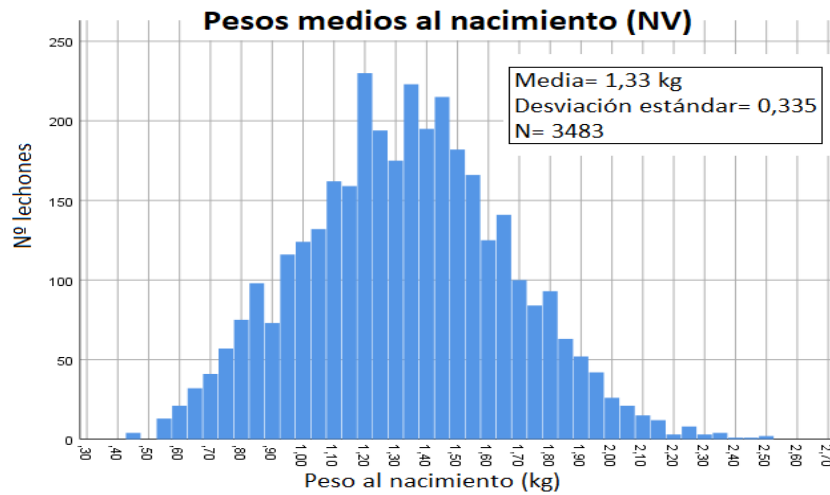


Figura 13. Distribución de pesos al nacimiento de los NV.

#### Relación entre la prolificidad (NT) y el peso al nacimiento de los lechones (NV)

Existe una correlación altamente significativa ( $p < 0,001$ ) y negativa entre las variables “peso al nacimiento” y lechones “NT”. Esto quiere decir que, a medida que aumentan los NT por camada, el peso medio al nacimiento disminuye (Figura 14), lo que coincide con otros estudios anteriores (Quesnel et al., 2008; Beaulieu et al., 2010; Wientjes et al., 2012).

La intensidad de la relación entre ambas variables es moderada (Corr. Pearson=  $-0,327$ ), y la relación entre ambas explica sólo el 10,7% de la variación de dicho peso individual ( $R^2=0,107$ ). Por tanto, se pone en evidencia que existen otros factores de variabilidad que influyen sobre el peso al nacimiento, como la paridad de la cerda o la duración de la gestación, entre otras.

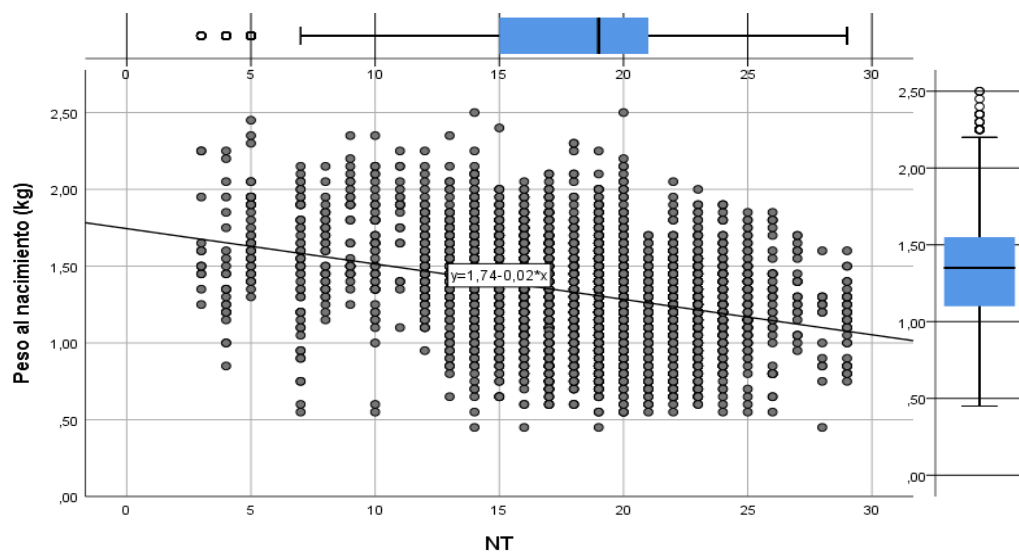


Figura 14. Relación entre el peso al nacimiento de los lechones (NV) y los NT.

Mediante la ecuación de regresión ( $Y=1,744-0,023*X$ ), se determina que, por cada lechón adicional sobre el total de lechones nacidos en la camada el peso individual al nacimiento disminuye 0,023 kg, encontrándose dentro del rango de 0,02-0,05 kg que establecieron Quesnel et al. (2008), Wientjes et al. (2012) y Riddersholm et al. (2021). La explicación a que este resultado se sitúe en el rango inferior es debido a que la prolificidad de esta granja es alta y, la disminución del peso individual a medida que aumenta el tamaño de camada es menor que en granjas de baja prolificidad.

Por otro lado, se han clasificado los pesos al nacimiento en 5 grupos diferentes en función de la categoría de peso (<1 kg, 1-1,25 kg, 1,3-1,5 kg, 1,55-1,75 kg, >1,75 kg) con relación a los NT (Figura 15). De este modo, se puede observar que conforme aumenta el tamaño de la camada, el porcentaje de lechones más pesados disminuye y el de lechones de menor peso aumenta, como se observa en otro estudio (Figura 7) (Riddersholm et al., 2021). Sin embargo, en los extremos de la muestra esto a veces no se observa debido al escaso número de animales, como por ejemplo ocurre con las camadas de 27 NT.

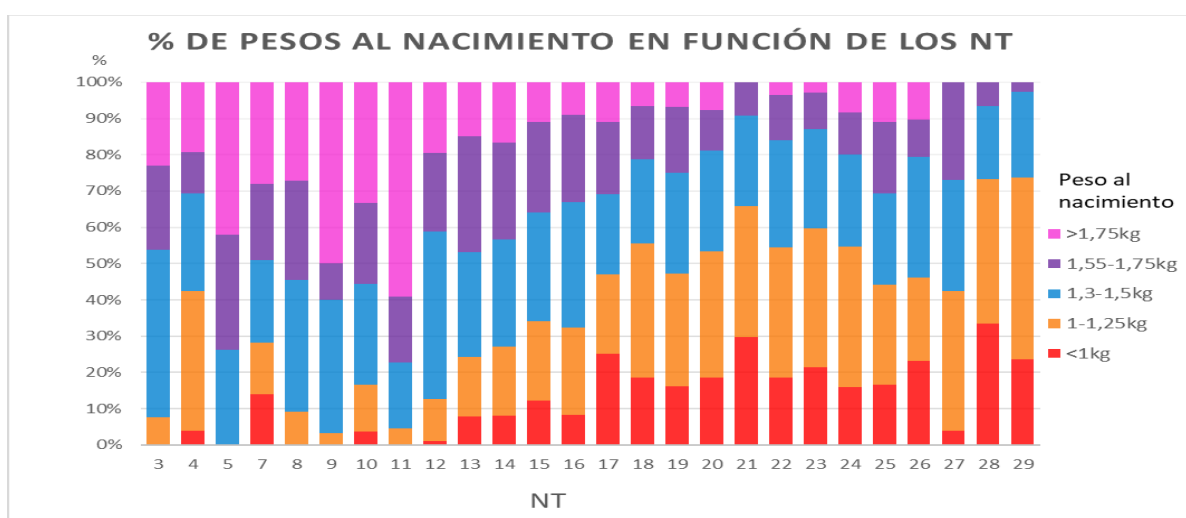


Figura 15. Porcentaje de pesos al nacimiento en función de los NT.

