

# REVISIÓN SOBRE LOS FACTORES NO INFECCIOSOS ASOCIADOS A LA SUPERVIVENCIA DE LOS LECHONES ALREDEDOR DEL PARTO

Doble grado en Veterinaria y Ciencia en Producción  
Animal Promoción 2013-2019



**Laura Martí Arellano**  
**Tutor: Javier Álvarez Rodríguez**  
**Cotutor: Javier Martínez Lobo**  
**Lleida, Junio 2019**

# Índice

<b>1. Agradecimientos.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Factores genéticos.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Factores maternas.....</b>	<b>6</b>
4.1 Condición corporal.....	6
4.2 Conducta maternal.....	9
4.3 Producción lechera.....	12
4.4 La ubre.....	15
<b>5. Factores de los lechones.....</b>	<b>19</b>
5.1 Orden de nacimiento.....	19
5.2 Peso al nacimiento y tamaño.....	22
5.3 Vigor y género.....	26
<b>6. Factores ambientales.....</b>	<b>27</b>
6.1 Condiciones ambientales y época.....	27
6.2 Alojamiento.....	32
<b>7. Manejo.....</b>	<b>37</b>
7.1 Personal.....	38
7.2 Inducción al parto.....	39
7.3 Asistencia al parto.....	42
7.4 Toma del calostro.....	46
7.5 Plan de adopciones.....	49
<b>8. Estudio experimental Reprocine.....</b>	<b>53</b>
<b>9. Conclusiones.....</b>	<b>58</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>59</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>78</b>

## **1. Agradecimientos**

Me gustaría agradecer la ayuda recibida por parte de la Universidad de Lleida, de mi tutor de trabajo, Javier Álvarez, y del Grupo Vall Companys, especialmente a la plantilla de veterinarios de la sección de madres reproductoras dirigida por Albert Vidal.

Por otro lado, agradecer la ayuda incondicional de mis padres y de Pau Izquierdo.

## 2. Introducción

Durante las últimas dos décadas y a través de la selección genética, el énfasis de la producción porcina se centra en producir un mayor número de lechones nacidos totales por camada y año (Petry y Johnson, 2004), obtener una progenie de crecimiento rápido, una mayor ganancia de tejido magro y una reducción del tejido adiposo en la canal (Farmer, 2015). Al tener camadas numerosas, se aumenta la posibilidad de destetar más lechones pero al mismo tiempo, ha aumentado la incidencia de mortinatos, lechones con poco vigor y/o poca capacidad termorreguladora, reduciéndose el nivel de maduración fisiológica de los lechones al nacer (Farmer, 2015) y disminuyendo así la eficiencia reproductiva.

La eficiencia reproductiva es conocida como el número de lechones destetados por cerda y año, por lo que cada lechón perdido al nacer o durante la lactancia implica tanto un desperdicio económico como de bienestar y una desmotivación para los productores porcinos.

Los índices de mortalidad siguen siendo altos y, en muchos casos, la presencia de lechones de bajo peso y baja calidad al destete es una constante, pese al esfuerzo y trabajo dedicado. Los mortinatos en general representan el 3–8% de todos los cerdos nacidos (Vanderhaeghe *et al.*, 2010a). Según Sprecher *et al.* (1974), los mortinatos se pueden clasificar en dos tipos según el momento de la muerte: tipo I o muertes que incluyen fetos que mueren antes del final de gestación (generalmente por causas infecciosas) y las muertes fetales tipo II, animales que mueren durante el parto (muertes intraparto) por etiologías no infecciosas como la asfixia y la distocia intrauterina. Solo una investigación exhaustiva *post mortem* puede clasificar los mortinatos (van derLende y van Rens, 2003). Sin embargo, esta práctica no se realiza de forma rutinaria en circunstancias prácticas y un lechón muerto generalmente se define como un lechón encontrado muerto detrás de la cerda tras el parto sin signos de descomposición.

Durante el periodo de lactancia, alrededor del 12 - 25% de los lechones mueren, concentrándose el 70-80% de las bajas durante los tres primeros días de vida (Magallón *et al.*, 2015) y siendo los aplastamientos y la inanición las principales causas de mortalidad (Farmer, 2015). Según los datos de referencia del Banco de Datos del Porcino Español (BDPorc) el porcentaje de bajas media del nacimiento al destete (sobre lechones nacidos totales) en 2016 fue de 17,69 a nivel español y de 17,9 en Cataluña.

No obstante, parece que la mortalidad neonatal de los lechones es el resultado de un conjunto de interacciones complejas, de forma que identificar una causa única resulta a menudo muy difícil (Mainau *et al.*, 2015). Vanderhaeghe *et al.* (2013), por ejemplo, dividieron los factores no infecciosos que intervienen en la mortalidad de los lechones en cuatro clases: factores genéticos, maternos, de lechones y ambientales. Sin embargo, las estrategias de manejo también pueden representar un

factor a tener en cuenta en la supervivencia de los lechones y éstas suelen dirigirse a reducir el estrés de la cerda y a mejorar el vigor de los lechones al nacer (Kirkden *et al.*, 2013). Además, muchas veces es necesario recurrir a la asistencia farmacológica del parto, ya que existen partos distócicos donde la cerda precisa de la ayuda del personal para facilitar la expulsión de los lechones y preservar su supervivencia (Kirkden *et al.*, 2013). En este trabajo, se incluye un estudio experimental de un fármaco de uso veterinario llamado Reprocine® (Vetoquinol, Madrid, España), que se trata de un análogo de oxitocina.

### **Objetivos:**

Los objetivos de este trabajo han sido:

- 1) Realizar una revisión bibliográfica sobre los factores no infecciosos que intervienen en la supervivencia y/o mortalidad de los lechones en los primeros días posparto.
- 2) Valorar la eficacia de un análogo de oxitocina sobre la duración del parto y la supervivencia de los lechones hasta los tres días tras el parto.

### **3. Factores genéticos**

El grado de supervivencia neonatal se puede evaluar conociendo el tamaño de camada en el nacimiento y en varios estadios de la lactación. Se trata de un aspecto genético y complejo que está controlado por los genes tanto de la madre como del lechón.

#### **Eficiencia placentaria**

Varios autores, por ejemplo Van Rens *et al.* (2005), ya indicaron que para reducir los mortinatos, la eficiencia placentaria representa una estrategia para ser seleccionada.

En el ambiente prenatal, el 30-50% de los óvulos liberados no sobreviven durante la gestación y el recurso limitado para el desarrollo placentario es el espacio uterino. La supervivencia fetal depende del flujo de sangre al útero, la distribución adecuada de los nutrientes maternos y la efectividad de la transferencia de la placenta. El alargamiento asíncrono permite que algunos fetos sean más avanzados que otros liberando estrógeno ( $17\beta$  estradiol) e impidan el alargamiento de sus compañeros de camada menos desarrollados, lo que resulta en la degeneración de estos últimos. Posteriormente, si el número de fetos implantados es demasiado grande para la capacidad uterina, el desarrollo placentario restringido resulta en la reducción de la transferencia de nutrientes, la muerte fetal o la reducción de la viabilidad al nacer, comprometiendo la supervivencia postnatal (Farmer,

2015). Por lo tanto, la insuficiencia placentaria es una causa importante de que se produzca un crecimiento restrictivo o retardado intrauterino (IUGR: Intrauterine Growth Restriction).

Baxter *et al.* (2008) asociaron sus medidas generales de IUGR (PI: Índice ponderal y BMI: índice de masa corporal) con un menor número total de aureola placentaria y densidad de areola: rasgos placentarios clave en la transferencia de nutrientes entre la madre y el feto y determinantes de la vitalidad de los lechones al nacer. Más adelante, Rootwelt *et al.* (2012) también asociaron el área placentaria con la vitalidad de los lechones, enfatizando así la influencia de la calidad de la placenta no solo en la supervivencia prenatal sino también en la viabilidad postnatal.

Existen diferencias raciales que resaltan la importancia de un ambiente prenatal óptimo, por ejemplo, las cerdas Meishan están mejor adaptadas para satisfacer las demandas fetales produciendo tamaños de camada superiores que sus contrapartes occidentales y menos lechones nacidos muertos (Canario *et al.*, 2006). Su éxito se debe a la superación de la limitación de la capacidad uterina al aumentar la proporción entre el tamaño del feto y el tamaño de la placenta, o sea, a una eficiencia placentaria. A pesar de su tamaño más pequeño, los lechones Meishan son fisiológicamente más maduros al nacer, con un mayor porcentaje de grasa de la carcasa y adipocitos de tejido adiposo más grandes que los lechones de líneas prolíficas occidentales modernas. Sin embargo, las camadas de lechones de raza Meishan también tienden a tener una mayor mortalidad antes del destete que las camadas de raza Large White (Lee and Haley, 1995). Por lo tanto, las razas prolíficas occidentales (por ejemplo: Landrace, Large White o Yorkshire) tienden a tener las tasas más altas de supervivencia neonatal, mientras que las razas Duroc, Belga, Pietrain y, en menor medida, Hampshire, tienden a tener tasas de supervivencia más bajas (Lee and Haley, 1995). Un estudio actual (Hagan y Etim, 2018; respaldado por otros: Quesnel *et al.* 2008 y Knecht *et al.* 2015) mostró la influencia de la raza en algunos parámetros de rendimiento reproductivo de las cerdas como: la tasa de partos, el tamaño de la camada al nacer y al destete, el peso de los lechones al nacer y la mortalidad de los lechones antes del destete. Hagan y Etim (2018) también compararon los parámetros reproductivos nombrados anteriormente entre la raza Large White (LW) y un cruce Duroc × Large White (DLW) y se consiguió mejores resultados en la tasa de partos, el tamaño de la camada al nacimiento y la mortalidad antes del destete tras el cruce Duroc × Large White. Sin embargo, el tamaño de la camada al destete fue superior para la raza Large-White, lo que indica que las cerdas Large -White podrían criar a sus hijos lo suficientemente bien como para compensar cualquier diferencia en los antecedentes genéticos de los lechones. Anteriormente, Vanderhaeghe *et al.* (2010) ya indicaron que el uso de los cruces es una de las formas más seguras de mejorar el rendimiento reproductivo debido a la baja heredabilidad de los rasgos reproductivos. Un mayor tamaño de la camada al nacer tras un cruce (observado en Quesnel *et al.*, 2008 y Hagan y Etim ,2018)

es un reflejo del potencial individual en la fisiología reproductiva de las razas y de la mayor resistencia a las condiciones climáticas y la nutrición (entre otros) (Hoving *et al.* 2010).

Otros aspectos maternos como por ejemplo el comportamiento maternal pueden ser seleccionados para reducir la mortalidad neonatal y en los primeros días postparto (Farmer, 2015).

### **Anomalías congénitas**

El síndrome conocido como “splay-leg” se define como una función temporalmente deteriorada de los músculos de la pierna posterior inmediatamente después del nacimiento. Se considera una enfermedad importante en la industria porcina, ya que pueden perderse hasta el 50% de los lechones afectados (Van Der Heyde *et al.* 1989).

Los lechones con este síndrome son demasiado débiles para ponerse en pie y caminar y, por lo tanto, generalmente mueren de inanición y sobreexposición (lo que conduce a aplastamientos por parte de la cerda), debido a la dificultad para localizar el pezón y evitar a la cerda (Tomko 1993).

Este síndrome generalmente ocurre en cerdos magros y especialmente en lechones machos (Papatsiros 2012). Además, no se ha informado de un tratamiento satisfactorio para el “splay-leg” en lechones (Papatsiros 2012) y, por lo tanto, identificar los genes que se correlacionan con el síndrome sería beneficioso para la futura cría de cerdos. Maak *et al.* (2009) encontraron cuatro genes (SQSTM1, SSRP1, DDIT4 y MAF) relacionados con la muerte celular en los músculos de las patas traseras. Wu *et al.* (2018) indicaron que el trasfondo genético de los lechones con “splay-leg” es exactamente el mismo que el de sus hermanos sanos. Sin embargo, tienen una gran diferencia en la incidencia, lo que significa que es difícil explicar la causa del síndrome con genómica comparativa. Además, los factores no genéticos, por ejemplo, la temperatura y la luz influyen en el proceso de transcripción del gen (Neugart *et al.* 2016).

Wu *et al.* (2018) encontraron que la vía PI3K-Akt desempeña un papel crucial en la regulación del síndrome y se identificaron un total de 555 genes expresados diferencialmente mediante la comparación transcriptómica de lechones con “splay-leg” y sus compañeros de camada sanos. Después de analizar la función de estos genes, se especuló que la sobreexpresión de FBXO32 es responsable del síndrome de pierna congénita y juega un papel importante en la vía PI3K-Akt. Sin embargo, concluyeron que se requieren de más estudios para investigar los aspectos bioquímicos y fisiológicos de FBXO32 tanto in vivo como in vitro.

### **Tamaño de la camada**

En los últimos años, tras la intensa selección y el uso creciente de cerdas híper-prolíficas, el tamaño de camada ha aumentado, siendo la media actual de  $\leq 11$  a 16 lechones por cerda y ciclo (Quiniou

*et al.*, 2002). Esto ha producido una mayor variación del peso dentro de la camada al nacer, aumentando así la prevalencia de los lechones más pequeños al nacer y los factores de riesgo en la mortalidad neonatal de los lechones (Foxcroft *et al.*, 2006). Por lo tanto, la reducción de la variabilidad dentro de la camada (particularmente con respecto al peso al nacer), es considerado un importante objetivo de reproducción discutido por numerosos autores (Rydhmer, 2000; Knol *et al.*, 2002a; Damgaard *et al.*, 2003;) así como la selección de aspectos para producir un lechón más robusto. Además, la inclusión de rasgos que aumenten la supervivencia neonatal es una estrategia sostenible que ha logrado el éxito en la mejora de las tasas de supervivencia de los lechones (Roehe *et al.*, 2009, 2010). En 2004, se modificó el criterio de selección del total de lechones nacidos a 'lechones vivos en el día 5' (LPS) (Su *et al.*, 2007) y la mortalidad, aunque todavía era alta, se estabilizó con el resultado neto de un aumento de 2,3 cerdos destetados /camada. Esto puede reflejar que la selección de LP5 puede no resultar en tantos lechones comprometidos (por ejemplo, individuos con retraso del crecimiento patológico) como la selección para el número de lechones nacidos totales.

#### **4. Factores maternos**

A continuación, se explicarán varios factores maternos relacionados con la mortalidad pre-destete de los lechones que se encuentran fuertemente influenciados por el ciclo productivo de las cerdas.

##### **4.1 Condición corporal**

El crecimiento de la glándula mamaria y de las células epiteliales durante el último tercio de la gestación determina la producción láctea (del calostro y de la leche). Estudios actuales han relacionado la gordura de las cerdas con el rendimiento del calostro (Decaluwé *et al.*, 2014), la calidad (Rekiel *et al.*, 2011) y la cantidad (Revell *et al.*, 1998) de la leche. Por lo tanto, es importante mantener una buena condición corporal para no comprometer la formación y el desarrollo de las células secretoras. Sin embargo, el nivel alimenticio y la condición corporal de la cerda (Decaluwé *et al.* 2014) también intervienen en la cinética del parto y en otros muchos procesos de desarrollo durante la gestación. Ocepek *et al.* (2018) relacionaron la condición corporal de la cerda antes del parto con la comunicación entre la cerda y los lechones en situaciones de reposo y vieron que las cerdas delgadas se comunicaban más con sus lechones en situaciones de reposo que las cerdas con una condición corporal media (respecto la escala de condición corporal realizada por Ocepek *et al.*, 2016). Sin embargo, se concluyó que las camadas de las cerdas delgadas tuvieron una proporción significativamente mayor de mortalidad postnatal, inanición y muertes por aplastamiento.

El óptimo desarrollo de las cerdas primíparas es esencial para tener un buen rendimiento productivo y una eficiencia económica máxima presente y futura. Por lo tanto, es importante que las primerizas



lleguen a los partos con una buena condición corporal fruto de: una buena alimentación, una edad y peso apropiados para la cubrición, así como haber pasado dos celos previos a la primera cubrición (Farmer, 2015). Se ha asociado el peso en el primer servicio y la tasa de crecimiento de la cerda durante la crianza con el rendimiento reproductivo aunque a veces ambos conceptos son confundidos y es difícil separar los efectos de ambos. Kummer *et al.* (2009) no encontraron ningún efecto de la tasa de crecimiento de la cerda con en el rendimiento reproductivo en la primera paridad (tasa de gestación y de ovulación, embriones totales y viables, supervivencia de embriones). Sin embargo, en relación al rendimiento reproductivo en la segunda paridad, Hoving *et al.* (2010) establecieron que fue inferior cuando las cerdas jóvenes se inseminaron por primera vez en pesos más ligeros (cerdas de 124 kg *versus* 145 kg). Durante el mismo año, Tummaruk *et al.* (2010) también explicaron que el crecimiento de la cerda a una velocidad demasiado lenta durante la crianza compromete el tamaño de la camada en las paridades uno a cinco.

En relación al peso de la cerda en el primer servicio, Bussières (2013) observó un mayor número total de lechones nacidos a lo largo de la vida de la cerda cuando el peso de la cerda en el primer servicio se encontraba entre 145-160 kg (Figura 1).

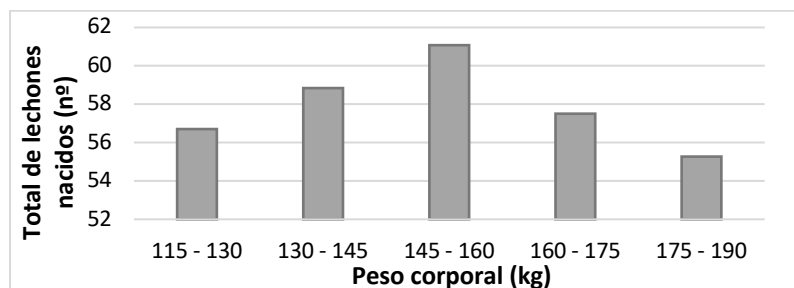


Figura 1 : Relación entre el peso corporal de la cerda en la primera reproducción y el total de lechones nacidos en la vida de la hembra (Bussières, 2013)

Otro aspecto discutido por varios autores (por ejemplo: Clowes *et al.*, 2003; Schenkel *et al.*, 2010) es la movilización de las reservas corporales en la lactación. Clowes *et al.* (2003) indicaron que alcanzar una cierta masa proteica y/o una tasa de movilización de proteínas óptimas es importante para proporcionar aminoácidos precursores para la biosíntesis de proteínas asociadas con las funciones ováricas (por ejemplo: en la calidad de la ovulación) y lograr un óptimo rendimiento reproductivo (por ejemplo: en la supervivencia del embrión), ya que sino se llegan a dichos umbrales, la tasa de concepción de la paridad dos y el tamaño de la camada pueden disminuir. Asimismo, Kim *et al.* (2009) demostraron que el perfil adecuado de aminoácidos para las cerdas lactantes depende de la cantidad de peso corporal perdido durante la lactancia y aquellas cerdas que pierden más peso requieren de más treonina y leucina (relativas a la lisina).

Schenkel *et al.* (2010) aunque establecieron una reducción en el tamaño de camada de la segunda paridad cuando las pérdidas corporales en la lactancia del primer ciclo eran de: > 10% de peso corporal, > 10% de proteína corporal o > 20% de grasa corporal; declararon que las cantidades absolutas de peso, proteínas corporales y grasa corporal en el primer ciclo productivo eran importantes porque las cerdas de mayor peso corporal tenían más lechones nacidos en la paridad dos que las más ligeras, independientemente del porcentaje de pérdidas de peso corporal o de proteínas del cuerpo. Por otro lado, Rempel *et al.*, (2015) relacionaron la condición corporal de la cerda (tras el parto, en el destete y tras el destete) y el nivel alimenticio con la tasa de ovulación después de la paridad 1 o la paridad 2. Los grupos de cerdas alimentadas mediante una restricción proteica durante la gestación y/o la lactancia produjeron una tasa de ovulación y pesos uterinos reducidos en el ciclo posterior en comparación con el grupo de cerdas alimentadas con una dieta normal de proteínas. Contrariamente, Lewis y Bunter (2011) no encontraron correlaciones genéticas antagónicas significativas entre el tamaño del cuerpo de la cerda o la gordura y los rasgos del tamaño de la camada.

Otro aspecto a considerar es el grosor de la grasa de la espalda. Gill (2007) escribió que no hay una evidencia convincente que diga que por sí mismo influye en el rendimiento reproductivo de las cerdas, ya que las cerdas pueden tener una excelente productividad de por vida (en relación a el número de nacidos vivos al largo de su vida) aunque tengan capas delgadas de grasa en la espalda al comienzo de su primera paridad. Sin embargo, si que se asoció con una reducción del intervalo destete-concepción en la primera paridad y un número menor de cerdas sacrificadas por fallo reproductivo antes de completar la paridad dos (Gill, 2007). Más adelante, Bussières (2013) reportó un mayor número de lechones nacidos vivos de por vida cuando la profundidad de grasa en la espalda de las cerdas de primer servicio era de 20 a 26 mm (Figura 2).

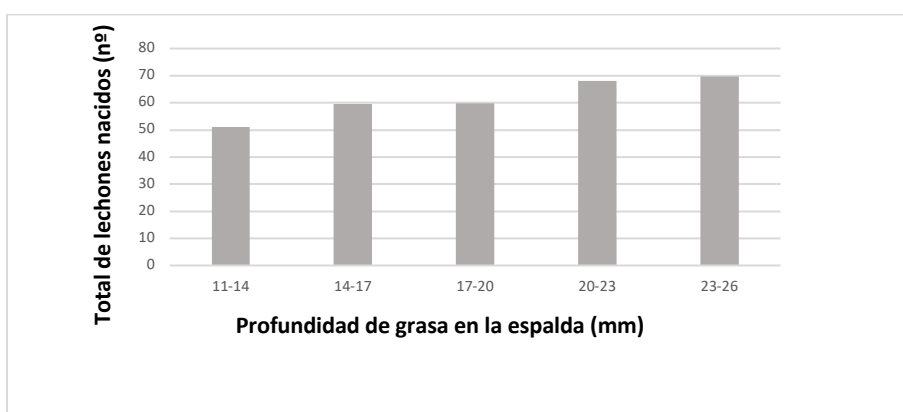


Figura 2: Relación entre la profundidad de la grasa en el dorso de la cerda primípara y el número de lechones nacidos totales en la vida de la cerda. (Bussières, 2013).