### Relación entre el orden de paridad de la cerda y la prolificidad

Se ha estudiado si el orden de paridad de la cerda influye sobre los NT, NV, NM. La muestra de 239 cerdas pertenece a paridades 1-5. La prueba de ANOVA indica que sólo existen diferencias significativas en cuanto a los NT ( $p=0,005$ ), mientras que para los NV se encontró una tendencia ( $p=0,058$ ) (Figura 16). Sin embargo, en la comparación entre las medias por el método Tukey no se encontraron diferencias entre el orden de paridad y la prolificidad ( $p> 0,05$ ). Estos resultados contrastan con otros estudios (Milligan, Fraser y Kramer, 2002; Wientjes et al., 2012) que indican que la media de NT y NV aumenta con la paridad alcanzando un máximo en el 4º y 5º.

Esto quizás sea debido a que la muestra es demasiado pequeña o a que la edad a la primera cubrición no sea homogénea (Figura 19).

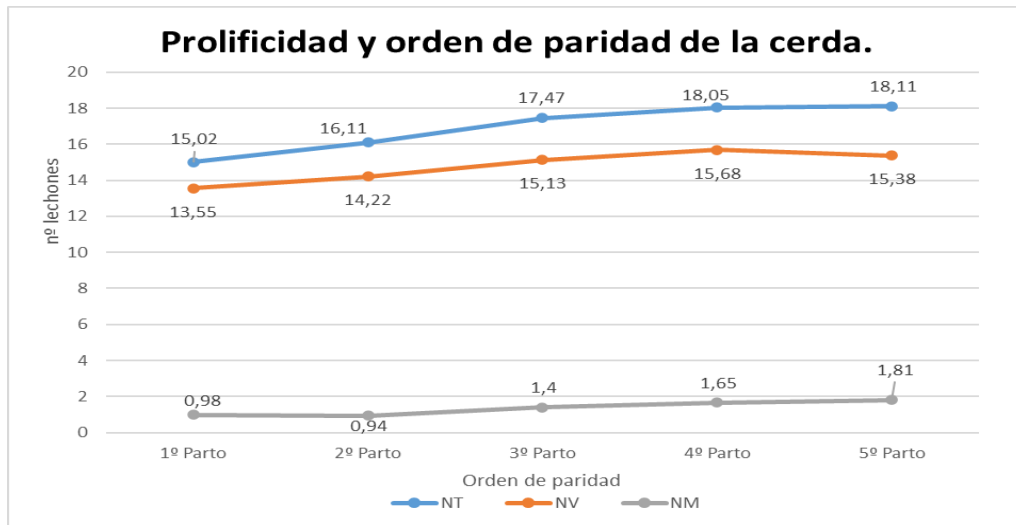


Figura 16. Prolificidad y orden de paridad de la cerda

### Relación entre la paridad de la cerda y el peso al nacimiento

El peso al nacimiento varía en función de la paridad de la cerda ( $p < 0,001$ ), siendo los lechones nacidos en el primer parto más ligeros que los de 2º y 3º, tal y como determinaron Hoving et al. (2010). Esto se debe a que la cerda de primer parto es joven y todavía está en crecimiento. Sin embargo, los pesos de los lechones nacidos de 2º y 3º parto no se diferencian significativamente del 4º y 5º parto (Figura 17, método Tukey  $< 0,05$ ). Esto difiere de otros estudios en los que el peso al nacimiento aumenta conforme lo hace la paridad, alcanzando el máximo entre el 4º y 5º parto (Milligan, Fraser y Kramer, 2002; Wientjes et al., 2012). Una posible explicación al hecho de que el 4º y 5º parto no se diferencie del 2º y 3º sería que la prolificidad (NT) aumenta conforme lo hace la paridad (Figura 17) y, por tanto, el peso medio del lechón al nacer es inferior.

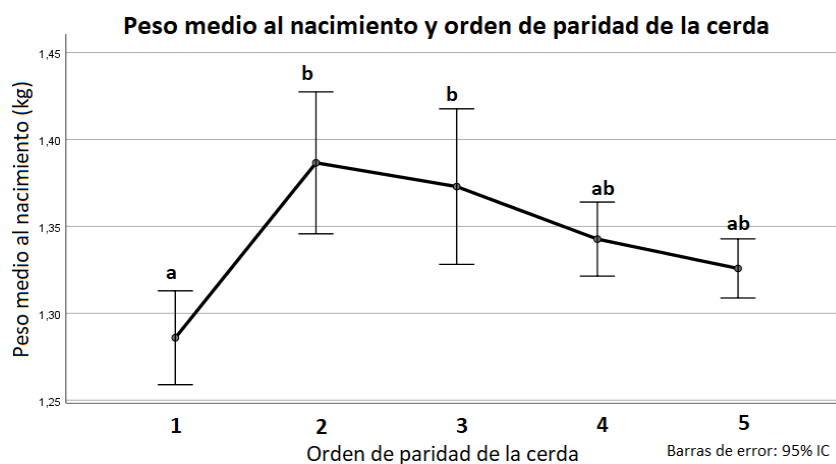


Figura 17. Peso medio al nacimiento en función del orden de paridad de la cerda.

No se observan grandes diferencias en el porcentaje de lechones de bajo peso al nacimiento (<0,850 kg) entre las distintas paridades, aunque los mayores porcentajes se encuentran en 4ª y 5ª paridad (Figura 18). Esto es debido a que los lechones de bajo peso aumentan conforme lo hace la paridad (Figura 7 y 16) (Riddersholm et al., 2021). Sin embargo, esto difiere con lo observado en otras granjas, en donde las cerdas de primera paridad obtuvieron cerca de un 30% de estos lechones, y un promedio del 13% entre todas las paridades (1-7) (Figura 12) (Piñeiro y Lisboa, 2013).