Cools *et al.* (2014) reportaron un mayor porcentaje de nacidos vivos para las cerdas que presentaban un nivel moderado de grasa ( $18 \text{ mm} \leq 22 \text{ mm}$ ) en comparación con las demás. En consecuencia, el porcentaje de lechones nacidos muertos se redujo para estas cerdas. Cools *et al.* (2014) indicaron que cuando la condición corporal no es óptima se ven aumentados los mortinatos, lo que coincide con lo que se informó anteriormente para las cerdas primíparas (Whittemore, 1996).

Wientjes *et al.* (2013) relacionaron las mayores pérdidas tanto de peso corporal como de grosor de la grasa dorsal durante la lactancia con una uniformidad reducida del peso al nacer de la camada en el parto posterior. En este estudio, se vio que las cerdas con más grasa en la espalda durante el período de gestación posterior presentaron menos lechones nacidos vivos.

La condición corporal de la cerda también parece influir en la producción de leche y la capacidad de movilización corporal parece ser más importante que una gran ingesta (Theil *et al.*, 2012). Especialmente tras el pico de la lactación, la continuidad de la lactancia parece estar relacionada con la condición corporal de la cerda (indicado por el alto nivel de grasa en la espalda) (Farmer, 2015).

Por otro lado, un estudio reciente documenta un puntaje de condición corporal mucho más bajo y una mayor prevalencia de lesiones de hombro al destete en cerdas altamente productivas (Ocepek *et al.*, 2016). En particular, se indica que las cerdas de primera paridad tienen muy poca energía para su propio desarrollo y esto puede llevar a una condición corporal más baja, lesiones en el hombro y menos recursos para el esfuerzo reproductivo futuro (Ocepek *et al.*, 2016). Ocepek *et al.* (2018) también indicaron que el desarrollo de lesiones en el hombro durante el período de lactancia pone en peligro el éxito y la longevidad de la crianza de la cerda de por vida. Sin embargo, se observó (Ocepek *et al.*, 2018) que las mejores madres (las que invierten más recursos para la camada) eran las que se comunicaban en mayor medida con sus lechones estando activas y que eran estas las que podían desarrollar úlceras en el hombro y perder más peso durante la lactancia.

## **4.2 Conducta maternal**

En general, se requieren conductas de mayor cuidado en las crías más grandes, pero las madres pueden decidir invertir en la camada en general si esto aumenta su valor reproductivo residual para las futuras camadas (Smith y Fretwell, 1974). Sin embargo, el cuidado por descendencia individual disminuiría a medida que aumenta el tamaño de la camada (Kumaresan *et al.*, 1966) afectando a las probabilidades de sobrevivir de la descendencia (Lack, 1947).

La conducta maternal de la cerda influye sobre la mortalidad neonatal, sobre todo en lo relativo al riesgo de producirse aplastamientos y agresiones físicas. Las cerdas deben ser razonablemente pasivas, permanecen tumbadas sobre un costado para permitir un mejor acceso de los lechones a los pezones y emitir vocalizaciones para que sus recién nacidos amamanten. Es decir, las cerdas que tienen una buena conducta maternal y no realizan movimientos bruscos, evitan muchas bajas

por aplastamientos, lo que se relaciona con la productividad (Magallón *et al.*, 2015). En cambio, la conducta materna inquieta, especialmente durante el parto, no solo evita la ingesta temprana de calostro, sino que prolonga la duración del parto y aumenta el riesgo de aplastamiento (Farmer, 2015). Farmer (2015) indicó que las mismas cerdas presentan diferentes niveles de peligrosidad según las condiciones ambientales y el momento del día. Además, también indicó que existen variaciones individuales en relación a la conducta materna y que las cerdas que se consideran "aplastadoras" se comportan de manera diferente a las "no aplastadoras". Esto sugiere la posibilidad de seleccionar cerdas "no aplastadoras". Además, existen situaciones que aumentan las disputas entre los lechones, como por ejemplo cuando el número de lechones de la camada supera el número de tetas funcionales y provocan inquietud en la cerda y un mayor número de amamantamientos incompletos (Spinka and Illmann, 2015).

Por lo general, los lechones en peligro emiten vocalizaciones estridentes cuando son atrapados por la cerda. Esto permite al lechón atrapado más oportunidades de sobrevivir, ya que si la madre tarda en percatarse, el lechón muere asfixiado. Por lo tanto, los comportamientos de las cerdas que influyen en el riesgo de aplastamiento de los lechones incluyen la falta de comportamiento pre-acostado, la frecuencia y la naturaleza de los cambios de postura y la incapacidad de levantarse en respuesta a un lechón atrapado (afectado por la condición corporal de la cerda, que puede estar vinculada con el ciclo productivo, así como su capacidad de respuesta inherente y su entorno de parto) (Farmer, 2015). Sin embargo, el aplastamiento no es el único comportamiento materno que puede causar directamente la muerte de los lechones, ya que pueden darse agresiones físicas que pueden resultar en lesiones traumáticas o fatales para los lechones. Se ha visto que estas agresiones físicas son más frecuentes en las cerdas jóvenes (Chen *et al.*, 2007), posiblemente debido a una reacción neofóbica a los recién nacidos. Además, Marchant-Forde (2002) (respaldado por English *et al.*, 1977) que clasificó las primerizas con un comportamiento "tímido-audaz" basándose en su respuesta en una prueba de enfoque humano realizada durante la gestación, demostró que aquellas que se encontraban en el extremo más tímido del espectro, eran las más propensas a producir agresiones físicas a su camada. Más tarde, Janczak *et al.* (2003) demostraron que la ansiedad materna puede llevar a una mala conducta materna. De hecho, encontraron asociaciones entre las medidas de comportamiento del miedo y la ansiedad de las primerizas a aproximadamente los dos meses de edad y la calidad de su conducta materna posterior (en relación a la mortalidad de los lechones).

Por otro lado, las experiencias estresantes durante la gestación no solo afectan el comportamiento de la cerda sino que también pueden tener efectos perjudiciales y de largo plazo sobre la descendencia, incluidos los efectos generacionales. En un trabajo de Rutherford *et al.* (2014), las cerdas primíparas fueron sometidas al estrés de la mezcla social durante la mitad de la gestación y se demostró que la progenie femenina de las cerdas estresadas era más propensa a la ansiedad.

Además, cuando estas cerdas se convirtieron en madres mostraron comportamientos maternos anómalos: fueron más reactivas hacia sus lechones y pasaron más tiempo atendiéndolos visualmente que las cerdas del grupo control, lo que influyó negativamente en la supervivencia de los lechones. En general, los comportamientos de cuidado materno en cerdos domésticos son en gran medida similares a sus ancestros salvajes (Jensen, 1986). Las actividades de construcción de nidos son más intensas durante las últimas 12 h antes del parto (Jensen, 1993), pero hay una gran variación entre cerdas (Ocepek *et al.*, 2017). Las cerdas que dedican más tiempo a la preparación del nido tienen más probabilidades de actuar con cuidado de los lechones durante (Yun *et al.*, 2014) y después del parto (Andersen *et al.*, 2005), lo que sugiere que este acto es crucial para la motivación materna. Resultados recientes (Ocepek *et al.*, 2017) indican que una puntuación alta para el comportamiento de construcción de nidos se asoció con un menor porcentaje de mortinatos y de mortalidad postnatal. Ocepek *et al.* (2018) relacionaron un mayor nivel de construcción de nidos y la comunicación entre la cerda y los lechones (mientras la cerda estaba activa) con un impacto positivo en la supervivencia de los lechones, independientemente del ciclo productivo de la cerda. Las camadas de las cerdas con un mayor nivel de construcción de nidos, tuvieron una proporción significativamente menor de mortalidad por inanición y aplastamientos. El aplastamiento disminuido sugirió que estas cerdas eran más cuidadosas con los lechones durante y después del parto. Por otro lado, la disminución de los lechones hambrientos sugirió un efecto directo en el éxito de amamantamiento. Estos efectos pueden explicarse a que la construcción de nidos se relaciona con una disminución de la progesterona y un aumento de la prolactina (Algers y Uvnas-Moberg, 2007). Otros estudios han indicado que la construcción de nidos reduce el estrés, la inquietud, la duración del parto y la proporción de mortinatos (Yun *et al.*, 2014; Oliviero *et al.*, 2010). Por otro lado, el estudio de Ocepek *et al.* (2018) no observó un efecto significativo del ciclo productivo, el tamaño de la camada, la condición corporal o las lesiones del hombro en el nivel de construcción de nidos.

Por otro lado, la cerda establece el vínculo con sus crías aislándolas en un nido y mediante el olfato, las vocalizaciones y las señales táctiles (Ocepek y Andersen, 2017). La comunicación materna fortalece el reconocimiento y la atención de la descendencia (Maynard y Harpen, 2003), y es crucial para mantener a los lechones cerca y para protegerlos del peligro (Melišová, *et al.*, 2011). Además, la conciencia de la presencia de los lechones también puede ayudar a la cerda a ser cuidadosa y protectora mientras se está moviendo, antes de acostarse y mientras está descansando. Si bien algunos autores han planteado la hipótesis de que los lechones están en peligro de aplastarse si se encuentran cerca de la cerda fuera del momento de la lactancia (Burri *et al.*, 2009), Melišová, *et al.* (2011) encontraron que la comunicación de las cerdas con los lechones antes de acostarse, atraía a los lechones a acercarse a la cerda sin aumentar la mortalidad. En un estudio reciente, las cerdas de una línea materna cruzada que destetaron más lechones, tuvieron una puntuación más alta para la

comunicación con sus lechones y la puntuación de la comunicación disminuyó con la paridad incrementada (Ocepek *et al.*, 2017). En el estudio de Ocepek *et al.* (2018) se vio que las cerdas se comunicaron más con los lechones cuando descansaban que cuando estaban activas. La mortalidad de los lechones y sus causas (por ejemplo: inanición o aplastamiento) disminuyeron durante los primeros dos días postparto y se aumentaron los lechones destetados cuando la comunicación entre la cerda y los lechones se realizaba cuando las cerdas estaban activas (mediante el olfato, el tacto o las vocalizaciones). Sin embargo, las camadas de las cerdas que tenían una mayor comunicación con sus lechones mientras estaban en reposo tuvieron una proporción significativamente mayor de mortalidad postnatal. Se pensó que estos resultados indicaban que si las cerdas se comunicaban en el momento en que deberían estar descansando, podría indicar que una cerda estaba alterada y angustiada debido a la solicitud de los lechones. Por lo tanto, en este estudio (Ocepek *et al.*, 2018), el efecto de la comunicación entre la madre y los lechones (cuando la madre estaba activa) fue más determinante para la supervivencia neonatal que la construcción de nidos.

En relación a la conducta maternal y el ciclo productivo, estudios anteriores indicaban que las cerdas producían y cuidaban a más lechones hasta el destete a medida que aumentaba el ciclo productivo (Dagorn y Aumaitre, 1979). Desde entonces, la selección se ha centrado principalmente en aumentar la producción de las cerdas primíparas (Ocepek *et al.*, 2018). Sin embargo, Farmer (2015) indicó que las cerdas más viejas pueden experimentar una mayor debilidad en las piernas, lo que impide los cambios de postura y además, la restricción impuesta de una jaula de parto puede limitar la eficacia de la respuesta de una cerda a un lechón aplastado. Los resultados de un estudio reciente que comparó un gran número de paridades (en alrededor de 900 cerdas) concluyeron que la atención materna disminuyó con el aumento del ciclo productivo (Ocepek *et al.*, 2017). Sin embargo, en el estudio de Ocepek *et al.*, (2018) se vio que la atención materna (en relación a la construcción de nidos y la comunicación entre las cerdas y los lechones mientras están activos) fue parecida entre cerdas primíparas y multíparas.

### **4.3 Producción lechera**

El aumento del tamaño de la camada en hembras híbridas comerciales no ha sido acompañada por una mejora concomitante en la calidad, la composición (Hurley, 2015) o el rendimiento de la leche (Quesnel, 2011). Wolter *et al.* (2002) concluyeron que la producción láctea de la cerda es limitante para la tasa de crecimiento de los lechones, ya que se observó que el peso de los lechones lactantes suplementados con un sustituto artificial de leche desde el día 3 posparto hasta el destete se incrementó en los días 7,14 y 21 de lactancia en comparación con el de los lechones no suplementados. Por lo tanto, es probable que haya más competencia entre los lechones de las cerdas

híper-prolíficas durante la lactancia, lo que compromete el crecimiento previo al destete de los lechones y a la supervivencia de los lechones que no logran ganar esta competencia (Rutherford *et al.*, 2013). Asimismo, hay otros autores (Moreira *et al.*, 2018) que indican que este avance genético puede haber intervenido tanto en la producción de leche como en el comportamiento de la lactancia. Farmer (2015) indica que los factores que afectan a la producción lechera de la cerda son: la frecuencia de amamantamiento, la genética, el ciclo productivo, la calidad de la camada (el tamaño de camada y el peso de los lechones tras el nacimiento), la intensidad de succión, el entorno, el manejo, la nutrición y la condición corporal (tanto en la gestación como durante la lactación) y el estatus endocrino de la cerda.

El número, la duración y el intervalo de lactancia son fundamentales para el desarrollo adecuado de los lechones, ya que la leche es la principal fuente de alimento para los lechones durante este período (Moreira *et al.*, 2018). Fraser y Rushen (1991) informaron que la frecuencia de amamantamiento ocurría a intervalos de 40 a 60 minutos. Weary *et al.* (2002) observaron que dentro de los primeros días después del parto, las cerdas pueden amamantar cada 30 minutos al día. Farmer, (2015) también observó que el intervalo entre lactancias se va alargando a medida que avanza la lactación, siendo de 36 a 40 minutos en la lactación temprana (día 5 o 6) y de 39 a 48 minutos al pico de la lactación (día 18 o 20). Por lo tanto, la frecuencia de amamantamiento llega a su máximo entre el día 8 y 10 de lactación (Farmer, 2015) y después disminuye (Magallón *et al.*, 2015). Además, si ningún lechón succiona la mama, a partir del tercer día de lactación sin estímulo, dicha mama sufrirá una involución que puede ser irreversible (Farmer, 2015). Moreira *et al.* (2018) observaron que cuanto mayor es la estimulación en lugar de la alimentación, mayor es la producción de leche. A su vez, esto se ve influenciado por: el tamaño de la camada, el número y la duración de la alimentación, la conducta maternal y la aparición de factores estresantes en el entorno de la maternidad (Moreira *et al.*, 2018).

Es sabido que los cerdos son capaces de comunicarse mediante la vocalización y un estudio (Van Putten, 2000) informó de 40 expresiones de lenguaje aproximadamente entre los miembros de la camada. Martins *et al.* (2008) sugirieron que las cerdas lactantes responden a las vocalizaciones de las cerdas y en un estudio realizado por Šilerová *et al.* (2013), verificó que las cerdas sin contacto acústico o visual no sincronizaron la lactancia. Otros estudios han indicado que esta sincronización puede resultar en una mayor frecuencia de amamantamiento (Spinka *et al.* 2002; Illmann *et al.*, 2005). Watts y Stookey (2000) indicaron que las vocalizaciones y/o las intervenciones acústicas de una cerda pueden proporcionar información sobre el estado emocional de un animal y pueden reflejar su necesidad psicológica en ausencia de individuos que normalmente participarían en su vida social. Actualmente, se realizan estudios de bioacústica animal (estudios innovadores con respecto a los

animales de producción) que representan una nueva tendencia global relacionada con los requisitos internacionales relacionados con las buenas prácticas de bienestar animal (Borges, 2013).

En el estudio de Moreira *et al.* (2018) se vio que el uso de la vocalización artificial materna durante la lactancia intervino en el comportamiento de la lactancia, promoviendo una mayor eficiencia de la lactancia y un mayor tiempo de descanso de las cerdas, favoreciendo así el bienestar. No se vieron afectados el número, la duración y el intervalo de lactancia durante la primera semana de lactación. Sin embargo, a los 15 días de lactancia, las hembras que tenían vocalización artificial pasaban menos tiempo amamantando, lo que permitió un período de descanso más prolongado. Sin embargo, durante este periodo, no se vio comprometido el rendimiento de las camadas, lo que puede sugerir que las hembras tuvieron una mejor eficiencia de la lactancia. Estos resultados fueron similares a los de Fraser y Rushen (1991). Por lo tanto, aunque es importante tener en cuenta que los lechones prefieren las vocalizaciones producidas por sus propias madres en comparación con las producidas por otra cerda o sonido artificial (Puppe *et al.* 2003), la vocalización artificial puede modular el comportamiento de la cerda sincronizando las alimentaciones (Moreira *et al.*, 2018). Esto corrobora los hallazgos de Oliveira Júnior *et al.* (2011), demostrando que las cerdas pasaban más del 80% de su tiempo cada día amamantando o en posición tumbada.

En referencia a la genética, las cerdas de origen chino producen más leche que las cerdas de origen europeo (por ejemplo: Landrace, Large White), que producen, a su vez, más leche que las razas productoras de carne (por ejemplo: Duroc, Pietrain). La heredabilidad del rendimiento lechero de la cerda es moderado, por ejemplo de 0,27 para la regresión hija-madre (York and Robinson, 1985), lo que explica el impacto positivo de la selección por rendimiento lechero al largo de los años.

Por otro lado, el ciclo productivo también influye en la producción de leche por parte de la cerda, ya que las cerdas multíparas producen más leche que las primíparas, siendo mayor la producción láctea en las cerdas de segundo a cuarto ciclo productivo (Dourmad *et al.*, 2012). Speer and Cox (1984) estimaron que la producción láctea de las cerdas de segundo ciclo productivo es un 35% mayor que aquellas de primer parto.

El tamaño de la camada es otro factor decisivo en la producción láctea de la cerda, ya que el rendimiento lechero es mayor cuanto mayor sea el tamaño de la camada (Toner *et al.*, 1996). Hansen *et al.* (2012) nombraron que el pico de la lactación de las cerdas se produce sobre los 18,7 días de lactación, o sea, sobre a la tercera semana de lactación. Sin embargo, el mismo autor observó que el pico de lactación suele producirse antes cuando el tamaño de la camada es superior, ya que en este estudio un aumento en el tamaño de camada de 8 a 12 lechones cambió el tiempo de llegada al pico de lactancia de los 21 a los 15 días. Concomitantemente, el rendimiento lechero disminuyó después del pico de lactación en cerdas que cuidan de camadas grandes, lo que indica que la persistencia de la lactancia es un tema clave para las cerdas modernas de alto rendimiento. En este



estudio, también se apreció que el tamaño de la camada influía en mayor medida en la curva de lactación (o sea, en el momento de llegada al pico de lactación) que el peso ganado de la camada. El peso de los lechones al nacer también se relaciona con la producción láctea de la cerda, ya que varios estudios, entre ellos el de King *et al* (1997), establecieron una relación positiva entre el peso del lechón al nacimiento y el consumo de leche, indicando que los lechones más grandes y pesados consumían más leche.

Otro factor relacionado con la producción láctea de la cerda nombrado por Farmer (2015) es el estatus endocrino de la cerda, ya que la producción láctea se encuentra influida por el estatus hormonal. Se ha visto que inyecciones del factor liberador de tirotrópina (TRF) en las dietas de las cerdas lactantes puede aumentar (Wung *et al.*, 1977) o no afectar (Dubreuil *et al.*, 1990) a la ganancia de peso de los lechones. Sin embargo, se ha visto que este tratamiento puede resultar inadecuado, ya que incrementa el intervalo destete-celo de las cerdas (Cabell y Esbenshade, 1990). Por otro lado, en un estudio (Harkins *et al.*, 1989) se ha visto un incremento del 15-22% de la producción láctea cuando se incorpora la hormona del crecimiento exógena (GH), aunque estos resultados no se han producido en estudios más actuales (Toner *et al.*, 1996). A su vez, en el estudio de Farmer *et al.* (1992) el uso del factor liberador de la hormona del crecimiento aumentó la GH circulante, pero no afectó el rendimiento de la leche de la cerda, la composición de la leche ni el rendimiento de los lechones.

Otra hormona de interés es la prolactina, ya que se ha visto (Farmer *et al.*, 1998) que la inhibición de la prolactina durante la lactación inhibe la producción láctea de la cerda. Además, en un estudio se vio que las cerdas que tuvieron un fallo espontáneo en la lactación, mostraron concentraciones anormalmente bajas de prolactina (Whitacre y Threlfall, 1981) y se incrementó un 8% del peso de las camadas de la cerdas primíparas (pero no en las camadas de las cerdas múltíparas) cuando se inyectó una sola dosis de prolactina porcina a la cerda durante el primer día de lactación (Dusza *et al.*, 1991). Sin embargo, las inyecciones diarias de prolactina porcina en cerdas desde los días 2 a 23 de lactancia no aumentaron las ganancias de peso de los lechones (Farmer *et al.*, 1999). Esto se debió probablemente al hecho de que todos los receptores de prolactina ya estaban saturados en los animales de control, lo que evita cualquier efecto beneficioso de un aumento adicional de las concentraciones de prolactina. Por otro lado, se ha demostrado la relación entre el manejo de la alimentación de la cerda durante el parto con la mejora de la calidad y cantidad de calostro producido (y de la consiguiente leche) (Farmer, 2015).

#### **4.4 La ubre**

Las mamas craneales son las más buscadas entre los lechones, ya que suelen estar más vascularizadas y generan más leche. Además son algo más largas y delgadas, con lo que son más

accesibles. En cambio, las tetinas traseras tienen un reducido tejido mamario, lo que resulta en un menor aumento de peso de los lechones y puede que no se presenten adecuadamente durante el descenso de la leche (Nielsen *et al.*, 2001).