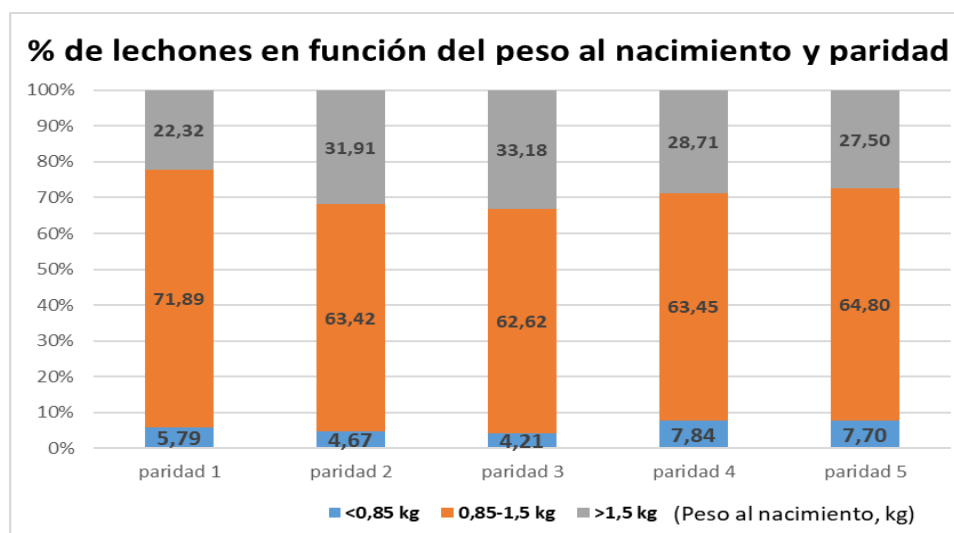


Figura 18. Porcentaje de lechones en función del peso al nacimiento.

### Relación entre la edad a la primera cubrición y el peso al nacimiento

La edad media a la primera cubrición en la granja de estudio es de 254,44 días (Figura 19), cifra ligeramente por encima de la edad a la cual Babot, Chavez y Noguera (2003) consideran óptima (220-240 días).

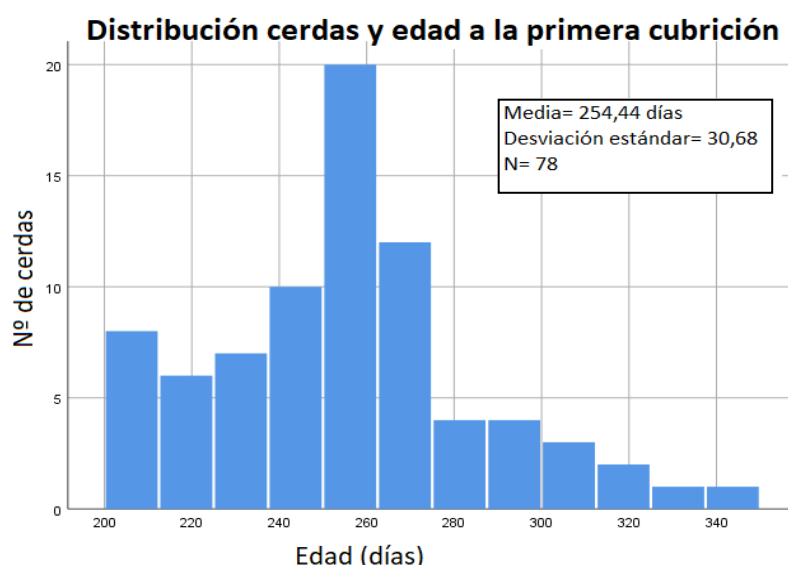


Figura 19. Distribución de las cerdas en función de la edad a la primera cubrición.

Para evaluar cómo influye la edad a la primera cubrición sobre el peso al nacimiento de los lechones se clasificaron los datos en diferentes grupos en función de ésta: <220 días, con 11 cerdas y 163 lechones; 220-239 días, con 14 cerdas y 198 lechones; 240-259 días, con 19 cerdas y 264 lechones; 260-279 días, con 20 cerdas y 265 lechones; y  $\geq 280$  días, con 14 cerdas y 203 lechones. La prueba de ANOVA dio como resultado un efecto significativo ( $p < 0,001$ ) entre la edad a la primera cubrición y el peso al nacimiento, diferenciándose el peso al nacimiento de los lechones del grupo de cerdas cubiertas a los 220-239 días respecto a los lechones del grupo de las cubiertas a los  $\geq 280$  días. Sin embargo, el peso de los lechones del grupo de cerdas cubiertas a los 220-239 días no se diferencia significativamente del grupo <220 días ni del grupo de 260-279 días. Tampoco se encontraron diferencias entre el grupo  $\geq 280$  días con el grupo de 240-259 días ni con el de 260-279 días (Figura 20, método Tukey  $p < 0,05$ ). A pesar de ello, no se puede sacar una conclusión clara ya que la muestra empleada fue demasiado reducida. Sin embargo, con un tamaño de muestra suficiente cabría esperar que las cerdas cubiertas a una edad  $\geq 220$  días obtuvieran lechones con mejores pesos al nacimiento que las cerdas cubiertas a una edad más temprana debido a su mayor madurez sexual y peso corporal (Koketsu, Takahashi y Akachi, 1999; Hoving et al., 2010).

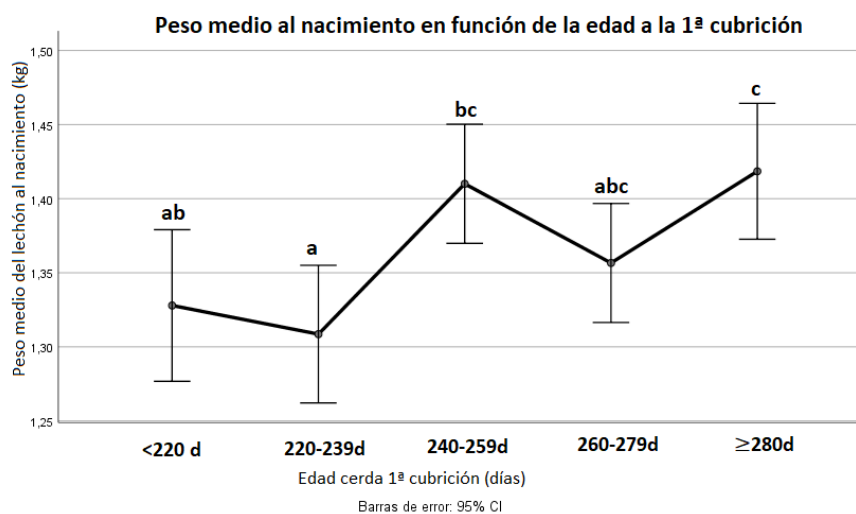


Figura 20. Peso medio del lechón al nacimiento en función de la edad a la 1ª cubrición.

### Relación entre la duración de la gestación y la prolificidad

La duración media de la gestación fue de 116,04 días, existiendo una variación entre 109 y 123 días (Figura 21). El 77,63% de las cerdas tuvo una duración de la gestación entre 115 y 117 días. Estos datos difieren 0,4 días de la media de 115,6 días de la duración de la gestación en España en el año 2020 (BDporc, 2022). Esta diferencia puede deberse a que la granja de estudio trabaja con una línea hiperprolífica, cuya duración de la gestación tiende a alargarse a 116-117 días (BDporc, 2022).

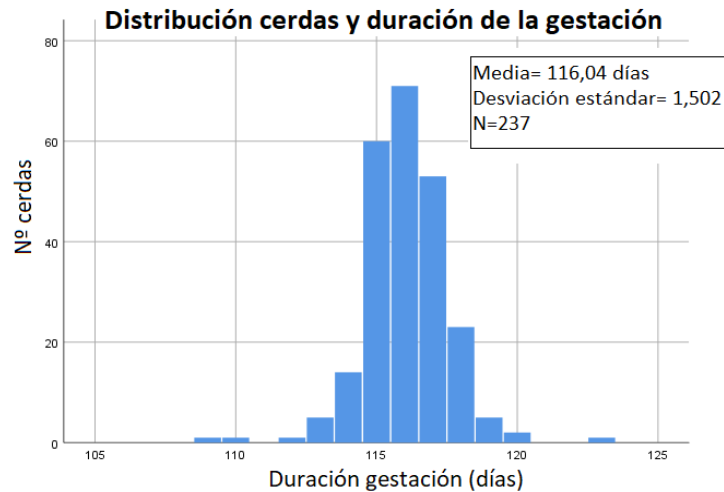


Figura 21. Distribución de las cerdas en función de la duración de la gestación.

A pesar de que el número de lechones NT y NV tiende a disminuir conforme aumenta la duración de la gestación (Corr. Pearson negativa) (Figura 22), la prueba de ANOVA no muestra ningún efecto significativo. Estos resultados concuerdan con la premisa de que las cerdas hiperprolíficas, al tener mayor tamaño de camada, tienden a partos más prolongados (BDporc).

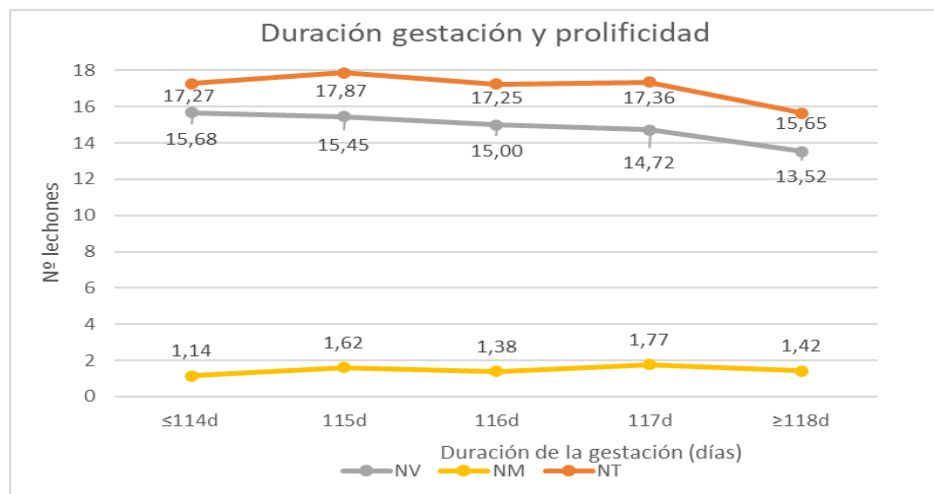


Figura 22. Lechones NT, NV y NM en función de la duración de la gestación.

### Relación entre la duración de la gestación y el peso al nacimiento

Para evaluar cómo influye la duración de la gestación en el peso al nacimiento de los lechones, los datos se clasificaron en diferentes grupos en función de ésta: ≤114 días, con 22 cerdas y 313 lechones; 115 días, con 60 cerdas y 881 lechones; 116 días, con 71 cerdas y 1020 lechones; 117 d, con 53 cerdas y 754 lechones; y ≥118 d, con 31 cerdas y 436 lechones. Se emplearon 237 datos (4 valores perdidos). El ANOVA dio como resultado un efecto significativo de la duración de la gestación para el peso al nacimiento ( $p < 0,001$ ), diferenciándose el grupo de mayor duración de gestación con el resto (Figura 23, método Tukey  $p < 0,05$ ). Este dato no sorprende

puesto que gestaciones prolongadas mejoran el peso al nacimiento de los lechones, ya que las mayores tasas de crecimiento fetal se dan durante el último tercio de gestación (Sanjoaquín, 2014).

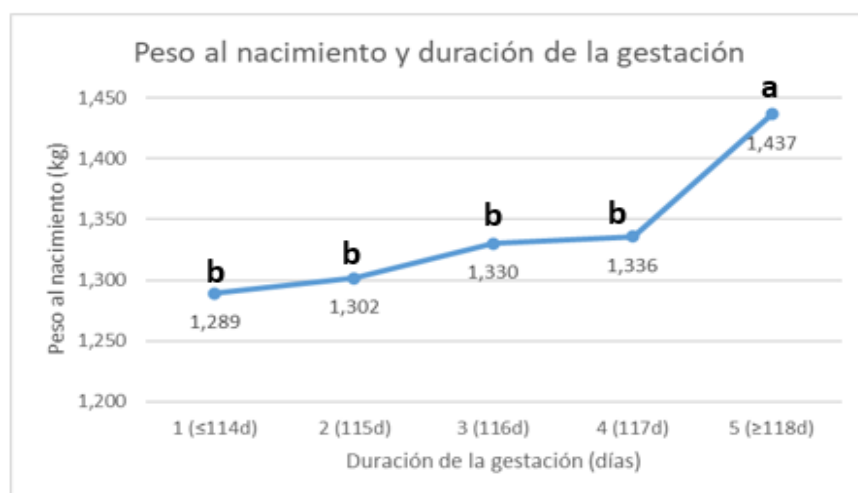


Figura 23. Relación entre el peso medio al nacimiento del lechón y duración de la gestación.

### Relación entre el sexo del lechón y el peso al nacimiento

No se encontraron diferencias significativas entre el sexo del lechón y el peso al nacimiento ( $p=0,112$ ) (Tabla 2), es decir, tanto machos como hembras se comportan de igual forma en lo que al peso al nacimiento se refiere. Este dato difiere de otros estudios (Arango et al., 2006; Wittenburg et al., 2011; Baxter et al., 2012), en los cuales los machos suelen pesar un 4% más que las hembras al nacer, cuya diferencia pueda deberse al menor tamaño utilizado de la muestra.