Magallón *et al.* (2015), explicaron que poco después del nacimiento, los lechones compiten entre sí por establecer su jerarquía social y a partir de la cual, todos los lechones tetarán siempre de la misma mama. En los lechones se describen relaciones de dominancia-subordinación donde el subordinado recibe la mayor parte de las agresiones y, cuando compiten por un mismo recurso (por ejemplo, las tetas torácicas), el dominante accede a este en la mayoría de los casos. En consecuencia, los lechones más grandes y vigorosos ocupan las tetas torácicas o anteriores que son más productivas que las posteriores (abdominales o inguinales). La elección de la teta queda establecida a partir del segundo día de vida y parece que el mecanismo de guía para cada lechón es el olor de su saliva que queda impregnado en la teta.

Debe tenerse en cuenta que no todas las mamas son funcionales, ya que es frecuente encontrarse cerdas con pezones invertidos o invaginados (el 17-30% de las cerdas tienen uno o más pezones invertidos; Magallón *et al.*, 2015) que presentan falta de cuerpo glandular y un menor tamaño. Estos pezones no producen leche, por lo que se limita la crianza y se aumenta la vulnerabilidad a la mastitis (Jonas *et al.*, 2008). Vasdal *et al.*, (2012) expresaron que donde los lechones tuvieron acceso a menos de una tetilla funcional, la mortalidad fue mayor al 14%, y cuando más de una teta estaba disponible, se redujo a menos del 8%. Chalkias *et al.* (2013) también demostraron que los lechones alimentados de una tetina invertida no pueden sobrevivir. A la inversa, una tetina funcional se define como una glándula mamaria que produce con éxito suficiente leche para criar un lechón. Por lo tanto, el número de tetas funcionales de la cerda representa un factor a tener en cuenta en la supervivencia de los lechones. Además, el número total de tetas y el de tetas funcionales en hembras puede ser seleccionado genéticamente y tienen heredabilidades de 0,36 a 0,42 y de 0,29 (Chalkias *et al.*, 2013). La clasificación de una teta como funcional se puede realizar en cualquier momento mediante una inspección visual, pero se podría obtener una mayor certeza si el conteo ocurre en el momento del parto mediante su manipulación para asegurar la producción de leche (Magallón *et al.*, 2015) y asignar cada lechón a al menos una teta funcional. Sin embargo, se estudió (Andersen *et al.*, 2011) que aún y así, algún lechón puede perder alguna sesión de amamantamiento porque algunos lechones dominantes monopolizan más de una teta. Quizás, para amortiguar este escenario, las últimas tetinas caudales no deberían tomarse en cuenta al contar las tetinas funcionales, ya que los lechones que aún no han alcanzado la competencia aún pueden acceder a una glándula durante la bajada de la leche (Magallón *et al.*, 2015).

Por otro lado, la activación del tejido mamario por los lechones de las cerdas de primera lactancia se ha relacionado con la producción de leche en la siguiente lactancia. Asimismo, los lechones que

fueron amamantados mediante los pezones usados en una lactancia previa ganaron más peso, de modo que a las ocho semanas de edad pesaban más de un kilogramo que los lechones que mamaban de una teta no utilizada en la lactancia previa (Farmer *et al.*, 2012). Este estudio también identificó un mayor peso del tejido mamario funcional en glándulas previamente mamadas que en aquellas que no lo eran, así como diferencias de comportamiento en los lechones, lo que sugiere que los lechones que chupan de tetinas no mamadas anteriormente tenían más hambre. Un experimento posterior indicó que no era necesario estimular una tetilla durante más de dos días para que la mejora en la siguiente lactancia fuera significativa (Farmer *et al.*, 2017). Por lo tanto, si una cerda de primer ciclo se carga a la capacidad de la ubre durante los dos primeros días, la mejora en la producción de leche subsiguiente debería ser evidente incluso en el caso de muerte o si se sacan lechones de la camada más adelante en la lactancia. Por lo tanto, se podría pensar que las cerdas jóvenes (de primer y de segundo ciclo) deberían tener tantos lechones como pezones tienen para maximizar la producción de leche en las siguientes paridades (Farmer, 2015). Sin embargo, existe la noción de que las cerdas jóvenes deben recibir menos lechones en la crianza por dos razones.

En primer lugar, se pensó que las cerdas primíparas al producir menos leche, no podrían destetar tantos lechones como las cerdas de paridad mayor. Sin embargo, un informe reciente (Lines, D., 2015) identificó que la supervivencia de los lechones no difirió entre las camadas de cerdas jóvenes y multíparas cuando se manejaron de manera adecuada (89% versus 90%).

En segundo lugar, se pensó que las cerdas primíparas podrían ser más sensibles a la pérdida de peso tras la lactancia que las cerdas de paridades posteriores (Thaker *et al.*, 2005). Sin embargo, existen estrategias fuera del alcance de esta revisión que pueden emplearse para manejar este problema. Por lo tanto, para maximizar la producción de leche de por vida, a las cerdas de primera paridad se les debe asignar tantos lechones como tetinas funcionales, aunque deben monitorearse para detectar casos de mala reproducción.

En un estudio de Zhang *et al.* (2016) se observó que tanto la supervivencia de los lechones como el peso del destete (a los 21 días de lactación) de la camada disminuyen después de que la cerda alcance su tercera o cuarta paridad (Figura 3). Estos resultados coinciden con los de Hagan y Etim (2018) donde la mortalidad más alta antes del destete se registró en los lechones paridos desde la cuarta paridad con la menor mortalidad registrada en las cerdas de segunda paridad.

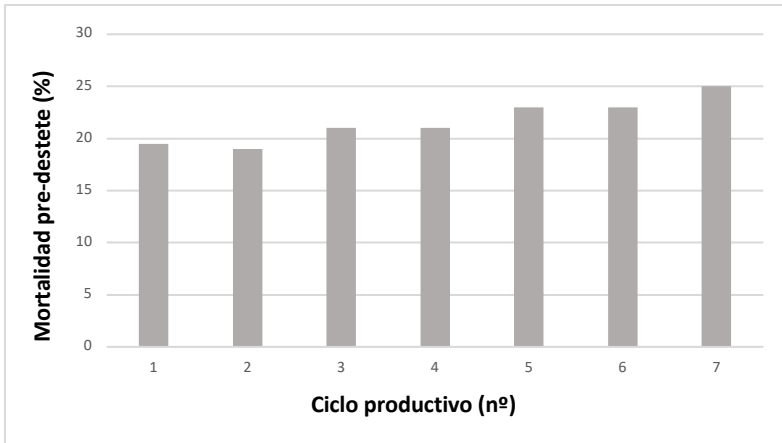


Figura 3: Mortalidad antes del destete (%) según el ciclo productivo (Zhang *et al.*, 2016).

Las posibles causas de la baja supervivencia de los lechones en las cerdas de mayor ciclo productivo pueden ser: el aumento de la presión de enfermedad de la cerda que actúa reduciendo la producción de leche (Sauber, *et al.*, 1999 y Tummaruk, *et al.*, 2013), el sobre acondicionamiento, el daño en la ubre (Baer *et al.*, 2005) y la mala accesibilidad al pezón (Andersen *et al.*, 2011). Además, las cerdas más viejas son más propensas a la cojera (Li *et al.*, 2013) y esto puede aumentar el riesgo de aplastamiento de lechones (Pluym *et al.*, 2013). Asimismo, se liberan citoquinas asociadas con el acto de cojera para reducir el consumo de alimento (Johnson *et al.*, 1997). Por lo tanto, las cerdas viejas son más propensas a destetar menos lechones. La baja supervivencia de los lechones de las cerdas primíparas puede deberse a la propia edad y fisiología de la cerda que hace que no pueda producir suficiente leche para amamantar a los lechones o que tenga poca capacidad de respuesta materna (Hagan y Etim, 2018).

A menudo se debate si la capacidad de crianza previa de la cerda debe considerarse para el siguiente ciclo. Existe evidencia de que algunas cerdas aplastan más lechones de lo que se esperaba por casualidad, y algunas cerdas mostraron que conforme aumenta el número de ciclo, aplastan más lechones (Jarvis *et al.*, 2005). Esto está parcialmente respaldado por el hallazgo de que el peso de la camada destetada tiene cierto grado de repetibilidad (0.27) (Rodríguez *et al.*, 1994). Sin embargo, esta repetibilidad de la capacidad de crianza es baja y, por lo tanto, no debe recibir demasiada atención.

Sin embargo, no solo la cantidad de tetas funcionales debe tenerse en cuenta sino que el posicionamiento también resulta importante, ya que los lechones tienden a tomar leche primeramente de las tetas que se encuentran más cerca de la línea media abdominal y de aquellas que tienen mayor distancia entre tetas (Balzani *et al.*, 2016). El posicionamiento de las tetas se encuentra relacionado con el ciclo productivo, ya que en las cerdas más jóvenes, la proximidad a la línea media hace que las tetinas sean más accesibles. En cambio, en las cerdas más viejas, las ubres más grandes pueden dificultar el acceso de los lechones a las tetinas.

La mayor parte de las cerdas permanecen tumbadas, por lo que en muchos casos, solo queda expuesta la fila mamaria superior del braguero. Además, las cerdas múltiparas pueden presentar un braguero muy amplio, que dificulta el acceso a las mamas de los lechones más pequeños. Es decir, un número limitado de pezones expuestos es un impedimento para un adecuado encalostramiento de todos los lechones de la camada. Confirmando esto, Vasdal y Andersen (2012) identificaron que el uso de la fila de tetinas más baja se redujo en las cerdas múltiparas, y esto resultó en menores ganancias de peso durante las primeras 24 horas en lechones de cerdas de alta paridad (del tercero hasta el quinto ciclo productivo). Este estudio, también indicó que el número y el peso de los lechones al destete se vio afectado negativamente por el diámetro de las tetillas de las cerdas, lo que sugiere que los pezones más grandes, son más difíciles de succionar y, por lo tanto, resultan en un aumento de la mortalidad de los lechones y un menor crecimiento.

## **5. Factores de los lechones**

### **5.1 Orden de nacimiento**

En los últimos años, con el aumento del tamaño de la camada, se ha visto aumentada la duración del parto y el período de expulsión de los últimos lechones (Nuntapaitoon y Tummaruk, 2018).

Oliviero *et al.* (2010) informaron que la duración del parto de las cerdas varía de 156 a 262 min. Sin embargo, cuando el parto supera los 300 min, existe un mayor riesgo de que los lechones mueran (Mota-Rojas *et al.*, 2002). Esto se ha asociado con el hecho de que los últimos lechones expulsados son más propensos a sufrir una mayor asfixia (Kitkha *et al.* 2017) debido a que las contracciones sucesivas pueden causar lesiones a los lechones, particularmente cuando se administran estimuladores de la contractilidad uterina (González-Lozano *et al.*, 2009). Farmer (2015) también observó que los últimos lechones nacidos de una camada sufren un mayor número de contracciones uterinas sucesivas y tienen un mayor riesgo de daño, oclusión o ruptura del cordón umbilical y/o desprendimiento de la placenta. Además, Björkman *et al.* (2017) también demostraron que un parto prolongado se asoció con una mayor incidencia de placenta retenida en cerdas y con una reducción del número de lechones nacidos vivos. Por el contrario, De Passillé and Rushen (1989) observaron que los lechones más pesados, nacidos antes en el orden de nacimiento, ganaron más disputas de tetinas, establecieron la fidelidad de las tetinas más rápido, amamantaron con mayor frecuencia y, en última instancia, tuvieron una clara ventaja sobre los compañeros de camada menos vigorosos.

Por lo tanto, la hipoxia generada en el parto puede resultar en un aumento del intervalo entre el nacimiento y la primera succión, lo que también podría conducir a hipotermia e hipoglucemia (Panzardi *et al.*, 2013). Esto podría debilitar a los lechones y hacerlos menos capaces de competir por el calostro y, por lo tanto, a menudo se observa una disminución de la temperatura corporal (Orozco-Gregorio *et al.*, 2010), así como una menor actividad locomotora y mayores desequilibrios

en el intercambio de gases, el equilibrio ácido-base y el metabolismo energético. Juntas, estas alteraciones reducen la vitalidad de los lechones, comprometiendo el crecimiento y la tasa de supervivencia (Vallet *et al.*, 2010). Devillers *et al.* (2011), también informaron que los lechones nacidos más tarde en el proceso de parto tuvieron concentraciones séricas más bajas de IgG, lo que sugiere que la ingesta de calostro se redujo. Por lo tanto, los lechones que nacen tarde en el orden de nacimiento corren el riesgo de presentar una inmunidad pasiva inadecuada por una cantidad de consumo de calostro deficiente (Le Dividich *et al.*, 2017). Por lo tanto, varios estudios han confirmado que el orden de nacimiento ejerce un efecto importante sobre el peso al nacer y la tasa de supervivencia de los lechones (por ejemplo el de: Kitkha *et al.*, 2017). Sin embargo, Devillers *et al.* (2007) no informaron diferencias en el aumento de peso de los lechones durante las primeras 24 horas según el orden de nacimiento, ya que explicaron que los lechones nacidos más tarde reciben una ingesta adecuada de calostro mientras que los lechones nacidos antes están durmiendo. Sin embargo, Devillers *et al.* (2007) indicó que si bien el consumo real de calostro en los lechones (en términos de peso) no puede alterarse con el orden de nacimiento, la calidad del calostro sí lo hará. En conclusión, Björkman *et al.* (2017) indicaron que el orden de nacimiento es uno de los indicadores de supervivencia prenatal más significativos.

Un estudio actual (Islas-Fabila *et al.*, 2018) tubo el objetivo de evaluar el efecto del orden de nacimiento (numerando a los lechones desde L1a L12 según el orden de nacimiento) en las respuestas fisiológicas, metabólicas y de vitalidad del lechón recién nacido en las primeras horas de vida. Islas-Fabila *et al.*,(2018) observaron que los dos primeros lechones (L1 y L2) y los dos últimos en nacer (L11-L12) de la camada tuvieron alteraciones fisiológicas y metabólicas graves, una puntuación menor en la escala de vitalidad, una latencia más larga para conectarse con el pezón materno y una prolongación de los intervalos de expulsión (superiores a 40 minutos; 21 minutos más que el promedio). Además, solo en el grupo de lechones que fueron segundo, décimo, undécimo y duodécimo en el orden de nacimiento de la camada, hubo mortinatos tipo II (lechones muertos durante el parto por asfixia o distocia intrauterina; Sprecher *et al.*, 1974; o por rotura del cordón umbilical; Spicer *et al.*, 1990), centrándose el mayor porcentaje de mortinatos tipo II (42.5%) en los lechones del último trimestre en el orden de nacimiento.

Islas-Fabila *et al.* (2018) indicaron que los intervalos de expulsión más largos para los primeros dos lechones expulsados (L1 y L2) podrían estar relacionados con el aumento de la concentración de relaxina de cuatro a cinco veces durante este período, que se asocia con una reducción de la liberación de oxitocina y una disminución en la duración y el número de contracciones uterinas (Mota-Rojas *et al.* 2015), lo que resulta en un aumento del intervalo de expulsión (Wathes *et al.*, 1989). Por otro lado, los períodos más largos de expulsión (> 40 min) para los últimos neonatos en el orden de nacimiento de cada camada (L11 y L12), podrían explicarse por los factores descritos por Vallet *et al.*

(2010), por la falta de contracciones uterinas eficientes debido a la disminución de la secreción de prostaglandina placentaria (PGF2 o E2), encargada de mejorar la contractilidad uterina.

Por otro lado, en estudios realizados por Trujillo-Ortega *et al.* (2007) se asumió que la latencia al primer contacto con la ubre refleja funciones neurológicas complejas en los lechones recién nacidos porque requiere la integridad de al menos las funciones olfativas y neuromusculares para permitir una búsqueda orientada de la teta materna (Mota-Rojas *et al.*, 2018). De manera similar, la escala de viabilidad incluye la latencia a la posición de pie, que también se puede alterar si se presenta un ataque neurológico. Esto podría explicar por qué los neonatos de los grupos L1-L2 y L11-L12 tardaron el doble de tiempo en conectarse con la tetina de la madre y tienen una menor escala de vitalidad, lo que podría sugerir posibles alteraciones neurológicas en estos neonatos. Sin embargo, las evaluaciones neurológicas específicas y las alteraciones en la locomoción pueden ayudar a determinar con mayor precisión las alteraciones neurológicas específicas. Por otro lado, el tiempo más largo para conectarse con la tetilla de la madre también podría explicar por qué Le Dividich *et al.* (2017) detectaron que había concentraciones menores de IgG en suero (29.5%) de los dos últimos lechones nacidos en una camada.

En relación a las alteraciones metabólicas, los neonatos de los grupos L1-L2 y L11-L12 tuvieron mayores alteraciones (mayores concentraciones de pCO<sub>2</sub> y un menor pH en la sangre). Las menores concentraciones de pO<sub>2</sub> (en promedio 92.7 mm Hg) y la mayor pCO<sub>2</sub> (en promedio 15.08 mm Hg) en lechones nacidos en el primer y último trimestre del orden de nacimiento, son indicadores de hipoxia fetal (Mota-Rojas *et al.*, 2018). Estos hallazgos son consistentes con los resultados de Trujillo-Ortega *et al.* (2011) donde se informó que la reducción de oxígeno y el aumento de pCO<sub>2</sub> causan acidosis respiratoria y aumentan el riesgo de mortalidad prenatal en los lechones.

Islas-Fabila *et al.* (2018) relacionaron una puntuación de vitalidad pobre con una mayor pCO<sub>2</sub> (> 70 mm / Hg), resultante de la reducción de oxígeno (<21 mm / Hg) (Trujillo-Ortega *et al.*, 2011). Esta hipoxemia perinatal podría deberse a una obstrucción de las vías respiratorias derivada de la aspiración de meconio o, como resultado de que el lechón haya nacido con pulmones inmaduros y surfactante pulmonar deficiente (Rutherford *et al.*, 2013). Alonso-Spilsbury *et al.* (2005) ya relacionaron la presencia de neonatos cubiertos de meconio en el nacimiento como un indicador de asfixia y sufrimiento fetal.

Por otro lado, los lechones nacidos en el primer trimestre (L1-L3) y último (L10-L12) en el orden de nacimiento tuvieron concentraciones de lactato superiores a 75 mg / dL al nacer, en comparación con las concentraciones informadas para lechones nacidos sin asfixia (39.63 ± 10 mg / dL) (Orozco-Gregorio *et al.*, 2008). Esta mayor producción de lactato probablemente se deriva de glucógeno muscular debido a la restricción de oxígeno en el útero, además de la reducción en el uso de lactato en la gluconeogénesis (Orozco-Gregorio *et al.*, 2012). Además, la elevación de los valores de glucosa

en la sangre de estos lechones podría estar asociada con el sufrimiento fetal y la movilización de reservas de energía para compensar la hipoxia (Trujillo-Ortega *et al.*, 2007). Sin embargo, se ha postulado que la elevación de la glucosa en sangre en lechones no es un indicador fiable para la supervivencia o adaptación de los lechones (Tuchscherer *et al.*, 2000). Por lo tanto, Islas-Fabila *et al.* (2018) también usaron otros indicadores como el bicarbonato y se vio que los lechones nacidos en el primer y último trimestre del parto tuvieron menores concentraciones en sangre (en promedio 13.95 mmol / dL) asociadas posiblemente a la hipoxia moderadamente grave (Mota-Rojas *et al.*, 2015).

Otro factor que puede tenerse en cuenta para valorar el nivel de asfixia es el nivel de calcio. El calcio ha estado involucrado en los mecanismos de la lesión cerebral isquémica (Starkov *et al.*, 2004), por lo que este factor podría contribuir significativamente a la posible disfunción neurológica de los lechones. Los lechones que no sufren asfixia deberían tener unos valores de calcio de  $1.5 \pm 0.2$  mmol / L (Orozco-Gregorio *et al.*, 2008). En el estudio de Islas-Fabila *et al.* (2018), todos los lechones (L1-L12) tuvieron en promedio valores mayores que los nombrados. Esto sugiere que todos los grupos evaluados presentaron algo de asfixia en el parto y, en algunos casos, tuvieron complicaciones de la asfixia asociada con el sufrimiento fetal agudo. Según Herpin *et al.* (1996), el grado de asfixia experimentado durante la expulsión está influido por la duración del parto, el número total de lechones nacidos en la camada y el número de orden de nacimiento. Por lo tanto, la hipoxia fetal está muy relacionada con la supervivencia de los lechones en el parto y hasta la hipoxia temporal durante el parto puede causar un daño cerebral permanente y reducir la supervivencia de los lechones vivos (Edwards, 2002).

En conclusión, los resultados del anterior estudio (Islas-Fabila *et al.*, 2018) indican que el orden de nacimiento tiene un efecto sobre las respuestas neuro-comportamentales, fisiológicas y metabólicas que tiene el lechón recién nacido en las primeras horas tras el nacimiento. Los lechones nacidos al principio y al final del parto tienen un mayor riesgo de morir debido a intervalos de expulsión prolongados y mayores disfunciones neuro-conductuales, así como alteraciones fisiológicas y metabólicas graves (hipercapnia, hiperglucemia, hipercalcemia y acidosis respiratoria) que afectan la vitalidad y latencia para conectar con la tetina de la madre.

## **5.2 Peso al nacimiento y tamaño**

El aumento del tamaño de la camada, ha dado lugar a una dispersión de pesos dentro de la camada. En consecuencia, también ha aumentado el número de lechones con bajo peso al nacer, lo que se ha asociado con una mayor mortalidad antes del destete, un crecimiento más lento y una disminución de la calidad de la carne del cerdo (Mota-Rojas *et al.*, 2012 a,b). La disminución en el peso corporal individual promedio de cada lechón puede variar de 1,57 a 1,27 kg (Beaulieu *et al.*, 2010).