Sexo	NºLechones	%	Peso al nacimiento	Desv. Estandar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Macho	1780	51,10	1,34	0,339	1,32	1,35
Hembra	1703	48,9	1,32	0,329	1,30	1,34
Total	3483	100	1,33	0,334	-	-

## 8. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que llegamos tras la realización del estudio de campo son las siguientes:

- El tamaño de la camada es inversamente proporcional al peso medio al nacimiento del lechón, el cual disminuye 0,023 kg por cada lechón de más. Es decir, a mayor cantidad de lechones por camada, el peso medio individual al nacimiento disminuye. Además, aparece mayor proporción de lechones ligeros y de bajo peso (<1 kg), por lo que habrá mayor número de lechones con viabilidad reducida (<0,85 kg) y, en consecuencia, mayor cantidad de lechones RCIU, perjudicando seriamente su supervivencia.
- La paridad de la cerda influye sobre el peso al nacimiento, siendo los lechones procedentes de cerdas de primera paridad los de menor peso debido a la inmadurez fisiológica típica de la cerda primeriza. Sin embargo, en las cerdas de 4ª y 5ª parto no se ha encontrado un aumento de peso al nacimiento significativo.
- La edad a la primera cubrición ejerce un efecto significativo sobre el peso al nacimiento, con mayores pesos al nacimiento cuando se cubre a mayores edades, puesto que la cerda primeriza ha alcanzado una mayor madurez fisiológica.
- A mayor duración de la gestación, los pesos medios al nacimiento son mayores debido a que es en el último tercio de gestación cuando se produce el mayor crecimiento fetal.
- No se han encontrado diferencias en el peso al nacimiento en función del sexo del lechón a diferencia de lo mencionado en la revisión bibliográfica.
- Algunos de los resultados hallados no concuerden con la literatura mencionada en la revisión bibliográfica debido a un tamaño de muestra reducido o incluso al factor estacionalidad, ya que este estudio únicamente se realizó en los meses de más calor, no pudiéndolo comparar con los resultados que se hubieran obtenido si la prueba se hubiera realizado en invierno. Además, el factor alimentación no se ha podido cuantificar, siendo que, además, las cerdas suelen comer menos en verano. Por último, al tratarse de una granja joven y sólo disponer cerdas hasta 5ª paridad, no se ha podido ver el efecto que causarían las cerdas viejas sobre el conjunto de resultados.
- Se puede llegar a la conclusión de que los avances en las líneas de cerdas hiperprolíficas durante los últimos años ofrecen grandes mejoras a nivel productivo. Estas líneas cambian rápidamente a lo largo del tiempo a causa de su constante evolución.
- El componente genético es importante, pero no hay que olvidar que existen otras variables que condicionan el éxito productivo, siendo el manejo un aspecto clave para optimizar al máximo el potencial genético de la cerda hiperprolífica.

## CONCLUSIONS

The conclusions that we arrive after the study are as follow:

- Litter size is negatively correlated with the average birth weight of the piglet, which decreases by 0.023 kg for each additional piglet. The more piglets per litter, the lower average individual birth weight. In addition, there is a higher ratio of light and underweight piglets (<1 kg), so there will be a higher number of piglets with reduced viability (<0.85 kg) and, consequently, a higher number of IUGR piglets, seriously impairing their survival.
- Sow parity influences birth weight, with piglets from sows of first parity having the lowest birth weight due to the physiological immaturity typical of the primiparous sow. However, in 4th and 5th parity sows no significant increase in birth weight has been found.
- Age at first sowing has a significant effect on birth weight, with higher birth weights when sows are sired at older ages, as the sow is more physiologically mature.
- Longer gestations produces higher average birth weights due to the fact that at the last 1/3 of gestation occurs the major foetal growth.
- No differences were found in birth weight according to the sex of the piglet, in contrast to what was mentioned in the literature review.
- Some of the results found do not agree with the literature review due to the small sample size or even the seasonality factor, as this study was only carried out in the warmer months, making it impossible to compare it with the results that would have been obtained if the study had been performed in winter. Furthermore, the feeding factor could not be quantified, given that sows tend to eat less in summer. Finally, as this was a young farm, there were only sows from the 1st to the 5th parity, which meant that it was not possible to see the effect that the older sows would have on the overall results.
- It can be concluded that the advances in hyperprolific sow over the last few years offer great improvements in production. These lines change rapidly over time as a result of their constant evolution.
- The genetic factor is important, but it must not be forgotten that there exists other variables that determine the productive success, being the management a key factor to optimise to the maximum the genetic potential of the hyperprolific sow.

## 9. VALORACIÓN PERSONAL Y AGRADECIMIENTOS

A través de la realización de este TFG he podido profundizar en temas que no se han podido tratar durante el grado. A pesar de haber realizado diversos trabajos a lo largo de mi vida como estudiante, estoy segura de que la elaboración de este estudio científico de revisión bibliográfica y estudio de campo me va a ser de gran ayuda en mi futuro profesional. He sido capaz de hacer una búsqueda exhaustiva en buscadores científicos y académicos (Researchgate, PubMed, Google Scholar...) acerca de un tema muy específico sobre el que considero que no hay demasiada información. Además, he desarrollado y mejorado la comprensión de artículos científicos, la capacidad de síntesis y redacción, así como la capacidad crítica, aspectos fundamentales en una profesión como la veterinaria, en la que se requiere una formación y actualización constante a lo largo de todo el trayecto profesional. Así mismo, he aprendido a realizar un análisis estadístico, saber interpretar los resultados y confrontarlos adecuadamente con otros estudios científicos.

Por otro lado, el trabajo de la parte experimental del estudio de campo me ha permitido aprender nuevos conceptos y conocer más en profundidad el sector de la producción porcina, área que me resulta muy interesante y fascinante.

Por último, quiero agradecer enormemente a mis tutores, Emilio Magallón Botaya y José Luis Olleta Castañer, su apoyo, comprensión y ayuda constante, así como la transmisión de todos sus conocimientos, sin olvidar a Virginia Resconi Briggiler, que dedicó parte de su tiempo en ayudarme con el tratamiento estadístico de los datos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

3tres3 (2020). USDA prevé un aumento de la producción mundial de carne de cerdo 2021. Disponible en: [https://www.3tres3.com/ultima-hora/usda-preve-un-aumento-de-la-produccion-mundial-de-carne-de-cerdo-2021\\_45619/](https://www.3tres3.com/ultima-hora/usda-preve-un-aumento-de-la-produccion-mundial-de-carne-de-cerdo-2021_45619/) [Consultado 15/11/2021].

3tres3 (2022). España se sitúa como primer productor europeo de carne de cerdo. Disponible en: [https://www.3tres3.com/ultima-hora/espana-se-situa-como-primer-productor-europeo-de-carne-de-cerdo\\_47493/](https://www.3tres3.com/ultima-hora/espana-se-situa-como-primer-productor-europeo-de-carne-de-cerdo_47493/) [Consultado: 09/02/2022].