La competición por los nutrientes vía intrauterina también puede provocar muerte fetal o que se produzcan lechones con poca viabilidad, poco peso al nacimiento o con complicaciones postnatales para sobrevivir (por ejemplo, por los problemas relacionados con la asfixia en el parto: la hipotermia y la competición por la ingesta de calostro) (Farmer, 2015). La misma autora indica la importancia de distinguir entre un lechón de bajo peso al nacer (SGA: siglas en inglés) y uno que se haya sometido a una restricción de crecimiento intrauterino (IUGR: siglas en inglés), ya que el grado de madurez fisiológica al nacer afecta tanto en el comportamiento para ingerir el calostro como para procesarlo por parte de los órganos inmaduros. Los lechones que pesan menos del décimo percentil de la camada al nacer pero que muestran una alometría normal, a menudo se clasifican como SGA. Por otro lado, los lechones que son desproporcionados (que no han alcanzado su potencial de crecimiento intrauterino) se clasifican como IUGR (Hales *et al.*, 2013). La distinción es importante porque los lechones SGA pueden tener un mayor potencial de recuperación mediante un manejo adecuado, mientras que los lechones IUGR tienen otras anomalías que los predisponen a una baja viabilidad. Los lechones pequeños, siempre que sean fisiológicamente maduros y vigorosos, pueden sobrevivir al período perinatal vulnerable, como lo demuestra Baxter *et al.* (2008). Farmer (2015) remarcó la necesidad de realizar más estudios para aclarar los mecanismos y desarrollar estrategias para disminuir la IUGR (Intrauterine Growth Restriction) en cerdas modernas.

La supervivencia del lechón es mayor cuando su peso al nacimiento está en el rango adecuado (Magallón *et al.*, 2015). Los lechones de bajo peso generalmente son menos vigorosos, limitando el consumo de calostro en el tiempo y cantidad apropiados, con un efecto negativo en la salud y comportamiento productivo posterior. Además, al nacer en camadas grandes con compañeros de tamaño medio o grande tienden a perderse más episodios de lactancia y pasan más tiempo en disputas de tetas. Está demostrado que hasta un 70% de los lechones con pesos inferiores a 600 g mueren en las primeras 24 horas de vida (Magallón *et al.*, 2015) (Figura 4).

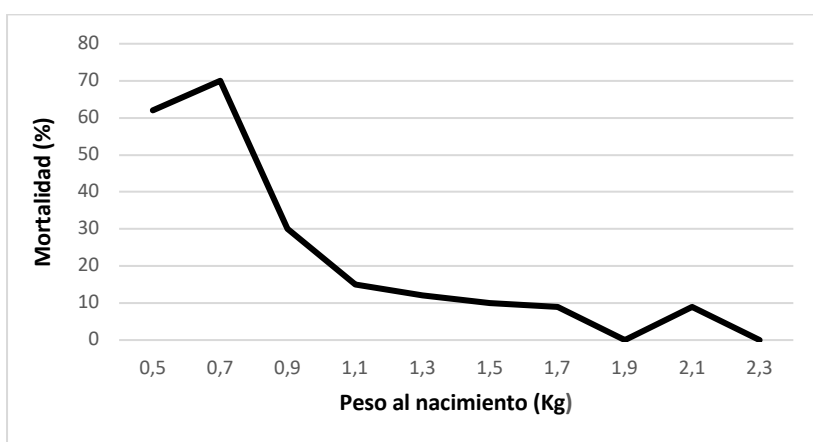


Figura 4: Relación entre el peso al nacimiento y el porcentaje de mortalidad de los lechones (Magallón *et al.*, 2015).

Sin embargo, Farmer (2015) indicó que el tamaño de los lechones puede influir en la duración del parto y la tasa de muerte fetal. Existe una relación cuadrática entre el peso al nacer y la cantidad de mortinatos, por lo que los lechones muy pequeños y los lechones gigantes están igualmente en riesgo, ya que los lechones más pesados suelen ser más hipóxicos debido a las dificultades de parto (distocia), por lo que acaban muriendo tras el parto. Estas observaciones fueron verificadas por Hagan y Etim, (2018).

Farmer (2015) expresó que las posibilidades de supervivencia neonatal aumentan en gran medida si el lechón es capaz de incrementar un 10% su peso vivo el primer día de vida, con independencia de su peso al nacimiento, debido a que el aumento de peso es fundamental para mantener la temperatura corporal por encima de la termoneutralidad (35-36°C) e incrementar el contenido corporal de grasa. Sin embargo, los lechones más pequeños tienen un mayor riesgo de hipotermia porque la pérdida de calor por unidad de peso corporal está inversamente relacionada con el tamaño corporal (Herpin *et al.*, 2002), por lo que se aumenta la evaporación relativa (debido a un área de superficie corporal más alta), al igual que se aumenta la velocidad del aire en su paso por la superficie corporal. Anteriormente, Pattison *et al.* (1990) ya habían hecho esta observación al tomar las temperaturas rectales de los lechones durante las primeras 36 horas postparto y demostrando que las mayores temperaturas rectales fueron registradas cuanto mayor era el peso al nacer.

Estudios recientes con medidas morfológicas indicativas de retraso en el crecimiento han enfatizado la importancia de la forma de los lechones como predictor de la supervivencia (Baxter *et al.*, 2008), predisponiendo a los neonatos del mismo peso a diferentes resultados de supervivencia. Baxter *et al.* (2008) descubrieron que los lechones nacidos muertos eran desproporcionadamente largos y delgados, con menor índice ponderal (PI) e índice de masa corporal (BMI) (indicativo de IUGR) en comparación con los compañeros de camada que sobrevivían; PI y BMI fueron más predictivos de si un lechón nacería muerto o no que solo el peso al nacer. También, asociaron sus medidas generales de IUGR (PI y BMI) con un menor número total de aureola placentaria y densidad de areola, rasgos placentarios que son clave en la transferencia de nutrientes entre la madre y el feto y determinantes de la vitalidad de los lechones al nacer. Más adelante, Rootwelt *et al.* (2012) también asoció el área placentaria con la vitalidad de los lechones, enfatizando así la influencia de la calidad de la placenta no solo en la supervivencia prenatal sino también en la viabilidad postnatal.

Por otro lado, la variación del peso al nacer en la camada se ha visto afectada por el ciclo productivo en varios estudios. Pettigrew *et al.* (1986) informaron que los pesos al nacer de los lechones de cerdas primíparas eran más uniformes. Hoving *et al.*, (2010) indicaron que las cerdas primíparas tienden a tener camadas más pequeñas con lechones más pequeños que las cerdas con mayor ciclo productivo. Esto podría deberse al hecho de que las cerdas muy jóvenes tienen que repartir los nutrientes entre sus propios requisitos de crecimiento y los de los fetos, lo que resulta en un menor

peso al nacer (Knecht *et al.* 2015). Además, la capacidad uterina tiende a limitar el peso al nacer de los lechones en cerdas jóvenes (Tummaruk *et al.*, 2001), por lo que a medida que aumenta la paridad, aumenta la cantidad de folículos liberados durante la ovulación y aumenta la capacidad del útero (Tummaruk *et al.*, 2010). Otros estudios indicaron que el tamaño de la camada y el peso de los lechones alcanzaba el nivel más alto entre las paridades 3–5 (por ejemplo: Tummaruk *et al.*, 2010). Estas observaciones concuerdan con las de Hughes *et al.* (2003) indicando que tras la paridad 6, el rendimiento vuelve a disminuir por el envejecimiento de las cerdas. Un estudio reciente (Hagan y Etim, 2018) también confirma que el tamaño de camada y el peso al nacer de los lechones es máximo en paridades medias (sobre todo en la cuarta paridad) (Tabla 1).

Tabla 1: Efecto del ciclo productivo en el rendimiento reproductivo de la cerda (Hagan y Etim, 2018).

Parámetros	Ciclo productivo					P-valores
	1° (n=204)	2° (n=254)	3° (n=285)	4° (n=400)	5° (n=240)	
Tasa de partos (%)	90,0 ± 2,3c	94,5 ± 2,5a	92,5 ± 2,1b	92,3 ± 2,5b	90,2 ± 2,5c	0,01
Tamaño de la camada al nacer (n°)	10,2 ± 0,1b	10,1 ± 0,8b	13,2 ± 0,9a	14,2 ± 0,2a	10,2 ± 0,2b	0,01
Tamaño de la camada al destete (n°)	8,5 ± 0,2b	9,0 ± 0,2b	11,2 ± 0,4a	11,5 ± 0,2a	8,8 ± 0,2b	0,02
Peso del lechón al nacer (kg)	1,3 ± 0,1c	1,2 ± 0,1c	1,5 ± 0,1b	1,7 ± 0,2a	1,3 ± 0,2c	0,02
Peso del lechón al destete (kg)	7,1 ± 1,1b	7,5 ± 1,2b	8,8 ± 1,1a	8,6 ± 1,1a	7,3 ± 1,2b	0,01
Intervalo entre partos (días)	150,3 ± 2,3	150,1 ± 2,5	153,3 ± 2,3	150,1 ± 2,5	150,2 ± 2,5	0,10
Mortalidad antes del parto	17,3 ± 0,2b	10,1 ± 4,0d	15,3 ± 0,2c	21,4 ± 4,0a	14,5 ± 1,1c	0,01

Por otro lado, las cerdas de mayor ciclo productivo tienden a tener camadas menos uniformes, así como una mayor proporción de lechones con bajo peso al nacer (Damgaard *et al.*, 2003; Quesnel *et al.*, 2008; Wientjes *et al.*, 2013). Estos resultados se han relacionado con el hecho de que las cerdas de alta paridad no utilizan los recursos de alimentación eficientemente para nutrir a los fetos y por la deterioración en la calidad de los folículos y ovocitos asociados al envejecimiento (Mungate *et al.* 1999). En un principio, se pensó que estos efectos negativos en la homogeneidad de la camada con respecto a las cerdas más viejas, podía estar relacionado con el efecto del tamaño de la camada (Quesnel *et al.*, 2008). Sin embargo, estudios anteriores (Pettigrew *et al.*, 1986) ya observaron que el aumento aparente en la desviación estándar del peso al nacer asociado con el aumento del tamaño

de la camada no fue suficiente para explicar los impactos de la paridad en la uniformidad de la camada. Además, más adelante, se vio que la variación en el peso al nacer de la camada es mayor en las cerdas de mayor ciclo productivo después de la corrección para el número total de lechones nacidos y excluyendo los efectos del tamaño de la camada (Wientjes *et al.*, 2013).

De ello se deduce que la variación dentro de la camada en el peso al nacer es un rasgo influenciado por muchos factores que además pueden interactuar entre sí y autores como Sell-Kubiak *et al.* (2015) creen que se trata de un rasgo a considerar, ya que podría ayudar en el manejo de las cerdas y de los lechones, así como a mejorar el bienestar de los cerdos.

### 5.3 Vigor y género

Utilizando una medida sofisticada de vigor basada en la fuerza y la persistencia con que el lechón recién nacido manipula una teta artificial (vinculada a un sistema de registro de ordenador), autores como Baxter *et al.* (2008) demostraron que un lechón pequeño pero vigoroso podría sobrevivir igual de bien que sus compañeros más mayores. La vitalidad o el vigor (muy variable al nacer) describen el comportamiento de supervivencia activa del lechón. Los lechones que alcanzan más rápido la ubre y encuentran una tetina funcional son los que sobreviven (Baxter *et al.*, 2008). Por otro lado, los lechones que no logran establecer la fidelidad de los pezones crecen más lentamente (De Passillé *et al.*, 1988), con la incapacidad de acceder a las tetinas más productivas que resultan en la inanición o en una menor ingesta de leche cuando logran acceder a una teta.

Los comportamientos de los lechones que predisponen al aplastamiento a menudo ocurren como resultado de desafíos fisiológicos como la hipoxia, la inanición o la hipotermia, que pueden aumentar el letargo. Existe un compromiso entre la necesidad innata de que el lechón esté en la ubre caliente, ingiriendo calostro y estableciendo fidelidad a la tetina, contra el riesgo de ser aplastado por la cerda. Para un lechón con una baja viabilidad es igualmente peligroso alejarse de las ubres y los hermanos porque aunque el riesgo de aplastamiento se reduce, los riesgos de inanición e hipotermia son mucho mayores (Farmer, 2015).

El estímulo de succión de los lechones mantiene altos los niveles de prolactina, lo que prolonga la lactación y el estado de anestro de la cerda. Si por cualquier motivo el estímulo de succión se hace más débil (destetes parciales amplios o cerdas nodrizas con lechones muy pequeños o que maman poco) la cerda puede mostrarse en celo incluso durante la lactación. Se ha visto que la intensidad de succión tiene relación con la producción láctea en la lactación temprana, ya que por ejemplo, Algiers y Jensen (1991) establecieron una relación entre la duración y la intensidad de la estimulación de las tetas y su consiguiente producción láctea entre el día 1 al día 3 de lactación. Sin embargo, la relación entre el masaje de la ubre y la producción láctea no se estableció al final de la lactación (entre los días 11 y 18 de la lactación) en el estudio de Thodberg y Sorensen (2006). Farmer (2015) indicó que

la producción láctea por parte de la cerda es proporcional al número de glándulas mamarias amamantadas y a un estímulo de succión mayor. Sin embargo, la cantidad de leche consumida por lechón disminuye cuando el tamaño de la camada aumenta, por ejemplo cuando el tamaño de la camada es de 14 lechones, cada lechón consume 1,11 kg/día mientras que camadas de 6 lechones consumen 1,63 kg/día (Auldish *et al.*, 1998).

En varios estudios se vio la influencia del género en el grado de supervivencia neonatal de los lechones. Se observó que las hembras tenían tasas de supervivencia más altas que los machos (Bereskin *et al.*, 1973) y esto podía exacerbarse aún más en los machos castrados (McGlone *et al.*, 1993). Dunshea (2001) indicó que las hembras crecen más rápido que los machos, y esto es especialmente cierto durante los tiempos de transición, como el destete. Sin embargo, la proporción de sexos en la camada es estadísticamente masculina y la cerda invierte más en hijos que en hijas (Baxter *et al.*, 2012). Más específicamente, los lechones machos tienen mayor incidencia de aplastamientos, mortalidad relacionada con enfermedades y termorregulación dañada (muestran una temperatura rectal significativamente más baja a las 24 horas postparto en comparación con las hembras) (Baxter *et al.*, 2012). Los autores anteriores, indicaron que los resultados hallados fueron estos incluso cuando los lechones machos nacieron con mayor peso que las hembras. Además, los lechones macho fueron más lentos para tomar el calostro. Estos resultados sugieren una mortalidad sesgada en los lechones machos que refleja una susceptibilidad intrínseca relacionada con el género a los factores causales. Esto puede enmascarse cuando la competencia por los recursos favorece a los individuos más grandes y más dominantes aunque los machos pueden ser menos capaces de hacer frente si solo pueden obtener recursos escasos.

Por lo tanto, inmediatamente tras el parto, el peso de los lechones no es el único factor determinante en la supervivencia neonatal, ya que el tamaño, el vigor, el desarrollo del lechón y el género también son de vital importancia.

## **6. Factores ambientales**

### **6.1 Condiciones ambientales y época**

El lechón neonatal nace sin pelo y sin tejido adiposo marrón para facilitar la producción de calor metabólico (Herpin *et al.*, 2002) y, en consecuencia, tiene una capacidad termorreguladora deficiente (Mellor y Stafford, 2004). El inicio y el mantenimiento de la respuesta termogénica al frío (es decir, un aumento continuo de la tasa metabólica) depende de la ingesta y del metabolismo del calostro (Herpin *et al.*, 1994).

Además, tras el parto, el lechón sufre una rápida pérdida de calor por conducción, convección, radiación y evaporación (Curtis, 1970). Los primeros trabajos sobre la pérdida de calor por conducción (Curtis, 1970) demostraron que los lechones en contacto con el suelo perdieron un 40% más de calor

que los que estaban en contacto con material de cama (es decir, 2,5 cm de profundidad de paja) (ver anexo 1.1). Por otro lado, la pérdida de calor radiante se ve afectada por el gradiente de temperatura, el área de las superficies circundantes y la distancia entre los cerdos y estas superficies. Finalmente, la pérdida de calor por evaporación es particularmente problemática porque se drena energía para disipar los fluidos placentarios (ya que la cerda no los elimina) y también durante la respiración. Por lo tanto, el lechón puede experimentar hipotermia como resultado de una pérdida excesiva de calor debido a un ambiente frío o una capacidad termorreguladora deprimida (Herpin y Le Dividich, 1995). Sin embargo, las salas de maternidad deben albergar a dos categorías de animales con distintos niveles de confort térmico: cerdas lactantes, que tienen un rango de confort térmico de 16 a 22 ° C o de 15–18 ° C (Park y Oh, 2017), y los lechones, que tienen un rango de confort térmico de 30 a 32 ° C o de 28–30 ° C (de Souza Granja Barros *et al.*, 2017). Además, la temperatura ideal para la cerda se mantiene estable mientras que la temperatura los lechones varía en función de la edad (siendo más precisa una temperatura mayor tras el parto) (Magallón *et al.*, 2015). Por lo tanto, tras el parto, serán necesarios varios sistemas para crear el microclima de los lechones (ver anexo 1.2). Prunier *et al.* (1994) ya indicaron que aunque el efecto del fotoperíodo sobre el crecimiento de los lechones está presente, es menos evidente que el efecto de la temperatura.

Las temperaturas por encima de la zona de confort térmico de las cerdas producirán estrés por calor y afectarán a la capacidad reproductiva y productiva de la cerda, lo que afectará indirectamente a la descendencia (Renaudeau *et al.*, 2003a) (Tabla 2).

Tabla 2: Efectos reproductivos, productivos y otros del estrés por calor en las cerdas y posibles soluciones.

Efectos del estrés por calor	Cerde
<b>Factores reproductivos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Nutrición fetal insuficiente-&gt; Peor crecimiento y desarrollo embrionario</b> (David <i>et al.</i> 2000)</li> <li>2. <b>Mayor mortalidad prenatal y postnatal</b> (Prunier <i>et al.</i> 1994; Hansen <i>et al.</i> 2001; Bracken <i>et al.</i>,2003 ;Wegner <i>et al.</i>, 2016 y Bloemhof <i>et al.</i>, 2013) <b>o no</b> (Guo <i>et al.</i>, 2018).</li> <li>3. <b>Crecimiento folicular disminuido-&gt; Peor tasa de ovulación</b> (Hansen <i>et al.</i> 2001; Bracken <i>et al.</i>,2003).</li> <li>4. <b>Reducción o aumento del tamaño de la camada</b> (Renaudeau y Noblet 2001; Renaudeau <i>et al.</i> 2014)</li> <li>5. <b>Reducción y/o retraso del estro</b> (Schwarz <i>et al.</i> 2018) <b>o no</b> (Vilas Boas Ribeiro <i>et al.</i>,2018)</li> </ol>
<b>Factores productivos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Reducción de la ingesta de alimento y pérdida de peso</b> (Vilas Boas Ribeiro <i>et al.</i>,2018)</li> <li>2. <b>No permite una buena movilización de las reservas corporales (lisina)</b> (Vilas Boas Ribeiro <i>et al.</i>,2018)</li> <li>3. <b>Reducción de la producción y la calidad de la leche</b> (Hagan y Etim, 2018).</li> </ol>
<b>Otros</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Aumento de la duración del parto y el riesgo de hipoxia</b> (Damm <i>et al.</i>, 2005).</li> <li>2. <b>Cambios comportamentales</b> (Guo <i>et al.</i>, 2018), <b>taquipnea y aumento de la temperatura rectal</b> (Vilas Boas Ribeiro <i>et al.</i>,2018)</li> </ol>
<b>Soluciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Enriquecimiento ambiental para construcción de nidos</b> (Damm <i>et al.</i>, 2005).</li> <li>2. <b>Modificar las condiciones ambientales de la sala de maternidad, uso de razas menos sensibles y manejo nutricional</b> (Aggarwal y Upadhyay, 2013).</li> <li>3. <b>Mejora del aislamiento y de la refrigeración</b> (Wegner <i>et al.</i> (2016)</li> </ol>

Bloemhof *et al.* (2013), estimaron una temperatura de 21.7 °C como umbral para el parámetro del número total de lechones nacidos, y 19.2 ° C para la tasa de partos. Incluso en condiciones templadas, este umbral se excede en las salas de maternidad porcina durante los meses de verano (Wegner *et al.* 2014a). Tal y como se ha visto en la tabla 2, las temperaturas altas provocan efectos negativos en las cerdas, pero las temperaturas bajas, también podrían provocar concentraciones reducidas de LH en el suero sanguíneo de las cerdas (Basset *et al.* 2001). Sin embargo, la temperatura por sí sola describe de manera insuficiente el entorno climático de un animal (Nardone *et al.* 2006). Dentro de la zona termoneutral, la humedad relativa es despreciable, pero se convierte en un factor determinante en condiciones de estrés por calor. Morales *et al.* (2013) indicaron una humedad relativa ideal de 40 a 70%. Por lo tanto, existe la necesidad de sincronizar el parto para evitar períodos de temperatura extrema (demasiado baja o demasiado alta).

Guo *et al* (2018) comentaron que el efecto del estrés por calor en el tamaño de la camada no está claro, ya que algunos autores sugieren que lo reduce (Renaudeau y Noblet 2001) y otros que lo aumenta (Renaudeau *et al.* 2014). Además, durante el estrés por calor, el estro se acorta o se retrasa, lo que aumenta los nacimientos muertos y reduce el tamaño de la camada (Schwarz *et al.* 2018). Guo *et al* (2018) comentaron que una vez nacidos, los lechones no ganaron peso normalmente. Algunos estudios sugieren que el daño intrauterino puede estar asociado con este resultado (Pennarossa *et al.* 2012), o que los lechones pueden ser más sensibles al estrés por calor que las cerdas (Wegner *et al.* 2016). En el estudio de Guo *et al* (2018) las temperaturas fueron de 30°C, lo que es apropiado para los lechones (de Souza Granja Barros *et al.* 2017). Sin embargo, la producción de leche se redujo (Johnston *et al.* 1999), y esto redujo el consumo de leche en los lechones (Williams *et al.*, 2013; Guo *et al.*, 2018). En otro estudio (Hagan y Etim, 2018) también se vio una reducción de la capacidad de amamantamiento de los lechones, lechones débiles y muertes por inanición, así como un menor peso al destete (Vilas Boas Ribeiro *et al.*, 2018) en situaciones de estrés por calor. Renaudeau *et al.* (2003a) expresaron que durante el calor, se produce vasoconstricción visceral, lo que permite un menor flujo de sangre a la glándula mamaria y compromete la lactogénesis. Los autores (Guo *et al.*, 2018) comentaron que los cambios en el comportamiento de las cerdas también pueden evitar que los lechones se alimenten adecuadamente. En estas situaciones, Guo *et al.* (2018) recomiendan la alimentación artificial en los lechones.

Vilas Boas Ribeiro *et al.* (2018) observaron que en condiciones cálidas, las cerdas no pueden movilizar suficientes reservas corporales para proporcionar energía y aminoácidos (especialmente lisina) para la producción de leche y el consiguiente crecimiento de la camada. Además, las cerdas de este estudio también consumieron menos pienso (reduciendo el consumo en ME y lisina). Los mismos autores comentaron que para las cerdas de hoy, la pérdida de masa muscular debido al menor consumo de aminoácidos (en particular la lisina) tiene un impacto mayor que la pérdida de reservas de lípidos a nivel de producción láctea.

Varios autores (por ejemplo: Love *et al.* 1993; Bloemhof *et al.* 2008) han discutido sobre el efecto de que los rasgos reproductivos como por ejemplo: el tamaño de la camada, la supervivencia de los lechones después del nacimiento (Tummaruk *et al.* 2010) y la fertilidad (Knecht *et al.* 2013) podrían verse influenciados por la estación. Además, las notables mejoras en el rendimiento reproductivo y productivo de las cerdas han provocado que estas sean más sensibles a los efectos del estrés por calor incluso en condiciones de clima templado por el aumento de la termogénesis y el menor consumo voluntario de alimento (Bloemhof *et al.*, 2013). Hagan y Etim (2018) confirmaron los efectos de la época en el rendimiento reproductivo de las cerdas (Tabla 3). Esto confirma las observaciones de Peltoniemi *et al.* (2000) y Hansen *et al.* (2001).

Tabla 3 : Efectos de la temporada en el rendimiento reproductivo de las cerdas (Hagan y Etim, 2018).



Parámetros	Estaciones			P Valores
	Estación seca (n=400)	Lluvia menor (n=450)	Lluvia mayor (n=533=)	
Tasa de partos (%)	92,5 ± 2,5b	94,5 ± 2,1a	94,3 ± 2,5a	0,01
Tamaño de la camada al nacer (n°)	10,1 ± 0,8b	1401 ± 0,9a	14,6 ± 0,2a	0,01
Tamaño de la camada al destete (n°)	9,0 ± 0,2b	10,2 ± 0,4a	10,5 ± 0,2a	0,01
Peso del lechón al nacer (kg)	1,3 ± 0,1c	1,5 ± 0,1b	1,7 ± 0,2a	0,02
Peso del lechón al destete (kg)	7,5 ± 1,2b	8,4 ± 1,1a	8,8 ± 1,1a	0,01
Intervalo de parto (días)	158,1 ± 2,5b	150,3 ± 2,3a	148,1 ± 2,5a	0,01
Mortalidad pre-destete (%)	10,0 ± 4,0c	14,3 ± 0,2b	28,1 ± 4,0a	< 0,01

Durante las estaciones de lluvia se observó mayor rendimiento reproductivo en relación a: la tasa de partos, el tamaño de la camada (al nacer y al destete), el peso de la camada (al nacer y al destete) y el intervalo entre partos. Estos resultados pueden deberse a que la estación seca se asocia con altas temperaturas que pueden afectar a la producción y a la calidad del esperma. Además, un estudio (Bloemhof *et al.* 2013) indicó que en el período entre 7 días antes y 12 días después de la inseminación, la temperatura tuvo el mayor efecto en el número total de lechones nacidos. Knecht y Duziński (2014) también observaron un tamaño de la camada (al nacer y al destete) mayor en las temporadas de lluvia debido a la reducción de la ingesta en las cerdas por el estrés por calor y sus consiguientes efectos en la camada. Asimismo, los pesos de la camada (al nacer y al destete) menores en las estaciones secas, confirma los resultados de Knecht *et al.* (2015) e indica que los cerdos son sensibles a las altas temperaturas, principalmente debido a la falta de glándulas sudoríparas (Nardone *et al.* 2010). Por otro lado, el intervalo de partos menor en la temporada de lluvias confirma resultados anteriores (Tummaruk *et al.*, 2001; Marchev y Szostak 2007) y es consecuente por la disminución del nivel de ingesta en la época seca. Sin embargo, la mortalidad antes del destete fue mayor en las estaciones lluviosas, ya que esta temporada estaba asociada con bajas temperaturas y noches frías que predispusieron a los lechones a la muerte por neumonía (Hagan y Etim, 2018).

Duziński *et al.* (2014) recomendaron (en ausencia de efectos negativos) realizar la inseminación de las cerdas durante todo el año con la adición de oxitocina en las dosis seminales (con 0,5 ml de oxitocina a 100 ml de dosis seminal), ya que observó una mejora de la tasa de partos y/o una mejora de los parámetros de la camada. Estos resultados fueron observados anteriormente (Peña *et al.*, 1998; Pandur *et al.*, 2012; Duzinski *et al.*, 2013). Este estudio confirma la creencia de que la oxitocina beneficia el movimiento de los espermatozoides en el tracto reproductivo de las cerdas, evita la fagocitosis de los leucocitos poliamorfonucleares, ayuda a la fertilización y al desarrollo fetal y mejora la tasa de partos. Además, la aplicación de oxitocina exógena durante la inseminación, puede hacer prescindir de la presencia del macho que, por su parte, provoca un aumento inmediato de la

concentración de oxitocina a nivel plasmático en las cerdas y estimula la actividad uterina (Langendijk *et al.*, 2003), ya que la estimulación del cuello uterino por catéteres de inseminación profunda no activa la liberación de oxitocina (Langendijk *et al.*, 2003), impidiendo una buena fertilización (Duziński *et al.*, 2014). Sin embargo, estudios anteriores demostraron que aunque este tipo de aditivo mejoró la tasa de partos y el tamaño de la camada (por ejemplo: Pandur *et al.*, 2012), no funcionó de manera concluyente durante la inseminación intrauterina (Gibson *et al.*, 2004).

Duziński *et al.* (2014) observaron una muy baja tasa de partos en el grupo control durante el verano y el otoño, y se pensó que se trataba de una infertilidad estacional, aunque en invierno la tasa fue la más baja. Sin embargo, la administración de oxitocina en verano estuvo ligada con el mayor incremento de la tasa de partos, y para esta temporada, el tamaño promedio de la camada también aumentó. La administración de oxitocina en otoño resultó en un gran aumento en la tasa de partos y el índice de fecundidad, pero no afectó a los parámetros de la camada. En la temporada de primavera, a pesar de una tasa de partos casi idéntica, se observaron mejores indicadores para el grupo de oxitocina en términos de tamaño promedio de la camada, peso al nacer, índice de fecundidad y peso al destete. La tasa más baja de partos se observó para la temporada de invierno; sin embargo, la adición de oxitocina contribuyó a la mejora de: el tamaño promedio de la camada, el porcentaje de lechones momificados, el peso al nacer de los lechones, el porcentaje de mortalidad de lechones, el índice de fecundidad, los lechones destetados, el peso promedio de los lechones destetados y a la ganancia diaria promedio (Duziński *et al.*, 2014). Por lo tanto, la aplicación de oxitocina en invierno durante la inseminación puede ayudar a reducir la mortalidad de los lechones antes del destete y aumentar la ganancia media diaria.

Por lo tanto, tal y como concluyó el estudio de Wegner *et al.* (2016), teniendo en cuenta el aumento de las temperaturas en el escenario del cambio climático previsto (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) se debería mejorar el aislamiento y los dispositivos de refrigeración en las salas de maternidad porcina para mantener la alta productividad de las cerdas y limitar los efectos negativos de las olas de calor. Los sistemas de refrigeración más utilizados en instalaciones de porcino son aquellos basados en el mecanismo de refrigeración evaporativa: los nebulizadores de alta presión y los paneles de refrigeración o sistemas de goteo (Magallón *et al.*, 2015; ver anexo 1.3).

## **6.2 Alojamiento**

La industria porcina moderna utiliza cuatro tipos de alojamiento de partos: la jaula de partos, el corral de la cerda, la vivienda para grupos en interiores y la vivienda extensiva para exteriores. En Europa y América del Norte, los alojamientos de parto más utilizados son el corral de la cerda y la jaula de parto, siendo este último el más predominante (Kemp and Soede, 2012).

Existen investigaciones antiguas dirigidas a reducir la mortalidad de los lechones donde los autores se centran en el estudio del entorno, como por ejemplo: del macro y microclima del lugar de nacimiento, el área de anidación (Schmid, 1994) y la jaula de parto (Robertson *et al.*, 1966). Algiers y Jensen (1991), ya indicaron que las cerdas requieren de un ambiente tranquilo, ya que la alta frecuencia de ruido, por ejemplo, puede producir miedo y ansiedad en la cerda, lo que puede reducir la producción de leche debido a una falla de comunicación entre la cerda y la camada.

Vestergaard y Hansen (1984) encontraron que las cerdas en confinamiento antes o durante el parto tenían partos más largos resultado de la incapacidad de construcción de nidos. Debido a que los corrales permiten a la cerda expresar mejor el comportamiento de construcción de nidos, al menos en parte, son beneficiosos para la salud y el bienestar tanto de la cerda como de los lechones (Algiers, 1994; Jarvis *et al.*, 2004). En los experimentos de Herskin *et al.* (1998), la provisión de un sustrato para el nido también mejoró el comportamiento maternal mediante la reducción del número de cambios de postura, lo que disminuyó el riesgo de aplastamiento. Además, el suministro de sustrato, también proporcionó un microclima para los neonatos. Lawrence *et al.* (1994) encontraron niveles elevados de cortisol en las cerdas enjauladas y pensaron que era consecuencia de la incapacidad de desarrollar los comportamientos naturales, lo que podía aumentar la agresividad hacia los lechones. Oliviero *et al.*, (2008a) también observaron que las cerdas enjauladas mostraron concentraciones salivares de cortisol superiores que las cerdas alojadas en grupos entre los días 2 y 5 tras el parto, y que las concentraciones de cortisol de las cerdas en grupo volvieron a los niveles previos al parto en lugar de permanecer altas como en el grupo de cerdas enjauladas. Sin embargo, Hales *et al.* (2016) demostraron que las cerdas en alojamientos sueltos tenían niveles más altos de cortisol salival 1 día antes del parto. Yun *et al.* (2018) también observaron que el sistema de jaula abierta aumentaba las concentraciones de cortisol en saliva de las cerdas preparto en comparación con el sistema de jaula cerrada (Figura 5). Se especula que los niveles elevados de cortisol salival observados en las cerdas de la jaula abierta podrían estar relacionados con actividades más vigorosas antes del parto (incluido el comportamiento de construcción de nidos). Sin embargo, hay poca investigación del efecto de la actividad per se en los niveles de cortisol en la saliva en cerdas (Yun *et al.*, 2018). Sin embargo, los niveles más bajos de cortisol salival de las cerdas preparto confinadas en la jaula cerrada se pueden explicar por el hipocortisolismo, lo que indica que el estrés crónico o repetido puede causar finalmente una reducida concentración de cortisol (Valros *et al.*, 2013).

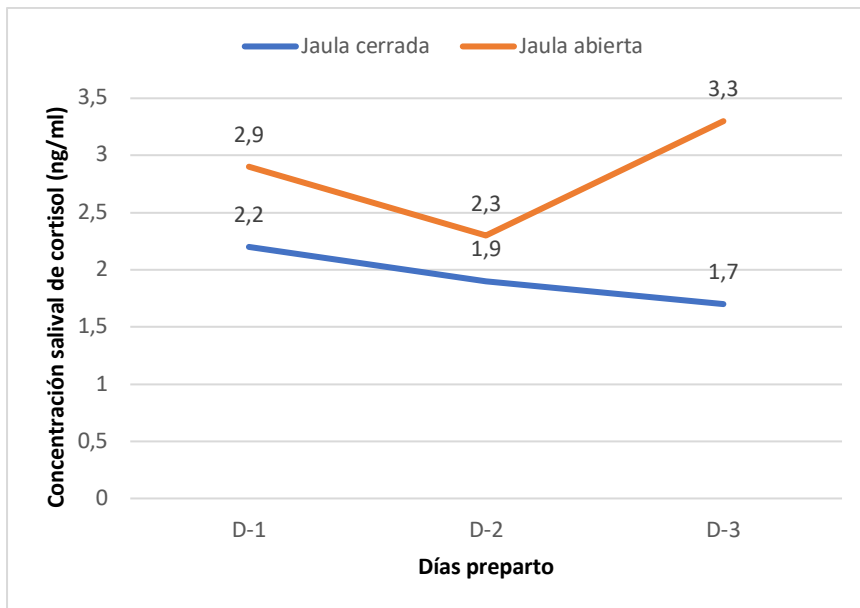


Figura 5: Concentración salival de cortisol en los días 1, 2 y 3 antes del parto según el tipo de alojamiento: jaula cerrada o abierta (Yun *et al.*, 2018).

Por otro lado, las cerdas enjauladas presentaron menor concentración de oxitocina en el parto (en comparación de las cerdas en corrales), lo que provocó una mayor duración del parto (Gu *et al.*, 2011) y consecuentemente, más mortinatos (ver anexo 2.1). Gu *et al.* (2011) observaron que el alojamiento en jaulas prolonga el parto en promedio de 90 minutos, con cerdas que tienen partos que duran más de 300 minutos. Una duración de partos de más de 300 min se asoció con una tasa más alta de mortinatos en comparación con partos que duraron menos de 200 min (Oliviero *et al.*, 2008a, 2010). Farmer (2015) también afirmó que los partos más largos de 5 h se asocian fuertemente con concentraciones más bajas de oxitocina.

Lontoc *et al.* (2016) compararon el rendimiento reproductivo de las cerdas en un sistema de enfriamiento por evaporación y en un sistema de alojamiento abierto y encontraron que las cerdas mantenidas en el sistema de enfriamiento por evaporación tenían un mayor peso al nacer de lechones y un intervalo destete-celo inferior que las cerdas mantenidas en el sistema de alojamiento abierto. Sin embargo, un estudio actual (Nuntapaitoon *et al.*, 2019) indicó que las cerdas que fueron alojadas en un sistema de alojamiento abierto equipado con ventiladores y rociadores de agua (para reducir el impacto de la alta temperatura ambiente) tenían una concentración de IgG en el calostro significativamente mayor y más estable que el las cerdas que fueron alojadas en un sistema de confinamiento con enfriamiento evaporativo (con temperaturas entre 1.0 a 3.0 ° C por debajo de la temperatura ambiente). Zhao *et al.* (2013) no encontraron relación entre las condiciones de alojamiento en la concentración de IgG en el calostro de la cerda.

Harris y Gonyou (1998) sugirieron que el aumento del cambio postural o la inquietud podrían indicar incomodidad de las cerdas en el periparto. Del mismo modo, los estudios de Melišová *et al.* (2014) y

Hales *et al.* (2016) demostraron que las cerdas en alojamientos libres mostraron más cambios posturales en los primeros 3 días después del parto que las cerdas en sistemas confinados (incluido el arrollamiento en las cerdas sueltas (Weary *et al.*, 1996). Yun *et al.* (2015) también demostró que la actividad de reposo y la locomoción podría incrementarse en las cerdas con jaula cuando se las confinó repentinamente desde el inicio del parto, en comparación con aquellas adaptadas al confinamiento desde el periparto. Yun *et al.* (2018) vieron que las cerdas en el sistema de jaulas abiertas mostraron más incidencias de mordidas de barras y tendieron a mostrar más cambios posturales durante el parto y durante las primeras 24 h después del inicio del parto, en comparación con las cerdas en la jaula cerrada. Además, se sabe que los mordiscos son un indicador de estrés (Thodberg *et al.*, 2002a), lo que puede indicar las cerdas alojadas en la jaula abierta se encontraban incómodas durante el parto y el posparto. Sin embargo, se especuló (Yun *et al.*, 2018) que las cerdas del sistema abierto experimentaban un estrés adicional cuando evitaban recostarse sobre los lechones porque las estructuras protectoras no fueron diseñadas adecuadamente para apoyar a las cerdas a acostarse con cuidado. Además, la exposición de las cerdas al personal de la granja y a las cerdas vecinas podría haber incrementado el estrés de las cerdas, ya que en condiciones de naturaleza las cerdas de parto prefieren los sitios de anidación aislados de su grupo social (Mayer *et al.*, 2002).

Por otro lado, se observó que los lechones en la jaula abierta estaban más expuestos al riesgo de ser atrapados por las cerdas, y que esto resultó en una mayor mortalidad por aplastamientos en comparación con los lechones alojados en jaula cerrada (Tabla 4). Además, los lechones alojados en el sistema de jaula abierta mostraron una tendencia a la reducción de la tasa de succión (Yun *et al.*, 2018).

Tabla 4: Proceso de parto y características de la camada en cerdas alojadas en la jaula de parto cerrada (JAULA CERRADA) o abierta (JAULA ABIERTA) (Yun *et al.*, 2018).

Alojamiento	JAULA	JAULA	SE	P- valor
	CERRADA	ABIERTA		
<b>Proceso del parto (min)</b>				
Duración del parto	338	399,4	52,9	0,42
Intervalo de nacimiento	19,7	22,3	3,1	0,56
<b>Tamaño de la camada (n°)</b>				
Nacimientos totales	18,1	19,3	1,4	0,27
Nacidos muertos	1,3	1,7	0,4	0,41
Nacidos vivos	16,9	17,5	1,1	0,53
<b>Puntuación de vitalidad</b>				
	2,7	2,6	0,2	0,84
<b>Mortalidad postnatal de lechones (%)</b>				
Total	1,4	17,9	2,3	< 0,001
Aplastado	0,4	14,6	2,1	< 0,001
Otras causas	1,1	3,3	1,2	0,08

Además, el mayor cambio postural de la cerda en la jaula abierta podría haber provocado que el orden de nacimiento se asociara con un mayor riesgo de mortalidad, siendo los primeros lechones nacidos los más desaventajados. Sin embargo, Yun *et al.* (2018) indicaron que puede reducirse la mortalidad de los lechones mediante el uso de estructuras protectoras como una pared inclinada y un riel protector en sistemas con alojamiento suelto, ya que las cerdas prefieren recostarse contra una pared sólida. Por otro lado, la termorregulación de los recién nacidos podría verse comprometida en el alojamiento suelto, ya que la calefacción del piso para los lechones a menudo está ausente o porque los lechones tienden a nacer más lejos del sitio calentado (Vasdal *et al.*, 2011; Baxter *et al.*, 2015). La importancia de diseñar instalaciones para minimizar la hipotermia neonatal ya lo ilustró Morrison *et al.* (1983), utilizando calefacción radiante adicional en el lugar de nacimiento y adyacente a la ubre donde los lechones pasan las primeras horas de la vida postnatal. Dicha provisión es fácil en un sistema de jaulas de partos (que corrige la ubicación de la cerda) pero es más desafiante en un corral de partos suelto donde el lugar de nacimiento no se puede predecir de manera confiable. La calefacción es importante, ya que el frío podría inducir hipotermia y, por lo tanto, reducir la viabilidad de los lechones, aumentando el riesgo de aplastamiento y de mortalidad en un intento de mantenerse cerca de la ubre de la madre (Pedersen *et al.*, 2011). Un estudio reciente de Chidgey *et al.* (2017) también demostró que los lechones de entre 1 y 6 días de vida pasaron más tiempo inactivos cerca de la ubre de las cerdas sueltas (para mantener la temperatura corporal) en comparación con los lechones de las cerdas en jaula, lo que aumentó la mortalidad en los lechones. Aunque en la jaula abierta del estudio de Yun *et al.* (2018) había un refugio para los lechones con una lámpara de calor, rara vez se observaba que los lechones ingresaran allí espontáneamente. Malmkvist *et al.* (2006) observaron una reducción de la mortalidad en los lechones tras el uso de calefacción radiante en el área del nido de los corrales sueltos. Asimismo, Larsen *et al.* (2017) observaron que los lechones prefieren la calefacción radiante, ya que los lechones pasaron poco tiempo en el área de descanso formada por bombillas incandescentes.

Un estudio posterior (Verdon *et al.*, 2019) observó que el alojamiento grupal de cerdas lactantes y sus camadas (parecido al entorno natural) con enriquecimiento de espacio y sustrato, mejora el bienestar de los animales al aumentar la libertad de movimiento de las cerdas y los lechones, aumentando las oportunidades para expresar comportamientos (por ejemplo, interacciones cerda-lechón y cerda-cerda) y apoyando el desarrollo social de los lechones (van Nieuwamerongen *et al.*, 2014). Además, se vio que las cerdas interactúan con los lechones con mayor frecuencia en los sistemas de alojamiento de una sola camada (Singh *et al.*, 2017) y en grupos de lactancia (Verdon *et al.*, 2017) en comparación con las cerdas confinadas en jaulas, lo que puede tener implicaciones a largo plazo en el desarrollo del comportamiento y del cerebro (Curley y Champagne, 2016), como se ha demostrado en ratas (McCarty, 2017) y caballos (Bourjade *et al.*, 2008). Sin embargo, hay pocas investigaciones que demuestren que el aumento de las interacciones maternas en sí conduce a reducciones en el comportamiento agresivo de las cerdas (Verdon *et al.*, 2019).