Amdi, C., Giblin, L., Ryan, T., Stickland, N.C. y Lawlor, P.G. (2014). Maternal backfat depth in gestating sows has a greater influence on offspring growth and carcass lean yield than maternal feed allocation during gestation. *Animal*, 8(2), pp. 236-244. DOI: [10.1017/S1751731113002073](https://doi.org/10.1017/S1751731113002073)

Aparicio, M., Ramírez, L.M., Ayllón, S., Morales, J. y Piñeiro, C. (2005). Efecto de la edad a la primera cubrición sobre la productividad global de cerdas reproductoras. XI Jornadas AIDA sobre producción animal. PigChamp Pro Europa. Disponible en: <https://www.pigchamp-pro.com/wp-content/uploads/2014/07/Efecto-de-la-edad-a-la-primera-cubricion-sobre-la-productividad-global-de-cerdas-reproductoras.pdf>

Arango, J., Misztal, I., Tsuruta, S., Culbertson, M., Holl, J.W. y Herring, W. (2006). Genetic study of individual preweaning mortality and birth weight in Large White piglets using thresholdlinear models. *Livestock Science*, 101(1-3), pp. 208–218. DOI: [10.1016/j.livprodsci.2005.11.011](https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.11.011)

Babot, D., Chavez, E.R. y Noguera, J.L. (2003). The effect of age at the first mating and herd size on the lifetime productivity of sows. *Animal Research*, EDP Sciences, 52(1), pp. 49-64. DOI: [10.1051/animres:2003001](https://doi.org/10.1051/animres:2003001)

Bahnsen, I., Riddersholm, K.V., Knecht, L.V., Bruun, T.S. y Amdi, C. (2021). The effect of different feeding systems on salivary cortisol levels during gestation in sows on herd level. *Animals*, 11(4):1074. DOI: [10.3390/ani11041074](https://doi.org/10.3390/ani11041074)

Baxter, E. M., Jarvis, S., Palarea-Albaladejo, J., y Edwards, S.A. (2012). The weaker sex? The propensity for male-biased piglet mortality. *PloS one*, 7(1), e30318. DOI: [10.1371/journal.pone.0030318](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030318)

BDporc. (2022). Base de datos BDporc. Disponible en: <http://www.bdporc.irta.es/index.jsp> [Consultado: 10/02/2022].

Beaulieu, A.D., Aalhus, J.L., Williams, N.H. y Patience, J.F. (2010). Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. *Journal of Animal Science*, 88(8), pp. 2767-2778.

DOI: [10.2527/jas.2009-2222](https://doi.org/10.2527/jas.2009-2222)

Campos, P.H.R.F., Silva, B.A.N., Donzele, J.L., Oliveira, R.F.M. y Knol, E.F. (2012). Effects of sow nutrition during gestation on within-litter birth weight variation: a review. *Animal*, 6(5), pp. 797-806.

DOI: [10.1017/S1751731111002242](https://doi.org/10.1017/S1751731111002242)

Carrión, D. y Medel, P. (2001). Interacción Nutrición Reproducción en Ganado Porcino. XVII Curso de especialización FEDNA.

Costermans, N.G.J., Teerds, K.J., Keijer, J., Knol, E.F., Koopmanschap, R.E., Kemp, B. y Soede, N.M. (2019). Follicular development of sows at weaning in relation to estimated breeding value for within-litter variation in piglet birth weight. *Animal*, 13(3), pp. 554-563.

DOI: [10.1017/S1751731118001684](https://doi.org/10.1017/S1751731118001684).

Dewey, C.E., Martin, S.W., Friendship, R.M. y Wilson, M.R. (1994). The effects on litter size of previous lactation length and previous weaning-to-conception interval in Ontario swine. *Preventive Veterinary Medicine*, 18(3), pp. 213-223.

DOI: [10.1016/0167-5877\(94\)90077-9](https://doi.org/10.1016/0167-5877(94)90077-9)

DNA Genetics. (2022). Disponible en: <http://www.dnaswinegenetics.com/> [Consultado: 11/02/2022].

Echave, R.S., de Teran Diaz, G.R., Llano, B.P. y Casado, P.G. (2008). Micotoxinas y su impacto en la producción porcina. *ALBEITAR*, 112, pp. 34-38.

Disponible en: [https://www.adiveter.com/ftp\\_public/A1090508.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/A1090508.pdf)

Eguinoa, P., Marín, F., Recondo, I., Goldaracena, J., Maeztu, F. y Labairu, J. (2008). Lechón de calidad. *Navarra Agraria*. Disponible en: [https://www.navarraagraria.com/donde-estamos/item/download/461\\_8c42c1d43894d98fd7de940671b5ba35](https://www.navarraagraria.com/donde-estamos/item/download/461_8c42c1d43894d98fd7de940671b5ba35)

[Consultado: 11/02/2022].

Falceto, M.V., Mitjana, O. y Bonastre, C. (2017). Manejo reproductivo de la cerda hiperprolífica.

*Albéitar*, 202. Disponible en: [https://zagan.unizar.es/record/60973/files/texto\\_completo.pdf](https://zagan.unizar.es/record/60973/files/texto_completo.pdf)

Falceto, M.V., Vela, A., Bonastre, C., Suarez, A. y Mitjana, O. (2018). *Efectos del calor sobre la actividad ovárica de la cerda*. Albeitar, 213. Disponible en: [https://issuu.com/editorialservet/docs/albeitar213\\_issuu](https://issuu.com/editorialservet/docs/albeitar213_issuu)

Farmer, C. y Edwards, S.A. (2020). The suckling and weaned piglet. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. DOI: [10.3920/978-90-8686-894-0](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-894-0)

Foxcroft, G.R., Dixon, W.T., Novak, S., Putman, C.T., Town, S.C. y Vinsky, M.D.A. (2006). The biological basis for prenatal programming of postnatal performance in pigs. *Journal of Animal Science*, 84 Suppl, pp. 105-112. DOI: [10.2527/2006.8413\\_supple105x](https://doi.org/10.2527/2006.8413_supple105x)

Hansen, C.F., Hales, J., Amdi, C. y Moustsen, V.A. (2018). Intrauterine growth-restricted piglets defined by their head shape have impaired survival and growth during the suckling period. *Anim. Prod. Sci.*, 59(6), pp. 1056-1062. DOI: [10.1071/AN17581](https://doi.org/10.1071/AN17581)

Hoving, L.L., Soede, N.M., Graat, E.A., Feitsma, H. y Kemp, B. (2010). Effect of live weight development and reproduction in first parity on reproductive performance of second parity sows. *Animal Reproduction Science*, 122(1-2), pp. 82-89. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2010.07.009](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.07.009)

Ji, Y., Wu, Z., Dai, Z., Wang, X., Li, J., Wang, B. y Wu, G. (2017). *Fetal and neonatal programming of postnatal growth and feed efficiency in swine*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(42). DOI: [10.1186/s40104-017-0173-5](https://doi.org/10.1186/s40104-017-0173-5)