En este estudio (Verdon *et al.*, 2019), no se observó efecto del enriquecimiento ambiental (es decir, uno o una combinación de los siguientes: objetos colgantes, sustratos, ramas, bloque de lama, aumento del espacio) con el nivel de agresión del lechón después del destete (Verdon *et al.*, 2016). Por lo tanto, se pensó que los efectos del enriquecimiento ambiental previo al destete en el desarrollo del comportamiento social del lechón pueden ser más evidentes a largo plazo (Chalaupová *et al.*, 2007) aunque se requieren de más investigaciones. Por otro lado, la mortalidad de los lechones fue mayor en los alojamientos de grupo de lactancia en comparación con los alojamientos en jaulas (Kutzer *et al.*, 2009). Por lo tanto, Verdon (2019) propone hacer la transferencia de las cerdas y sus camadas a grupos de lactancia después del alojamiento en jaulas para proteger a los lechones del mayor riesgo de aplastamiento. En conclusión, Verdon *et al.* (2019) indicaron que aunque existan posibles beneficios (por ejemplo, mayor libertad de movimiento para cerdas y lechones, oportunidades para expresar comportamientos), existen desventajas (por ejemplo, mortalidad de lechones, manejo de enfermedades, comportamiento de amamantado interrumpido) y aspectos prácticos (preferencias de los ganaderos, infraestructura y capacidades de gestión) en los alojamientos con grupos de lactancia.

Por lo tanto, se puede concluir que el tipo de alojamiento y ambiente en las salas de maternidad puede influir en el bienestar de las cerdas, el rendimiento reproductivo, la duración del parto, la concentración de IgG en el calostro y la mortalidad postnatal inmediata de los lechones (principalmente por aplastamiento).

## **7. Manejo**

## 7.1 Personal

Los estándares de atención en todas las etapas del ciclo reproductivo, desde la crianza de las primíparas en adelante, pueden afectar indirectamente la supervivencia de los lechones. Hemsworth *et al.*, (1995), a lo largo de muchos años, han demostrado claramente los vínculos secuenciales entre las actitudes y el comportamiento que el personal tiene hacia los cerdos, el impacto en los niveles de miedo en los cerdos y, finalmente, las consecuencias que tiene en el rendimiento productivo y reproductivo. Si los niveles de miedo y nerviosismo de las cerdas son altos, pueden verse incrementados los mortinatos (Hemsworth *et al.*, 1999), y las muertes de los lechones por aplastamientos y agresiones físicas por parte de la cerda (Lensink *et al.*, 2009). Así mismo, se descubrió que la neofobia y el nerviosismo hacia los humanos se asocian con el aplastamiento de lechones, probablemente a través de una mayor reactividad a las perturbaciones (Farmer, 2015).

Kirkden *et al.* (2013) observaron que a medida que el tamaño de la camada continúa aumentando, existe una necesidad cada vez mayor de buenas prácticas de manejo y de personal calificado para mantener bajos los niveles de mortalidad. Magallón *et al.* (2015) subrayaron la importancia de la formación del personal e indica que esta debe incluir una parte de formación teórica y otra de formación práctica, ya que se consigue un efecto muy positivo tanto a corto como a medio plazo en la productividad de la granja. Por ejemplo, los mismos autores indicaron que una explotación porcina pasó de 11,53 lechones nacidos vivos en 2010 a 12,25 en el 2011 y de 10,10 lechones destetados en 2010 a 11,07 en el año 2011 gracias a la formación del personal.

La mayoría de las muertes se producen alrededor del parto y durante los primeros días de vida (Marchant *et al.*, 2000). Andersen *et al.* (2007) observaron que la mortalidad de nacidos vivos oscilaba entre el 5 y el 24%, lo que sugiere que la gestión del personal era un factor importante. Por lo tanto, el período peri-parturiente es un momento importante para realizar distintas intervenciones para reducir la mortalidad de los lechones. A menudo se recomienda que la cerda sea supervisada y, si es necesario, asistida durante el parto y que se proporcione atención especial a los lechones pequeños y débiles durante los primeros días de vida (Muirhead y Alexander, 1997). Weary *et al.* (1996) concluyeron que los aplastamientos son el resultado de la mala nutrición de los lechones recién nacidos, ya que un lechón que aumente de peso lentamente, pasa más tiempo en áreas de riesgo como es debajo de la madre. Además, si las reservas de energía de los lechones son bajas, también serán demasiado débiles para escapar de una cerda en movimiento. Farmer (2015) observó que tras el parto, el aplastamiento es consecuencia en último término de la hipotermia perinatal y la inanición. Por lo tanto, a menudo se registran causas de muerte (por ejemplo: los aplastamientos) que, por lo general, representan erróneamente por qué los lechones mueren, subestimándose así los factores de riesgo reales. Kirkden *et al.* (2013) recomendaron retirar a los lechones del área de descanso de la cerda durante la alimentación o cuando se está limpiando la paridera durante los



primeros días después del parto para reducir el riesgo de aplastamiento. Sin embargo, un estudio experimental (Berg *et al.*, 2006) y una encuesta de granjas (Andersen *et al.*, 2007) no encontraron ningún efecto sobre la mortalidad de los lechones durante la alimentación de la cerda. Para reducir el riesgo de aplastamiento también se recomienda vigilar a la cerda y a la camada para detectar signos de hipogalactia durante los primeros 3 días después del parto (Cutler *et al.*, 2006), usar lámparas de calor para reducir el riesgo de enfriamiento de los lechones y asegurar que todos los lechones obtengan calostro (Svendsen *et al.*, 1986).

Algunos autores también recomiendan medidas para minimizar el nivel de estrés de la cerda en el momento del parto, por ejemplo, la provisión de paja para permitir la construcción de nidos (Cutler *et al.*, 2006) y el desarrollo de una relación positiva entre el granjero y la cerda para que no tenga miedo al contacto humano (Kirkden *et al.*, 2013). La provisión de paja y otros materiales también podrían reducir el riesgo de aplastamiento al mejorar el comportamiento de la cerda y al brindar protección física a los lechones atrapados (Damm *et al.*, 2005a), particularmente en el caso de ropa de cama profunda (Baxter *et al.*, 2009). Sin embargo, hay otros estudios que no encontraron ningún efecto (Cronin and Smith, 1992).

Kirkden *et al.* (2013) indicaron que las estrategias de manejo para reducir la muerte fetal y mejorar la viabilidad y vitalidad de los lechones están dirigidas a 1) reducir la duración del parto y 2) proporcionar a los lechones débiles asistencia inmediatamente después del nacimiento. Por lo tanto, las recomendaciones comunes incluyen sacrificar cerdas viejas (Hughes, 1992), asegurar que las cerdas no sean excesivamente gordas en el parto (Oliviero *et al.*, 2010), asistir a partos y brindar asistencia a las cerdas que experimentan distocia (Amass, 2006), centrándose particularmente en la alta paridad (que se espera que tengan grandes camadas; Borges *et al.*, 2005), minimizando perturbaciones que podrían causar estrés durante el parto (Amass *et al.* 2006), ayudando a los lechones débiles a establecer la respiración (Herpin *et al.*, 1996) y a alcanzar la ubre o alimentándolos artificialmente y manteniendo los lechones débiles calientes (Herpin *et al.*, 1996).

## **7.2 Inducción al parto**

El PGF2 $\alpha$  sintético utilizado para inducir el parto tiene una acción luteolítica y promueve un rápido descenso en la concentración de progesterona (Wettemann *et al.*, 1977). Una de las ventajas de sincronizar partos es la posibilidad de concentrar la mayor parte de los partos por la mañana, pudiendo dedicar la tarde a igualar camadas (Magallón *et al.*, 2015), por lo tanto se mejora la supervisión del parto y se asegura una ingesta suficiente de calostro (Nguyen *et al.*, 2013).

De Rensis *et al.* (2012) estudiaron la administración de prostaglandina PGF2 durante el periparto, el postparto y el momento de la inseminación (Tabla 5).

Tabla 5: Efectos de la administración de prostaglandina PGF2 durante el parto, el postparto y el momento de la inseminación (De Rensis *et al.*, 2012).

Etapa	Periparto	Posparto	Inseminación
<b>Efectos de la administración de PGF2</b>	1.Comportamental: estímulo de construcción de nidos y aislamiento del grupo social	1.Reducción de la incidencia del síndrome de disgalactia posparto	1.Promueve la ovulación por mecanismo intra-folicular
	2.Inducción al parto	2.Promueve la involución uterina 3.Reduce el riesgo de endometritis posparto 4.Expresión del potencial lechero y mejora la fertilidad tras el destete 5. Aumento de los nacidos vivos en la camada posterior (7ª paridad o en cerdas mayores). 6. Incrementa el PV del lechón destetado y reduce la mortalidad neonatal.	2.Mejora la tasa de partos y el tamaño de camada (solo en fertilidades bajas, por ejemplo en situaciones de estrés por calor).

De Rensis *et al.* (2012) comentaron que algunas diferencias en los resultados podrían deberse al tipo de prostaglandina utilizada (natural o cloprostenol) y al diseño experimental. Sin embargo, concluyeron que dada la respuesta limitada e impredecible de las cerdas al tratamiento postparto con PGF2, no se recomienda su uso rutinario. Por otro lado, su aplicación durante el parto y inseminación podría ayudar a aumentar el rendimiento reproductivo y la supervivencia de los lechones de forma indirecta. Sin embargo, la inducción del parto aumenta el riesgo de que las cerdas muestren interrupción prolongada de las contracciones (Smith, 1982), que presenten el síndrome de disgalactia posparto (PDS, Papadopoulos *et al.*, 2010) y que aumente el riesgo de ciertas enfermedades congénitas, como la splay-leg (Farmer, 2015). Además, el momento de la inducción del parto es crítica, ya que el desarrollo fetal tardío y la maduración es un factor predisponente para la supervivencia (Van der Lende *et al.*, 2001), y en los días previos al parto, el feto experimenta un aumento en la tasa de crecimiento (Biensen *et al.*, 1998) y desarrollo, donde se produce la fisiología final que permite al lechón estar preparado para la vida extrauterina (particularmente la maduración pulmonar).

Se ha relacionado la inducción de partos prematuros (110 y 111 días de gestación) con una reducción del contenido de grasa del calostro en cerdas sin reserva de grasa suplementaria durante la gestación tardía (Jackson *et al.*, 1995). Los lechones prematuros (después de la inducción del parto a los 109

días de gestación) tuvieron un menor peso al nacer, una ingesta menor de calostro y contenido total de inmunoglobulina en el suero, en el día 4 después del nacimiento, en comparación con los lechones nacidos de partos espontáneos (Milon *et al.*, 1983). Generalmente, se aconseja no inducir el parto antes del día 113 de gestación y evitar esta intervención en cerdas primíparas, ya que las fechas previstas de parto a menudo son inexactas (Kirkden *et al.*, 2013).

Además, si se induce el parto excesivamente pronto, los niveles de IgG del calostro de la cerda serán inferiores, por lo que el rendimiento del calostro podría verse comprometido (Devillers *et al.*, 2007). Sin embargo, Farmer y Quesnel (2009) argumentaron que aunque la baja producción de calostro (<1.0 kg) se ha asociado con una disminución retardada en la concentración de progesterona en la sangre antes del inicio del parto, el efecto de la inducción del parto en el rendimiento del calostro es todavía contradictorio. De hecho, Foisnet *et al.* (2011) consideraron que era poco probable que la producción de calostro se viera afectada por la inducción del parto, cuando se aplica PGF2 $\alpha$  hasta 24 horas antes de la fecha prevista de parto. Esta conclusión se corrobora con la observación realizada en un estudio, donde la producción de calostro no se vio afectada por la inducción del parto a los 113 o 114 días de la gestación (Foisnet *et al.*, 2010). Sin embargo, Vallet y Miles (2017) demostró que la inducción del parto en el día 114 (tratamiento con cloprostenol) redujo las concentraciones iniciales de IgG en el calostro de las cerdas en todas las paridades, y dio lugar a una reducción de los inmunocritos (que valoran la concentración de IgG en el suero del lechón recién nacido) en el promedio de las camadas de cerdas de paridad posterior en comparación con la inducción a los 116 días. La reducción de los inmunocritos en las camadas de cerdas de alto ciclo productivo se relacionó con la mayor mortalidad antes del destete en las cerdas de mayor ciclo productivo (3 y 4) en comparación con las cerdas más jóvenes (Vallet y Miles, 2017; Hagan y Etim, 2018). Sin embargo, los inmunocritos de las camadas de primer y segundo ciclo productivo no se vieron alterados por la inducción. Vallet y Miles (2017) pensaron que el menor peso al nacer de los lechones de primerizas enmascaró las diferencias de IgG en el calostro de las cerdas primerizas. Sin embargo, los autores (Vallet y Miles, 2017) indicaron que existe una falta de correlación entre la concentración de IgG del calostro y el inmunocrito promedio de la camada.

En el estudio de Otto *et al.* (2017) se formaron dos grupos de cerdas: el grupo de control (cerdas que tuvieron un parto espontáneo entre los 112 y 118 días de gestación), y cerdas inducidas al parto (concentrándose los partos entre los 114 y 115 días de gestación) con 0.175 mg / kg de cloprostenol en la submucosa vulvar. Los resultados indicaron que no hubo diferencias en la concentración sérica de IgG (en cerdas y en lechones) entre ambos grupos, así como tampoco las hubo en la longitud del parto, el número total de lechones nacidos, el número de lechones nacidos vivos, el porcentaje de nacidos muertos, el peso medio de los lechones y el peso de la camada al nacer y en la supervivencia de los lechones (ver anexo 2.2). Por lo tanto, Otto *et al.* (2017) concluyeron que inducir el parto en

las cerdas de 114 días de gestación no afectará en el rendimiento del calostro, la concentración de IgG en el suero ni en el calostro, la supervivencia y el rendimiento de los lechones hasta el destete.

### 7.3 Asistencia al parto

Los mortinatos siguen siendo un problema importante en la cría intensiva de cerdos. Según los datos del BDPorc (Banco de Datos de referencia del Porcino español) en el año 2016, los mortinatos representaron aproximadamente el 0,08% de los lechones nacidos totales por camada en España. La supervisión del parto en el caso de intervalos prolongados entre la expulsión de los lechones puede reducir sustancialmente la incidencia de mortinatos (English and Edwards, 1996). La intervención al parto se debería considerar si el intervalo de nacimiento entre los lechones supera los 30 a 60 minutos (Fangman y Amass, 2007) o si la cerda no ha expulsado ningún lechón y aparece deprimida, débil o muestra un flujo vaginal anormal (Cewart, 2007).

Kirkden *et al.* (2013) indicaron que es importante brindar asistencia obstétrica rápida y apropiada porque en las cerdas distócicas hay una alta tasa de muerte fetal y esto aumenta con la duración del parto (Jackson, 1975). La intervención debe involucrar inicialmente un examen manual del canal de parto y si hay un feto presente: ser reposicionado o sacado (Kirkden *et al.*, 2013). Sin embargo, la intervención manual puede causar lesiones o infecciones en la cerda si no se realiza con cuidado, por lo que debe lubricarse y garantizar un alto nivel de higiene (Cewart, 2007). La perturbación excesiva de la cerda también puede ser contraproducente si causa estrés (Lawlor y Lynch, 2005). Algunos estudios no han informado ningún efecto sobre la intervención manual a la cerda en el riesgo de muerte fetal (por ejemplo: Vanderhaeghe *et al.*, 2010b) o la mortalidad antes del destete (Ravel *et al.*, 1996), mientras que otros si que han encontrado una mayor frecuencia de muerte fetal (Vanderhaeghe *et al.*, 2010a). Finalmente, si el canal de parto no está obstruido, el feto está bien posicionado y la cerda presenta mal tono uterino se puede administrar oxitocina para estimular la contracción uterina (Cewart, 2007).

La administración de oxitocina en cerdas parturientas es ampliamente utilizada en las granjas porcinas españolas para reducir la duración del parto en situaciones de fatiga o de distocia (Jiarpinitnun *et al.*, 2019). Es importante reducir la duración del parto porque esto se asocia con la incidencia de mortinatos por hipoxia, ya que por ejemplo Oliviero *et al.* (2008a) observaron que las cerdas que tuvieron una duración de parto superior de 300 minutos, tuvieron  $1,4 \pm 1,5$  (media  $\pm$  desviación estándar) mortinatos, mientras que las cerdas con una duración de parto inferior a 300 minutos tuvieron  $0,5 \pm 0,9$  mortinatos. Además, existe evidencia de que las cerdas con una duración de parto de  $\geq 4$ h tienen un alto riesgo de tener fiebre el primer día después del parto en comparación con las cerdas con una duración de parto de  $\leq 4$ h (Tummaruk y Sang-Gassanee, 2013). Sin embargo, algunas granjas administran rutinariamente oxitocina a todas las cerdas al comienzo del parto (Straw

*et al.*, 2000). Cuando la dosis máxima recomendada de oxitocina (0.167 UI / kg, correspondiente a 25 UI en 150 kg de primípara o 50 UI en 300 kg de cerda; Mota-Rojas *et al.*, 2005a) se administra de forma rutinaria mediante inyección intramuscular inmediatamente después del nacimiento de el primer lechón, se ve disminuida la duración del parto pero también aumenta la frecuencia, la intensidad y la duración de las contracciones uterinas, causando desaceleraciones agudas en la frecuencia cardíaca fetal por la reducción del flujo de sangre al feto, compatibles con la asfixia (Mota-Rojas *et al.*, 2007a). Además, los recién nacidos muestran una mayor frecuencia de tinción de meconio en la piel, un mayor número de cordones umbilicales rotos o con hemorragia y signos de disminución de la viabilidad (Mota-Rojas *et al.*, 2007a). Como resultado, se hallaron un aumento en el número de mortinatos (Mota-Rojas *et al.*, 2007a) o ningún efecto sobre la tasa de muerte fetal (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2004), pero ninguno ha reportado una disminución en los mortinatos (Vanderhaeghe *et al.*, 2010a). Sin embargo, estos estudios no discriminan entre la administración rutinaria de oxitocina y en casos de distocia ni en el uso inadecuado de esta (dosificación incorrecta o cuando se indicó la asistencia manual) (Kirkden *et al.*, 2013).

La frecuencia de las muertes fetales alcanzó su punto máximo poco después de la inyección de oxitocina, afectando a los lechones al principio del orden de nacimiento, en contraste con el pico mucho más tardío que ocurrió en cerdas control que no recibieron oxitocina (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2004). Mota-Rojas *et al.* (2007a) encontraron que el tratamiento con oxitocina después del nacimiento del cuarto lechón no tuvo un efecto negativo en la frecuencia de tinción con meconio, en contraste con el tratamiento después del nacimiento del primer lechón, mientras que el tratamiento posterior al nacimiento del octavo lechón redujo la tinción de meconio y la tasa de muerte fetal y se vio aumentada la temperatura corporal al nacer. Kirkden *et al.* (2013) sugirieron que durante el parto prematuro, el útero es muy sensible a la oxitocina y puede ser hiperestimulado por la inyección de oxitocina, mientras que más adelante, cuando el útero es menos sensible, una inyección de oxitocina puede servir para estimular el músculo fatigado.

González-Lozano *et al.* (2009) también investigaron los efectos de la administración de oxitocina en las cerdas que mostraron distocia en el parto temprano (definido como un retraso de 40 minutos después del inicio del parto de cualquiera de los primeros 4 lechones) tratándolas con 0.083 UI / kg después de la expulsión del quinto lechón. Se observó una menor proporción de lechones con asfixia, un aumento de la puntuación de viabilidad y una reducción del tiempo para ponerse en contacto con la ubre en comparación con los partos distócicos o en los partos eutócicos no tratados. También se redujo la frecuencia de mortinatos en comparación con las cerdas distócicas no tratadas. Sin embargo, los lechones nacidos de cerdas eutócicas tratadas con oxitocina tuvieron los mejores resultados: la puntuación de viabilidad más alta, no se observaron mortinatos, el menor porcentaje de lechones con asfixia y tardaron menos en tomar contacto con la ubre (Tabla 6) .

Tabla 6: Efectos de la oxitocina (0,083 UI / kg de peso corporal) en el resultado de lechones nacidos de cerdas eutócicas y distócicas (González-Lozano *et al.*, 2009).

	Eutócico	Eutócico + oxitocina	Distócico	Distócico + oxitocina
<b>Cerdas (n°)</b>	15	15	15	15
<b>Número de lechones (n°)</b>	165	162	203	204
<b>Muertes intra-parto (%)</b>	-	-	41(20,2)	19(9,3)
<b>Lechón nacido con asfixia (%)</b>	21(12,7)	9(5,6)	31(15,3)	16(7,8)
<b>Puntuación de viabilidad</b>	7,9-1,2	8,5-0,7	5,8-3,1	7,2-2,5
<b>Latencia al primer contacto de la urbe (min)</b>	28,8-11,6	23,9-7,0	35,1-13,8	26,5-8,7

Finalmente, Kirkden *et al.*, (2013) también sugirieron que la administración rutinaria de una dosis reducida tardía (0.083IU / kg) en el parto puede ser beneficiosa para la supervivencia de los lechones. Por lo tanto, la hipoxia que resulta de un flujo sanguíneo disminuido por el aumento de las contracciones uterinas (en dosis altas de oxitocina o cuando se administra temprano en el parto o durante la distocia) puede prevenirse administrando oxitocina en dosis más bajas y en etapas avanzadas de parto (tras el nacimiento de aproximadamente la mitad de la camada), lo que no solo disminuirá la tasa de mortinatos, sino que también favorecerá los resultados neonatales.

En relación al ciclo productivo, se informa con frecuencia que la tasa de muerte fetal es mayor en cerdas de alta paridad, probablemente por la gordura o el tono muscular uterino deficiente (Pejsak, 1984). Bilkei *et al.* (1995) informaron que la administración de oxitocina con una dosis baja de 10 UI después del nacimiento del primer lechón fue problemática para las cerdas gordas, ya que causó un aumento de la mortalidad temprana de los lechones, pero no en las cerdas con una condición corporal normal.

Otras sustancias activas que se usan para acelerar el parto y reducir los mortinatos son el clorhidrato de vetrabutina y los medicamentos parasimpaticomiméticos y análogos de acetilcolina; sin embargo, han sido poco estudiados (Kirkden *et al.*, 2013). Algunos han informado que la administración de clorhidrato de vetrabutina después del nacimiento del primer lechón disminuye la duración del parto, disminuye la rotura de los cordones umbilicales, desacelera la frecuencia cardíaca durante el parto, disminuye las muertes fetales, aumenta el puntaje de viabilidad y disminuye la latencia para encontrar una teta (González-Lozano *et al.*, 2010). Sin embargo, se ha visto que en comparación con la oxitocina, causó una reducción menos marcada en la duración del parto y dio lugar a menos roturas de cordones y mortinatos (Mota-Rojas *et al.*, 2005c). Por otro lado, el  $\beta$ -blocker carazolol puede ser usado para contrarrestar el efecto de estrés en la duración del parto, reducir los mortinatos, la incidencia de MMA (Mastitis, Metritis y Agalactia) en primerizas y la incidencia de distocia en cerdas cuando se administra antes del nacimiento del primer lechón (Bostedt y Rudloff, 1983).

Se recomienda que los partos se supervisen y se proporcione asistencia a los lechones pequeños y débiles, como la inhalación de oxígeno (Herpin *et al.*, 2002), que se sequen y/o se coloquen bajo una fuente de calor (Andersen *et al.*, 2009) y que se suministre calostro o un sustituto de la leche (Herpin *et al.*, 2002). Nguyen *et al.* (2013) observaron que la atención neonatal aumenta la concentración de IgG en los lechones de cerdas asistidas en comparación con los lechones de cerdas con parto espontáneo y asistencia limitada.

La inhalación de oxígeno se ha visto que reduce la disminución de la temperatura rectal tras el nacimiento (Herpin *et al.*, 2002). Colocar a los lechones debajo de una lámpara de calor inmediatamente después del nacimiento disminuye la mortalidad en casi un 50% (Andersen *et al.*, 2009) o más (Christison *et al.*, 1997). Además, secar los lechones al nacer con paja, toallas de papel o algodón aumenta la temperatura rectal a la hora (Hoy *et al.*, 1995) y disminuye la latencia para amamantar en los lechones (Christison *et al.*, 1997). Sin embargo, el efecto sobre la mortalidad no está claro. Christison *et al.* (1997) informaron que la mortalidad se redujo, pero varios otros estudios no han encontrado ningún efecto (Vasdal *et al.*, 2011). McGinnis *et al.* (1981) observaron que la mortalidad dependía de la temperatura del suelo: el secado aumentaba la mortalidad cuando los lechones se alojaban en un suelo de 20 ° C, pero no tenía efecto cuando estaban en un suelo de 30 ° C. Una posible explicación es que, además de eliminar el líquido amniótico, el secado parece estimular la circulación sanguínea periférica, aumentando así la pérdida de calor sensible (es decir, conductivo, convectivo o radiativo) de la piel (Berbigier *et al.*, 1978). McGinnis *et al.* (1981) notaron una mayor temperatura de la piel a los 30 min y a la hora en lechones que se habían secado y sugirieron que el aumento de la pérdida de calor de la piel podría haber sido responsable del aumento de la mortalidad en los suelos fríos. Por lo tanto, es aconsejable asegurarse de que los lechones se colocan en un lugar cálido después de secarlos. Se ha informado que una combinación de secado y colocación bajo una lámpara de calor produce una disminución sustancial de la mortalidad (Andersen *et al.*, 2009), aunque el efecto no fue mayor que el de simplemente colocarlos debajo de la lámpara de calor, por lo que no pareció que el secado fuese necesario.

Andersen *et al.* (2009) observaron que el cuidado de los lechones débiles inmediatamente tras el nacimiento puede reducir la mortalidad postnatal. Asimismo, Kirkden *et al.* (2013) observaron que secar los lechones o colocarlos en un lugar cálido puede ser más importante para los lechones que están inactivos, ya que estos producen menos calor, no frotan los líquidos neonatales contra las superficies y no buscan fuentes de calor (Christison *et al.*, 1997). Por otro lado, la colocación de lechones en la ubre inmediatamente después del nacimiento ha tenido un efecto variable sobre la mortalidad. Andersen *et al.* (2007) informaron que colocar lechones en la ubre y ayudarlos a mamar reduce la mortalidad, pero Vasdal *et al.* (2011) encontraron que la colocación en la ubre aumentó la mortalidad en el primer día tras el parto, mientras que una combinación de secado y colocación en la

ubre no tuvo ningún efecto. Esto puede deberse a que algunos lechones débiles no pueden mamar y necesitan ser calentados primero.

Por lo tanto, se recomienda colocar el lechón en un lugar cálido primero y luego ayudarlos a mamar o alimentarlos con calostro (Fangman y Amass, 2007). En relación al suministro de calostro, Muirhead y Alexander (1997) recomendaron tratar de alimentar con calostro solo cuando se siente un reflejo de succión. Muns *et al.*, (2014) observaron que proporcionar un suplemento oral de calostro de cerda a lechones con un peso inferior a 1,35 kg dentro de las 4 h de nacimiento aumentó los niveles de IgG en el día 4 postparto.

#### **7.4 Toma del calostro**

El encalostamiento tiene una relevancia fundamental, ya que los lechones nacen sin inmunoglobulinas circulantes en sangre (o sea, sin protección humoral) debido a que la placenta (de tipo epitelio-corial) no permite la transferencia de inmunidad *in utero* al feto. Por lo tanto, el lechón solo recibe la inmunidad humoral de la madre gracias a la succión del calostro en las primeras horas tras el nacimiento, ya que hasta pasadas (al menos) las tres o cuatro primeras semanas de lactación, los lechones no tendrán desarrollado su propio sistema inmunitario (Rooke y Bland, 2002).

Farmer (2015) indica que el rendimiento del calostro se ve afectado por: la vitalidad de la camada al nacimiento, el ciclo productivo de la cerda, el desarrollo de la glándula mamaria, el estatus endocrino y metabólico de la cerda y la alimentación de la cerda en el último tercio de la gestación. También, se ha comentado que el rendimiento del calostro se ha visto influenciado negativamente con el aumento de los lechones nacidos muertos (Quesnel, 2011), el bajo peso de los lechones al nacer (Devillers *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2016) y el aumento del coeficiente de variación del peso al nacer de los lechones (Quesnel, 2011). Sin embargo, la producción de calostro en la glándula mamaria ocurre antes del nacimiento del primer lechón y, por lo tanto, no depende del tamaño de la camada (Theil *et al.*, 2014) ni de su peso al nacimiento (Farmer, 2015). Por lo tanto, la cantidad de calostro disponible por lechón será menor conforme aumenta el tamaño de la camada, ya que cuando se alimentan artificialmente a los lechones, estos consumen el doble de la cantidad de calostro que en condiciones normales de crianza (Devillers *et al.*, 2004), lo que indica que la cerda limita la ingesta de calostro de sus lechones (Quesnel, 2011).

La cantidad de calostro producida por la cerda es muy variable (entre 2,5-5 kg; Farmer *et al.*, 2009). Se suministra continuamente a los lechones desde el parto hasta aproximadamente de dos a cuatro horas, luego se libera más discretamente. Por lo tanto, la producción es mayor en el momento del parto, pero disminuye rápidamente a las 14 h, y en 34 h se producen grandes cantidades de leche de transición (Theil *et al.*, 2014).



El ciclo productivo de la cerda se relaciona con el rendimiento del calostro, ya que las concentraciones de IgG son significativamente más bajas en el calostro de las cerdas jóvenes (Cabrera *et al.*, 2012) y disminuyen más rápidamente durante las primeras 24 horas posparto en comparación con las cerdas más viejas (Quesnel, 2011). Además, Devillers *et al.* (2007) informaron que las cerdas de segundo y tercer ciclo productivo producen más calostro (4,3 kg) que las primíparas (3,4 kg) y que las cerdas viejas (3,6 kg). Por lo tanto, las camadas de las cerdas jóvenes no recibirán la misma cantidad y calidad de calostro que las camadas de las cerdas con más ciclos productivos. Además, Lines (2015), mostró que los lechones de las cerdas jóvenes muestran menor consumo de calostro que los otros. Un estudio actual (Nuntapaitoon *et al.*, 2019) también demostró que las cerdas primíparas tenían concentraciones de IgG más bajas que las cerdas múltiparas. Esto se relacionó con la publicación de Bourne *et al.* (1975) que indicaba que las cerdas viejas habían recibido más vacunas que las primíparas, por lo que se habría podido afectar el nivel de inmunoglobulinas en el torrente sanguíneo y el calostro de las cerdas.

Quesnel *et al.* (2012) informaron que los lechones que recibieron más de 200 g de calostro mostraron una tasa de mortalidad del 7.1%, pero aquellos que recibieron menos de 200 g tenían seis veces (43%) más probabilidades de morir durante la etapa de succión. Incluso aquellos lechones que nacen con poco peso (que tienen más riesgo de morir) pueden llegar a tener una capacidad de supervivencia similar a los demás si toman entre 200 g y 250 g de calostro (Ferrari *et al.*, 2014). Por otro lado, el cuerpo del neonato contiene grasa y energía que se agota completamente entre las 12 y 17 horas después del nacimiento en ausencia de ingesta de calostro (Theil *et al.*, 2011). Además, el lechón no puede regular su temperatura corporal hasta pasados unos días, por lo que cualquier causa que provoque una reducción de la producción o consumo de calostro y leche comprometerá su salud y crecimiento. Los ambientes húmedos, los suelos fríos o las bajas temperaturas ambientales provocan que el lechón consuma rápido la glucosa y agote sus reservas de glucógeno, por lo que si el consumo de leche no es el adecuado, morirá. Además, los lechones tienen una superficie corporal elevada respecto a su peso, por lo que pierden más calor que los animales adultos. Aunque el nivel de grasa sea inferior en el calostro que en la leche, la grasa presente en el calostro proporciona a los lechones el 40–60% de su suministro total de energía. Por lo tanto, cuando el lechón empieza a ingerir calostro, la energía proporcionada le ayuda a aumentar su temperatura corporal y su viabilidad, ambos fuertemente vinculados a la supervivencia (Alexopoulos *et al.*, 2017).

Durante las seis primeras horas y hasta las 24 horas tras el inicio del parto, prevalecen las IgG en el calostro, que son las encargadas en proporcionar inmunidad sistémica al lechón. A partir de entonces, van disminuyendo conforme avanza la lactación mientras que las IgA predominarán en la leche de la cerda. Las IgA (que se encuentran tanto en el calostro como en la leche de la cerda) actúan a nivel de protección de la mucosa para prevenir por ejemplo las diarreas neonatales (Tabla 9). Por lo tanto,

la composición de la leche de la cerda es distinta a la del calostro, ya que la leche destaca por sus niveles superiores de grasa, lactosa e inmunoglobulinas A (véase la composición química en el anexo 3).

Tabla 9: concentración de inmunoglobulinas (IgG y IgA) en el calostro y leche de la cerda (Loisel *et al.*, 2013)

Tiempo tras el inicio del parto	Calostro		Leche	
	0 h	24 h	7 d	21 d
IgG (mg/ml)	51,9	10,4	-	-
IgA (mg/ml)	11,9	4,8	2,2	4,1

Es importante que el lechón consuma el calostro durante sus primeras horas de vida, ya que los niveles de inmunoglobulinas en el calostro descienden rápidamente desde el momento del inicio del parto, de forma que a las 12 horas del nacimiento del primer lechón han disminuido hasta un 30% (Magallón *et al.*, 2015) (Tabla 9). Además, la capacidad de los lechones para absorber los anticuerpos del calostro comienza a disminuir rápidamente después de seis horas desde la primera alimentación debido al cierre intestinal iniciado por la presencia de nutrientes en el intestino y su absorción (Rooke *et al.*, 2002). El cierre intestinal se completa a partir de las primeras 24 horas de edad del lechón (hasta aproximadamente las 48 h; Cranwell, 1995). Por lo tanto, la eficacia del calostro para proteger al recién nacido depende de la cantidad ingerida, de la concentración de inmunoglobulinas que presenta (siendo la concentración de IgG, por ejemplo, variable entre cerdas (Nuntapaitoon *et al.*, 2019) y de la capacidad de absorción del intestino del lechón (Magallón *et al.*, 2015). Un estudio reciente (Nuntapaitoon *et al.*, 2019) indica que existe una gran relación entre la cantidad de IgG en el plasma de los lechones con el nivel de IgG en el calostro de la cerda. Kielland *et al.* (2015) encontraron que cada 1 mg / ml de IgG en el calostro aumentaba la IgG plasmática del lechón en 0,1 mg / ml.

Por otro lado, el calostro se deriva mejor de la propia madre del lechón que de otras cerdas donantes, es decir, Tuboly *et al.* (1988), ya mostró mejoras en la absorción de células inmunitarias a través de la barrera intestinal del calostro de la propia madre en comparación con el calostro de cerdas donantes. Más recientemente, Bandrick *et al.* (2011), informaron que había algunos aspectos de inmunidad presente en el calostro (inmunidad mediada por células) detectada en lechones solo cuando se mantuvieron los lechones con su propia madre por más de 12 horas. Por lo tanto, para optimizar la inmunidad maternal del lechón (transferido vía calostro), el lechón debería mantenerse con su propia madre durante al menos 12 horas. Sin embargo, cuando exista el riesgo de que la producción de calostro de la madre de la camada no satisfaga las necesidades de los lechones (cantidades extremadamente altas de lechones nacidos o cerdas con baja condición corporal o

primíparas), es posible que los lechones deban ser promovidos a otra cerda para que tomen las cantidades adecuadas de calostro antes del cierre intestinal.

## 7.5 Plan de adopciones

El aumento del tamaño de la camada de las cerdas híbridas híper-prolíficas, ha provocado un aumento de la competencia en la ubre (Andersen *et al.*, 2011) comprometiendo la supervivencia y el crecimiento pre-destete de los lechones (Rutherford *et al.*, 2013). Rutherford *et al.* (2013) indicaron que si el número de lechones nacidos vivos supera el número de pezones funcionales, se producirá un alto nivel de lucha entre los lechones para acceder a una teta funcional, lo que puede dificultar la ingesta de calostro y de leche. Por lo tanto, se aconseja llevar a cabo prácticas como las lactaciones alternas y las adopciones.

Las lactaciones alternas pretenden asegurar la ingesta de calostro de la camada, minimizar la pérdida de la temperatura corporal (Magallón *et al.*, 2015), reducir la variabilidad del peso en la camada y finalmente, aumentar las posibilidades de supervivencia de los lechones (sobre todo de los más pequeños y débiles) (Donovan *et al.*, 2000). Está basada en el uso de una jaula-cajón donde primeramente serán colocados los lechones que se haya visto ingerir calostro en una zona caliente durante un par de horas. Después, los lechones serán devueltos a la camada y se colocarán en su sitio otro grupo de lechones que se haya visto tomar calostro (Magallón *et al.*, 2015). Esta práctica, debe realizarse lo más cerca posible del parto y antes de las 24 h posteriores para lograr la ingesta máxima de calostro en individuos "en riesgo" (King' Ori, 2012). Vallet (2013) informó de mayores tasas de supervivencia y mayores valores de proteína sérica en lechones pequeños cuando se implementó esta técnica. Un poco más tarde, Huser *et al.*, (2015), mostraron que la supervivencia de los lechones pequeños mejoró en un 13% tras realizar las lactaciones alternas. El inconveniente principal es el manejo y la supervisión necesaria del personal (Baxter *et al.*, 2013).

Por otra parte, las adopciones son procedimientos comúnmente utilizados que igualan las camadas de cerdas que tienen un volumen extra de lechones (es decir, más de 14 lechones nacidos vivos) y que parieron en el mismo período de tiempo que otras camadas más pequeñas (es decir, hasta 12 lechones nacidos vivos), donde están disponibles tetinas funcionales (Schmitt *et al.*, 2018). El momento de realizarlas es importante, ya que la adopción demasiado temprana puede comprometer la ingesta de calostro, mientras que si se realiza demasiado tarde puede reducir la aceptación de la camada por parte de la cerda adoptiva y causar angustia a los lechones que ya habían establecido contacto con su madre y el orden al pezón (Baxter *et al.*, 2013). Sin embargo, la disputa de los pezones tiende a ser mayor en las camadas con lechones adoptados, ya que Heim *et al.*, (2012) demostraron que en el primer día de lactancia, las camadas de lechones que eran 100% biológicas

mostraron un número menor de disputas de pezones en comparación a aquellas compuestas por lechones adoptados (la adopción se realizó a las 20 h aproximadamente).

Un problema común de las adopciones es que la cerda de acogida puede discriminar entre sus propios hijos y los lechones criados, y puede rechazar o mostrar agresividad hacia estos últimos (Reese y Straw, 2006). Price (1994) demostró que los lechones que se movieron a los dos, cuatro o siete días de edad tuvieron un éxito de succión menor, las vocalizaciones fueron más frecuentes y la agresividad de las cerdas fue mayor que en aquellas en las que se trasladó a los lechones antes de las primeras 24 horas de vida. Asimismo, Li *et al.* (2012) observaron que los lechones adoptados tenían una supervivencia similar a los lechones biológicos cuando el plan de adopciones se llevó a cabo dentro de las 24 h del nacimiento. Magallón *et al.* (2015) por lo tanto, sugirieron realizar las adopciones entre las 12 y las 24 horas postparto, asegurando una buena toma de calostro.

Varios autores han comentado que debería considerarse el tamaño de los lechones para realizarlas. Marcatti (1986) descubrió que los cerdos pequeños adoptados en camadas con un tamaño similar mejoraban su supervivencia y crecimiento. Souza *et al.* (2014) mostraron que la supervivencia de los lechones pequeños fue del 100% cuando se agruparon con otros lechones pequeños, pero se redujo al 83% cuando se mezclaron con grandes. Huting *et al.* (2017), informaron una mejora significativa en el crecimiento de los lechones grandes que se agruparon en una camada mixta (con lechones grandes y pequeños) en comparación con los lechones grandes promovidos a una camada uniforme. Sin embargo, los lechones pequeños tuvieron un mayor crecimiento cuando se agruparon con lechones de un tamaño similar. Por lo tanto, cuando los lechones pequeños están en camadas de lechones grandes, la competencia por las tetinas funcionales puede ser demasiado alta como para asegurar su supervivencia (Huting *et al.*, 2017). También, el tamaño de la camada post-adopción parece ser importante para la supervivencia de los más pequeños, ya que Deen *et al.* (2004) observaron que en una camada de 12 lechones grandes, los lechones pequeños tuvieron una tasa de supervivencia y crecimiento más baja que cuando se agruparon en una camada de ocho con compañeros grandes. Sin embargo, agrupar a los lechones pequeños en camadas según su tamaño tiene ventajas e inconvenientes (Tabla 10).

Tabla 10: Realizar camadas de lechones pequeños: características, ventajas e inconvenientes.

<b>Camadas de lechones pequeños</b>	
	<b>Entre las 12-24 horas de vida (Li <i>et al.</i>, 2012)</b>
Cuándo realizarlas	
Con qué cerda	<b>Cerdas de 2º ciclo productivo: pezones largos y finos y buena exposición mamaria (Magallón <i>et al.</i>, 2015)</b>
Ventajas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Aumentan los episodios de lactancia</b> (Deen <i>et al.</i>, 2004)</li> <li>2. <b>Aumenta la supervivencia (Souza <i>et al.</i>, 2014) y mejora la de los machos (Baxter <i>et al.</i>, 2012).</b></li> <li>3. <b>Éticamente aceptado (Magallón <i>et al.</i>, 2015)</b></li> <li>4. <b>Reduce la competencia de tetinas funcionales con lechones más grandes y vigorosos (Huting <i>et al.</i>, 2017)</b></li> <li>5. <b>Mayor crecimiento (Huting <i>et al.</i>, 2017)</b></li> </ol>
Inconvenientes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Costes de alimentación y medicación elevados en la fase de engorde y acabado (Widmar <i>et al.</i>, 2011).</b></li> <li>2. <b>No proporcionan suficiente presión para estimular los eventos de bajada de la leche (Souza <i>et al.</i>, 2014).</b></li> <li>3. <b>Debe llevarse un control cuidadoso sobre la cerda y los lechones pequeños (Magallón <i>et al.</i>, 2015).</b></li> <li>4. <b>Gran inversión de tiempo con bajo grado de supervivencia (Magallón <i>et al.</i>, 2015)</b></li> </ol>

Sin embargo, cuando el tamaño de la camada es muy grande y se limitan las oportunidades de realizar las adopciones (Schmitt *et al.*, 2018), se opta por el uso de cerdas nodrizas. Este procedimiento es comúnmente utilizado en Dinamarca (en promedio el 15% hasta el 45% de las cerdas se utilizan como cerdas nodrizas después de destetar su propia camada; Pedersen, 2016), donde el número de lechones destetados por cerda es el más alto en la UE (AHDB Pork, 2017).

Existen dos tipos de estrategias para usar las cerdas nodrizas, conocidas como "un paso" y "dos pasos" (Baxter *et al.*, 2013). "Un paso" implica destetar los lechones de la cerda a los 21 días de la lactancia y luego transferir lechones recién nacidos (tras la ingesta del calostro) a la cerda hasta el destete. "Dos pasos" también involucra destetar lechones a los 21 días, pero la cerda nodriza recibe lechones de 7 días de edad y los cría hasta el destete. Por su parte, la cerda de la que se extrajeron los lechones de 7 días de edad recibe a los lechones recién nacidos en exceso. La estrategia de dos pasos es la más usada en las granjas danesas (Pedersen, 2016). Sin embargo, esta última estrategia podría tener más desventajas a nivel de bienestar, ya que los lechones de 4 a 7 días ya han establecido contacto con su madre y, por lo tanto, podrían experimentar angustia cuando se separan de ella (Newberry y Swanson, 2008) medido por la cantidad de vocalizaciones agudas (o sea, gritos) (Weary y Fraser, 1997). Sin embargo, Schmitt *et al.* (2018) observaron que los lechones de 1 día de edad experimentaron mayor angustia con la transferencia que los lechones de 7 días, ya que expresaron más vocalizaciones.