Kim, S.W., Weaver, A.C., Shen, Y.B. y Zhao, Y. (2013). Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(26), pp. 26. DOI: [10.1186/2049-1891-4-26](https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-26)

Koketsu, Y., Takahashi, H. y Akachi, K. (1999). Longevity, lifetime pig production and productivity, and age at first conception in a cohort of gilts observed over six years on commercial farms. *J. Vet. Med. Sci.*, 61(9), pp. 1001-1005. DOI: [10.1292/jvms.61.1001](https://doi.org/10.1292/jvms.61.1001)

Kraeling, R.R. y Webel, S.K. (2015). Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(3) DOI: [10.1186/2049-1891-6-3](https://doi.org/10.1186/2049-1891-6-3)

Lavery, A., Lawlor, P.G., Magowan, E., Miller, H.M., O'Driscoll, K. y Berry, D.P. (2018). An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicator of sow productivity. *Animal*, 13(3), pp. 1-9. DOI: [10.1017/S1751731118001799](https://doi.org/10.1017/S1751731118001799).

Liu, F., Braden, C. J., Smits, R. J., Craig, J. R., Henman, D. J., Brewster, C. J., Morrison, R. S., Athorn, R. Z., Leury, B. J., Zhao, W., Cottrell, J. J., Dunshea, F. R. y Bell, A. W. (2021). Compensatory feeding during early gestation for sows with a high weight loss after a summer lactation increased piglet birth weight but reduced litter size. *Journal of animal Science*, 99(9), skab228. DOI: [10.1093/jas/skab228](https://doi.org/10.1093/jas/skab228)

Magallón, E., García, A., Bautista, R., Alonso, B., Cano, J.I., Almenara, S., Prieto, P. y Magallón, P. (2014). *Manejo y gestión de maternidades porcinas I: El parto*. Zaragoza: Servet.

Mallmann, A.L., Fagundes, D.P., Vier, C.E., Oliveira, G.S., Mellagi, A., Ulguim, R.R., Bernardi, M.L., Orlando, U., Cogo, R.J., y Bortolozzo, F.P. (2019). Maternal nutrition during early and late gestation in gilts and sows under commercial conditions: impacts on maternal growth and litter traits. *Journal of animal Science*, 97(12), pp. 4957–4964. DOI: [10.1093/jas/skz349](https://doi.org/10.1093/jas/skz349) .

Marchesi, M. (2020). *Estrés por calor en cerdas*. Disponible en: [https://www.3tres3.com/articulos/estres-por-calor-en-cerdas\\_44982/](https://www.3tres3.com/articulos/estres-por-calor-en-cerdas_44982/). [Consultado: 19/11/2021].

Milligan, B. N., Fraser, D. y Kramer, D.L. (2002). *Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights*. *Livestock Production Science*, 76 (1-2), pp. 181-191. DOI: [10.1016/S0301-6226\(02\)00012-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00012-X)

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. (2020). Principales indicadores económicos. El sector de la carne de cerdo en cifras, 2020. Madrid: MAPA.

Noblet, J., Close, W.H., Heavens, R.P. y Brown, D. (1985). Studies on the energy metabolism of the pregnant sow. 1. Uterus and mammary tissue development. *Br J Nutr.*, 53(2), pp. 251-265. DOI: [10.1079/bjn19850033](https://doi.org/10.1079/bjn19850033)

Otten, W., Kanitz, E. y Tuchscherer, M. (2015). The impact of pre-natal stress on offspring development in pigs. *Journal of Agriculture Science*, 153(5), pp. 907-919. DOI: [10.1017/S0021859614001361](https://doi.org/10.1017/S0021859614001361)

Père, M.C. y Etienne, M. (2000). Uterine blood flow in sows: effects of pregnancy stage and litter size. *Reprod. Nutr. Dev.*, 40(4), pp. 369-382. DOI: [10.1051/rnd:2000105](https://doi.org/10.1051/rnd:2000105).

Perry, J.S. y Rowell, J.G. (1969). Variations in foetal weight and vascular supply along the uterine horn of the pig. *J. Reprod. Fert.*, 19(3), pp. 527-534. DOI: [10.1530/jrf.0.0190527](https://doi.org/10.1530/jrf.0.0190527)

Piñeiro, C. y Lisboa, M. (2013). Lechones de bajo peso y de cerdas jóvenes; una peligrosa mezcla. Universo porcino. Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Lechones%20de%20bajo%20peso%20y%20de%20cerdas%20jóvenes.pdf> [Consultado: 07/11/2021].

Quesnel, H., Pasquier, A., Mounier, A.M., Louveau, I. y Prunier, A. (1998). Influence of feed restriction in primiparous lactating sows on body condition and metabolic parameters. *Reproduction Nutrition Development*, 38, pp- 261-274. DOI: [10.1051/rnd:19980306](https://doi.org/10.1051/rnd:19980306)

Quesnel, H., Brossard, L., Valancogne, A., Quiniou, N. (2008). Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. *Animal*, 2(12), pp. 1842-1849. DOI: [10.1017/S175173110800308X](https://doi.org/10.1017/S175173110800308X)

Quesnel, H., Père, M.C., Louveau, I., Lefaucheur, L., Perruchot, M.H., Prunier, A., Pastorelli, H., Meunier-Salaün, M.C., Gardan-Salomon, D., Merlot, E. y Gondret, F. (2019). Sow environment during gestation: part II. Influence on piglet physiology and tissue maturity at birth. *Animal*, 13(7), pp. 1440-1447. DOI: [10.1017/S1751731118003087](https://doi.org/10.1017/S1751731118003087)

Quiniou, N., Dagorn, J. y Gaudré, D. (2002). Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science*, 78(1), pp.63-70. DOI: [10.1016/S0301-6226\(02\)00181-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00181-1)

Repropig. (2019). Síndrome del segundo parto. Revista digital Repropig, 4. Disponible en: <http://academiadeporcino-msdanimalhealth.com/Repropig4/index.html>. [Consultado: 13/02/2022].

Riddersholm, K.V., Bahnsen, I., Bruun, T.S., Knekt, L.V. y Amdi, C. (2021). Identifying Risk Factors for Low Piglet Birth Weight, High Within-Litter Variation and Occurrence of Intrauterine Growth-Restricted Piglets in Hyperprolific Sows. *Animals*, 11(9), pp. 2731. DOI: [10.3390/ani11092731](https://doi.org/10.3390/ani11092731)

Riopérez, J. y Rodríguez-Membibre, M.L. (2012). Aflatoxicosis porcina y sinergia con otras micotoxinas. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_MG/MG\\_2012\\_247\\_16\\_20.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2012_247_16_20.pdf)

Sanjoaquín, L. (2014). Manejo de la cerda hiperprolífica. Zaragoza: Servet.

Sanjoaquín, L. (2016). La cerda hiperprolífica: fortalezas y debilidades. Disponible en: <https://foroagroganadero.com/la-cerda-hiperprolifica-fortalezas-y-debilidades/>

Sasaki, Y. y Koketsu, Y. (2007). Variability and repeatability in gestation length related to litter performance in female pigs on commercial farms. *Theriogenology* , 68(2), pp. 123-127. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2007.04.021](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.021)

Schenkel, A.C., Bernardi, M.L. y Bortolozzo, F.P. (2010). Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. *Livestock Science*, 132(1-3), pp. 165-172. DOI: [10.1016/j.livsci.2010.06.002](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.002)

SEGES Danish Pig Research Centre (2022). SEGES Danish Pig Research. Disponible en: <https://www.seges.dk/>. [Consultado: 03/01/2022].

Silva, B. (2017). La cerda actual en la fase de lactación. 3tres3. Disponible en: [https://www.3tres3.com/articulos/%C2%BFes-eficiente-la-lactacion-de-las-cerdas-hiperprolificas-1-2\\_38044/](https://www.3tres3.com/articulos/%C2%BFes-eficiente-la-lactacion-de-las-cerdas-hiperprolificas-1-2_38044/) [Consultado: 03/01/2022].

Tani, S., Piñeiro, C. y Koketsu, Y. (2017). Mortality and survival probability of female pigs in southern european commercial breeding herds. *Journal of Agricultural Science*, 9(4), pp. 38. DOI: [10.5539/jas.v9n4p38](https://doi.org/10.5539/jas.v9n4p38)

Top Gan. (2021). Jornada Virtual Ágora de formación e información agropecuaria. Grupo Asís. Disponible en: <https://jornadas.agoratopgan.com/jornada-topgan-marzo-2021.html> [Consultado: 02/03/2021].

Tribau, J. (2005). Aplicación del método BLUP a la evaluación y selección de reproductores porcinos. *Avances en tecnología porcina*, 2(9), pp. 35-56.

Ubiergo, A. (2020). Mortalidad de cerdas. Jornadas Porcino UAB. AVPC. Disponible en: <http://www.avpc.cat/wp-content/uploads/2020/03/Antonio-Ubiergo-Mortalidad-de-Cerdas-2.pdf>

USDA (2022). Livestock and Poultry: World Markets and trade. Foreign Agricultural Service. U.S. Department of Agriculture. Disponible en: [https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf) [Consultado: 16/05/2022]

Vallet, J.L. y Freking, B.A. (2007). Differences in placental structure during gestation associated with large and small pig fetuses: *Journal of Animal Science*, 85(12), pp. 3267-3275. DOI: [10.2527/jas.2007-0368](https://doi.org/10.2527/jas.2007-0368)

Van der Lende, T., Hazeleger, W. y de Jager, D. (1999). Weight distribution within litters at the early foetal stage and at birth in relation to embryonic mortality in the pig. *Livestock Production Science*, 26(1), pp. 53-65. DOI: [10.1016/0301-6226\(90\)90055-B](https://doi.org/10.1016/0301-6226(90)90055-B)

Walters, R. (2015). Heterosis (vigor híbrido) y consanguinidad. Disponible en: [https://www.3tres3.com/articulos/heterosis-vigor-hibrido-y-consanguinidad\\_35039/](https://www.3tres3.com/articulos/heterosis-vigor-hibrido-y-consanguinidad_35039/) [Consultado: 10/02/2022].

Wientjes, J.G.M., Soede, N.M., van der Peet-Schwering, C.M.C., van den Brand, H. y Kemp, B. (2012). Piglet uniformity and mortality in large organic litters: Effects of parity and pre-mating diet composition. *Livestock Science*, 144(3), pp. 218-229. DOI: [10.1016/j.livsci.2011.11.018](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.11.018)

Wientjes, J.G., Soede, N.M., Knol, E.F., van den Brand, H., y Kemp, B. (2013). Piglet birth weight and litter uniformity: effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines. *Journal of Animal Science*, 91(5), pp. 2099-2107. DOI: [10.2527/jas.2012-5659](https://doi.org/10.2527/jas.2012-5659).

Wise, T., Roberts, A.J. y Christenson, R.K. (1997). Relationships of light and heavy fetuses to uterine position, placental weight, gestational age, and fetal cholesterol concentrations. *Journal of Animal Science*, 75(8), pp. 2197-2207. DOI: [10.2527/1997.7582197x](https://doi.org/10.2527/1997.7582197x)

Wittenburg, D., Guiard, V., Teuscher, F., y Reinsch, N. (2011). Analysis of birth weight variability in pigs with respect to liveborn and total born offspring. *Journal of animal breeding and genetics*, 128(1), pp. 35-43. DOI: [10.1111/j.1439-0388.2010.00880.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2010.00880.x)

Wu, G., Bazer, F.W., Wallace, J.M. y Spencer, T.E. (2006). Board-invited review: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science*, 84(9), pp. 2316-2337. DOI: [10.2527/jas.2006-156](https://doi.org/10.2527/jas.2006-156)

Wu, G., Bazer, F.W., Johnson, G.A., Burghardt, R.C., Li, X., Dai, Z., Wang, J. y Wu, Z. (2013). Maternal and fetal amino acid metabolism in gestating sows. *Soc Reprod Fertil Suppl*, 68, pp. 185-198. DOI: [10.1530/biosciprocs.19.0018](https://doi.org/10.1530/biosciprocs.19.0018)

Xie, S., Broermann, D., Nephew, K., Bishop, M. y Pope, W. (1990). Relationship between oocyte maturation and fertilization on zygotic diversity in swine. *Journal of Animal Science*, 68, pp. 2027-2033. DOI: [1990.6872027x](https://doi.org/10.6872027x)

Yatabe, Y., Iida, R., Piñeiro, C. y Koketsu, Y. (2019). Recurrence patterns and lifetime performance of parity 1 sows in breeding herds with different weaning-to-first mating intervals. *Porcine Health Management*, 5(15). DOI: [10.1186/s40813-019-0122-0](https://doi.org/10.1186/s40813-019-0122-0)

Zak, L.J., Cosgrove, J.R., Aherne, F.X. y Foxcroft, G.R. (1997). Pattern of feed intake and associated metabolic and endocrine changes differentially affect postweaning fertility in primiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*, 75(1), pp. 208-216. DOI: [10.2527/1997.751208x](https://doi.org/10.2527/1997.751208x)

Zhou, Y., Xu, T., Cai, A., Wu, Y., Wei, H., Jiang, S., y Peng, J. (2018). Excessive backfat of sows at 109 d of gestation induces lipotoxic placental environment and is associated with declining reproductive performance. *Journal of animal Science*, 96(1), pp. 250-257. DOI: [10.1093/jas/skx041](https://doi.org/10.1093/jas/skx041)