Para que la estrategia tenga éxito, el número de lechones transferidos a las cerdas nodrizas debe ser igual o menor a los que ella estaba criando (Baxter *et al.*, 2013) y que se transfieran los lechones más pesados (Heim *et al.*, 2012), ya que tienen una mayor oportunidad de supervivencia y pueden competir más exitosamente por una tetilla que los lechones más ligeros (Baxter *et al.*, 2013).

En relación al ciclo productivo, autores como Magallón *et al.* (2015) han indicado que la nodriza ideal es la de 2º parto, aunque suelen elegirse también las de tercer parto, menospreciando a las cerdas primíparas por una peor producción de la leche y a las cerdas de desvieje por los pezones largos y gruesos con peor producción láctea y/o con mal historial.

Schmitt *et al.* (2018) comentaron que aunque estas estrategias han recibido poca atención científica, son un método prometedor para criar lechones excedentes, ya que se eliminan algunos de los desafíos asociados con las adopciones normales por la ausencia de las propias crías de las cerdas. Sin embargo, también existe la preocupación de que la cerda nodriza no produzca una cantidad y calidad suficiente de leche durante todo el período de lactancia. De hecho, se ha visto (Hurley, 2015) que hay una disminución en el contenido de grasa, proteínas y energía entre los días 2 y 21 de la lactancia lo que enfatiza la importancia de investigar el efecto de la alimentación de lechones neonatales con leche de una cerda 21 días después de la lactancia. Asimismo, Thorup (2015) mostró que los lechones transferidos a una cerda nodriza durante la lactancia temprana tenían una tasa de crecimiento y supervivencia más alta que los lechones transferidos a una cerda nodriza en lactancia tardía. Sin embargo, no se han detectado diferencias en los indicadores fisiológicos de estrés en las cerdas nodrizas que dan una lactancia de 40 días (Alexopoulos *et al.*, 2017). Además, es lógico suponer que la lactancia prolongada provocará cambios en el rendimiento reproductivo de las cerdas nodrizas y, de hecho, se ha informado un aumento en el tamaño de la camada en estas cerdas en el próximo ciclo productivo (Amdi *et al.*, 2017).

Schmitt *et al.* (2018) tuvieron el objetivo de valorar ambas estrategias de cerdas nodrizas (“un paso” y “dos pasos”) con el crecimiento y el comportamiento de los lechones en comparación con los que permanecen con su madre. Este estudio escogió las cerdas nodrizas según unos criterios: que tuvieran una buena condición corporal, con al menos 12 lechones y que no hubieran aplastado ningún lechón desde el momento del parto hasta la selección. Sin embargo, los mismos autores pensaron que la etapa de la lactancia y el temperamento de la cerda (por ejemplo, la inquietud) podrían influir en el comportamiento de lucha en la ubre, afectando así el crecimiento y el bienestar de los lechones transferidos. Se ha demostrado que el comportamiento de las cerdas nodrizas se correlaciona con la respuesta prepuberal a las pruebas de comportamiento (Thodberg *et al.*, 2002), y se ha demostrado que la frecuencia de los episodios de amamantamiento se correlaciona negativamente con la competencia en la ubre (Pedersen *et al.*, 1998). Por lo tanto, es posible que se necesiten medidas más detalladas para validar el uso de cerdas nodrizas cuando las cerdas se encuentran sueltas, ya

que la supervivencia antes del destete de los lechones en estos sistemas depende aún más de la conducta materna (Ocepek y Andersen, 2017). En este estudio, también se transfirieron los lechones más pesados y vigorosos de la camada debido a las mayores probabilidades de sobrevivir (Baxter *et al.*, 2013). Además, los lechones con menor peso al nacer parecían poder alcanzar a los lechones más pesados en el momento del destete (Douglas *et al.*, 2013), por lo que se optó en dejarlos con su madre. Schmitt *et al.* (2018) no encontraron ningún efecto entre las estrategias usadas sobre las tasas de mortalidad de los lechones antes del destete o sobre el fracaso de las cerdas en la crianza de los lechones. De hecho, la supervivencia y el crecimiento de los lechones transferidos no fueron diferentes a la de los lechones que permanecieron con su madre. Además, los lechones de todos los tratamientos se destetaron aproximadamente a la misma edad y con el mismo peso. Sin embargo, la eliminación de los lechones más pesados de las camadas grandes dio lugar a una disminución del 30% del cambio de los pezones en los lechones que quedaron en la cerda, lo que sugiere un mejor acceso a los pezones tras reducir el tamaño de la camada. Por el contrario, cuando se utilizó una cerda nodriza para criar una camada entera de lechones de 7 días de edad se aumentó el cambio de pezones en un 70%, lo que refleja la necesidad de restablecer el orden de los pezones.

Además, el CV (Coeficiente de Variación) del peso fue menor en las camadas transferidas que en las camadas restantes en el día de la transferencia, pero los CV no difirieron en el día 10 tras la transferencia. Estos hallazgos sugieren que los lechones transferidos no expresaron todo su potencial de crecimiento durante la lactancia. Se pensó que esto podría deberse a una discrepancia entre sus necesidades y la calidad de la leche (Hurley, 2015) o al hecho de que no se observó lactancia en las 4 h siguientes a la transferencia. Además, como algunas de las cerdas nodrizas estuvieron lactando durante al menos 7 días, es posible que algunas de sus tetas no hayan sido utilizadas por la camada anterior y, por lo tanto, hayan dejado de producir leche. Anteriormente, Reese y Straw (2006) ya habían observado que el deterioro del crecimiento es más prominente en el destete, con informes de hasta un 25% de reducción en el peso al destete en comparación con aquellos sin movimiento después de las primeras 24 horas.

Sin embargo, existen otras estrategias para criar lechones "excedentes", como por ejemplo: el destete dividido (temprano), que contradice las recomendaciones de la legislación de la UE (El Consejo de la Unión Europea del 2008) o la crianza artificial, que podría tener efectos negativos en el rendimiento y el bienestar de los lechones (Baxter *et al.*, 2013).

## **8. Estudio experimental Reprocine**

El pasado mes de Septiembre del 2018, se realizó un estudio experimental sobre un fármaco de asistencia al parto conocido como Reprocine® (Vetoquinol, Madrid, España). El objetivo fue

determinar si el tratamiento experimental acortaba la duración total del parto produciendo un menor número de mortinatos por asfixia y un menor número de bajas a las 72 horas post-parto.

La sustancia activa es una carbetocina y su excipiente es el clorobutanol hemihidrato. La carbetocina es un análogo de octapéptido sintético de la oxitocina y se puede unir al receptor de la oxitocina en el miometrio. Teóricamente, ejerce sus principales efectos fisiológicos y farmacológicos sobre el músculo liso (inducción y aumento de contracciones) de los órganos reproductores. Tiene el mismo efecto que la oxitocina natural: en el útero causa un cambio de contracciones débiles, espontáneas e irregulares a contracciones sincronizadas, regulares, fuertes y dirigidas. También actúa a nivel de los alvéolos y los conductos galactóforos, así como en el esfínter del pezón. Además, su actividad prolongada podría estar asociada con propiedades lipofílicas que causan una vida media más larga en el compartimento receptor (Atke y Vilhardt, 1987).

#### Diseño experimental y manejo de los animales

El estudio se llevó a cabo en una granja de Alcarrás (Lleida) (Pletaporc, grupo Matges) que tiene una capacidad autorizada de 3000 cerdas reproductoras y con colaboración del grupo Vall Companys. Se diferenciaron dos grupos: el grupo control (cerdas impares que no se trataron) y el grupo experimental (cerdas pares que se trataron con el fármaco). Se utilizaron 121 cerdas totales: 65 cerdas pares y 56 cerdas impares, todas ellas son cerdas híbridas de genética PIC (Pig Improvement Company) (Landrace (♀) x Large White(♂) inseminadas con un semen Pietrain) y de todos los ciclos productivos (comprendidos entre el 1º y el 8º) en ambos grupos y de forma aleatoria.

La posología fue de 1 ml/cerda y la vía de administración fue la intramuscular. Se pincharon todas las cerdas pares independientemente de su ciclo productivo. Aquellas cerdas pares, se pincharon tras parir de 1 a 5 lechones vivos y se anotó dicho dato.

Se registró la duración total del parto, el número de nacidos totales, el número de nacidos vivos, el número de nacidos muertos y los lechones vivos a las 72 horas post-parto. Por lo tanto, fue necesario igualar las camadas de los lechones de las cerdas pares (tratadas) con las camadas de las cerdas pares y las camadas de las cerdas impares (no tratadas) con las camadas de las cerdas impares. El objetivo fue poder contabilizar las camadas de ambos grupos a las 72 horas post-parto y conocer a qué grupo se dieron más bajas a las 72 horas post-parto.

Se asistió y monitorizó el parto de todas las cerdas (pares e impares) indistintamente y no se utilizaron otros fármacos durante el parto de las cerdas. Así pues, fue necesario el uso de guantes largos de plástico lubricados con parafina líquida para realizar la palpación vaginal de aquellas cerdas con partos distócicos o cuando la expulsión entre ambos lechones superaba los 30 minutos. A parte de eso, fue necesario crear el "microclima" de los lechones tras el parto mediante el uso de: papel



cortado en cintas situado tras la cerda en el momento del parto, placas calefactoras a 30-35 °C, lámparas a 50 cm de la placa calefactora y sepiolita para secar los lechones en su nacimiento. Las placas calefactoras solo estuvieron a 30-35°C durante la primera semana de vida, después se bajó su temperatura. Se usaron las lámparas durante las primeras 24-72 horas y la mayor parte del papel en viruta fue retirado tras el parto.

Al finalizar el estudio experimental, se realizó un análisis estadístico para determinar si existían diferencias significativas entre ambos grupos mediante el programa JMP versión 14 (SAS Institute, Cary, NC, EEUU).

## Resultados

Los análisis estadísticos concluyeron que existían diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los diferentes grupos (cerdas tratadas con Reprocine y cerdas no tratadas) y que la duración del parto era distinta según el ciclo productivo de las cerdas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la interacción entre el ciclo productivo y el grupo, por lo que la respuesta del tratamiento a la duración del parto fue independiente del ciclo productivo. Por otro lado, la duración del parto fue menor en las cerdas del grupo tratado con Reprocine ( $p < 0,05$ ) (Tabla 7). En relación al ciclo productivo, se observó que las cerdas de 3º ciclo productivo fueron las que tuvieron una duración del parto superior y que las cerdas de 1º y 4º ciclo fueron las que tuvieron un parto más corto, siendo éstas últimas las que presentaron un parto más rápido. La duración del parto para el resto de cerdas de los otros ciclos productivos fue similar ( $p > 0,05$ ). Por otro lado, en relación al porcentaje de nacidos muertos y lechones nacidos totales, no se vieron diferencias significativas entre ambos grupos de cerdas ( $p > 0,05$ ). En el porcentaje de mortalidad de los lechones al tercer día, se vio que existían diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambos grupos de cerdas, siendo el grupo control el que presentó un porcentaje de mortalidad inferior.

Tabla 7: Parámetros productivos de los grupos de cerdas estudiados (Control y Reprocine). EE = error estándar; NS = no significativo ( $P > 0,05$ ); \* =  $P < 0,05$ ; Distinta letra en la misma fila indica diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

	Grupos			Nivel de significación
	Control	Reprocine	EE	
<b>Duración del parto (horas)</b>	2,85a	1,87b	0,15	*
<b>Nacidos totales (nº)</b>	14,76	14,13	0,51	NS
<b>Nacidos muertos (%)</b>	8,11	9,07	1,48	NS
<b>Mortalidad a los 3 días (%)</b>	5,73b	10,58a	1,70	*

Por lo tanto, en el presente estudio, la carbetocina redujo la duración del parto de las cerdas, independientemente de su ciclo productivo. Sin embargo, la mortalidad de los lechones al tercer día posparto fue superior en las camadas de lechones donde las cerdas fueron tratadas con carbetocina. Por otro lado, en este estudio, la carbetocina no influyó en el porcentaje de nacidos muertos ni en el porcentaje de nacidos totales.

### Discusión

Un estudio posterior (Jiarpinitnun *et al.*, 2019) que comparaba entre la la oxitocina y la carbetocina, concluyó que la administración de carbetocina después del nacimiento del primer lechón redujo significativamente la duración del parto (logró una reducción del 33,4%: de 228 a 151 min) y el intervalo de nacimiento de los lechones (especialmente de aquellos con alto peso corporal) (Tabla 8), así como otros estudios anteriores (Gheller *et al.*, 2011; Zaremba *et al.*, 2015). Además, algunos de los índices de vitalidad de los lechones aumentaron y la asistencia requerida en el parto fue menor con la administración de carbetocina. Sin embargo, el porcentaje de lechones nacidos muertos aumentó cuando el intervalo de nacimiento se vio aumentado y esta evidencia fue más pronunciada en las cerdas tratadas con carbetocina (Tabla 8). La razón podría ser que la carbetocina aumenta la amplitud y la frecuencia de la contracción uterina durante un largo período de tiempo, por lo que los lechones que permanecen en el útero durante un período más prolongado podrían experimentar más presión. Además, la proporción de lechones nacidos con tinción de meconio aumentó significativamente cuando se utilizó oxitocina o carbetocina al comienzo del proceso de parto.

Una solución para reducir el efecto nocivo de la carbetocina en el número de lechones nacidos muertos es usar una dosis más baja de carbetocina que la usada en el estudio de Jiarpinitnun *et al.*, (2019), siendo las dosis usadas en este estudio de 75 µg (1,5 ml), 100 µg (2,0 ml) y 125 µg (2,5 ml) en cerdas con un peso corporal de 200, 250 y 300 kg, respectivamente. De igual forma, la influencia de la administración de oxitocina en el número de lechones nacidos muertos por camada fue significativa cuando la dosis de oxitocina fue superior a 30 UI (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2004), mientras que no fue significativa en dosis de 10 UI (Kaeoket,2006).

Tabla 8: Datos reproductivos de las cerdas y de los lechones para los diferentes tratamientos: cerdas que parieron naturalmente (CONTROL) y cerdas tratadas con oxitocina (20 UI / cerda; OXITOCINA ) o carbetocina (0,6 µg / kg; CARBETOCINA) durante el proceso de parto (Jiarpinitnun *et al.*, 2019).

	CONTROL	OXITOCINA	CARBETOCINA	P valor
<b>Número de cerdas</b>	<b>66</b>	<b>62</b>	<b>58</b>	
Longitud de gestación (días)	115,0±0,2	114,9±0,2	114,9±0,2	0,928
Ciclo productivo	4,3±0,3	14,7±0,3	4,8±0,3	0,349
Espesor de grasa dorsal(mm)	15,0±0,4	14,9±0,4	14,9±0,4	0,997
Número de lechones nacidos por camada	14,6±0,3	13,8±0,4	13,7±0,4	0,149
Número de lechones nacidos vivos por camada	12,7±0,4	12,7±0,4	11,6±0,4	0,071
Número de lechones nacidos muertos por camada(%)	7,5±1,1	5,3±1,1	8,7±1,1	0,095
Número de lechones momificados por camada(%)	3,5±0,6	2,4±0,6	3,3±0,6	0,476
Duración del parto(min)	227,7±11,2	180,2±11,5	151,2±11,9	<0,001
Duración del parto por lechón(min)	15,9±1,0	13,8±1,0	11,7±1,0	0,0011
Producción de calostro (kg)	3370±124	3549±128	1398±133	<0,001
<b>Número de lechones</b>	<b>967</b>	<b>850</b>	<b>794</b>	
Intervalo de nacimiento (IN) min	14,1±0,8	12,5±0,9	11,2±1,0	0,063
IN en lechones nacidos con ≤1,35kg (min)	12,0±0,8	9,4±0,9	8,4±0,9	0,006
IN en lechones nacidos con 1,36-1,60kg (min)	15,1±1,2	13,9±1,2	10,6±1,3	0,034
IN en lechones nacidos con >1,60kg (min)	16,4±1,2	15,4±1,2	12,5±1,2	0,067
Lechones con intervalo de nacimiento >30min(%)	14,1	11,3	8,8	0,002
Asistencia al parto (%)	16,5	14,1	11,0	0,004

Por otro lado, los lechones nacidos después de la administración de carbetocina tuvieron una menor ingesta de calostro que los animales tratados con oxitocina. Estos resultados están de acuerdo con Boonraundgrod *et al.* (2018) quienes observaron una reducción en la ingesta de calostro en lechones nacidos después de inducir el parto con carbetocina en combinación con PGF2 $\alpha$  (en comparación con grupos control y PGF2 $\alpha$ ). Dado que la oxitocina está asociada con la bajada de la leche y la carbetocina puede ser capaz de unirse con el receptor de oxitocina, el proceso de bajada de la leche podría verse alterado tras la saturación del receptor de oxitocina. Por lo tanto, la producción de calostro podría verse comprometida por la interrupción del proceso de bajada de la leche. Sin embargo, los factores que afectan el rendimiento de calostro son menos conocidos que los que afectan al rendimiento lechero (Quesnel *et al.*, 2015). Por lo tanto, una dosis baja de carbetocina debe considerarse cuando se usa durante el período de bajada de leche (114 días de gestación hasta las 3 h posparto), periodo de tiempo donde la concentración de sitios de unión a la oxitocina para el tejido mamario aumenta.

En relación a la inducción del parto, los estudios demostraron que el uso de carbetocina en combinación con PGF2 $\alpha$  para la inducción del parto en cerdas redujo la proporción de lechones nacidos muertos por camada (Zaremba *et al.*, 2015). En contraste, Gheller *et al.* (2011) observaron un lechón muerto más por camada cuando se usó carbetocina u oxitocina para la inducción del parto en combinación con PGF2 $\alpha$ . La diferencia entre estos estudios podría deberse a la diferencia entre la supervisión de partos entre las camadas. Por lo tanto, se recomienda la supervisión intensiva del parto y la atención neonatal adecuada que asegure la toma de calostro cuando se usa carbetocina u oxitocina antes o durante el parto en cerdas (Jiarpinitnun *et al.*, 2019).

## 9. Conclusiones

De esta revisión sistemática de la bibliografía sobre los factores no infecciosos que afectan a la supervivencia de los lechones en los primeros días de vida, sus autores concluyen:

- El actual aumento del tamaño de la camada da la posibilidad de destetar más lechones. Sin embargo, la duración del parto y el intervalo de expulsión entre los lechones ha aumentado, provocando más mortinatos y reduciendo la vitalidad de los lechones en el posparto. Se ha visto aumentada la variación del peso al nacer y la prevalencia de lechones con menor tamaño. Las cerdas producen más leche pero llegan antes al pico de la lactación, por lo que hay más dificultades para mantener la producción láctea y más competencia en la ubre, desfavoreciendo a los más débiles.
- Una condición corporal óptima en la cerda puede ayudar al mantenimiento de la lactancia.
- A través de la selección genética pueden mejorarse aspectos de los lechones y de la cerda (por ejemplo: el síndrome del splay leg, la conducta maternal y la ubre) con el fin de crear lechones más resistentes y con mayores posibilidades de supervivencia tras el parto. Sin embargo, muchos de estos factores están influenciados por el ciclo productivo de la cerda al observarse mayor supervivencia postnatal en ciclos productivos comprendidos entre el 2º y el 5º.
- Los primeros y los últimos lechones en el orden de nacimiento presentan un mayor riesgo de mortalidad prenatal y postnatal.
- El vigor parece determinar en mayor medida que el peso al nacer la supervivencia del lechón.
- La supervivencia postnatal tenderá a ser mayor en los lechones de género femenino.
- Las condiciones ambientales y la época de partos pueden influir en la prolificidad de la cerda y en la supervivencia de los lechones. Mientras que las cerdas precisan de una temperatura constante que no supere los 22°C, los lechones deberían albergarse en temperaturas cercanas a los 30°C (sobre todo tras el parto), lo que representa un desafío.
- El alojamiento confinado de la cerda parturiente puede aumentar la tasa de mortinatos. Sin embargo, aunque los sistemas abiertos de alojamiento proporcionan mayor libertad de movimiento y promueven interacciones (cerda-lechón y cerda-cerda) pueden agravar el estrés de la cerda provocando más aplastamientos. Para reducir los aplastamientos, se recomienda el uso de estructuras protectoras para la cerda y calefacción radiante en el área de nido para los lechones.
- En el parto debería proporcionarse sustrato a la cerda para la construcción de nidos y crear un clima adecuado que fomente la comunicación entre la cerda y los lechones cuando

la cerda está activa, evitando situaciones que provoquen miedo y nerviosismo en las cerdas. La vocalización artificial puede aumentar la eficiencia de la lactancia. El momento de la inducción al parto también es importante para la supervivencia postnatal.

- El manejo en el parto y en el postparto inmediato debe centrarse tanto en la cerda como en los lechones (sobre todo en los más débiles) para reducir el riesgo de hipotermia, inanición y consecuente aplastamiento.
- La supervivencia de los lechones tras el parto es un hecho multifactorial y deben considerarse los factores: genéticos, maternos, de los lechones, del ambiente y del manejo (preparto, parto y postparto) para reducir las altas tasas de mortalidad asociadas al actual aumento del tamaño de la camada.

En el estudio experimental sobre los productos farmacológicos para la asistencia del parto:

- El fármaco Reprocine® (carbetocina), aunque redujo la duración del parto, aumentó la mortalidad de los lechones al tercer día postparto. Estos resultados pueden deberse a que la carbetocina puede reducir la producción de calostro en la cerda, por lo que se recomienda reducir la dosis y fomentar la toma de calostro.

## 10. Bibliografía

- Aggarwal, A., Upadhyay, R., 2013. Heat Stress and Animal Productivity. Springer Science & Business Media.
- Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB) Pork 2017. 2016 Pig cost of production in selected countries. Retrieved on 22 May 2018 from <https://pork.ahdb.org.uk/media/274535/2016-pig-cost-of-production-in-selected-countries.pdf>.
- Alexopoulos, J.; Lines, D.S.; Plush, K.J. Nurse sows display altered reproduction in the next gestation. *Anim. Prod. Sci.* 2017, 57, 2445.
- Algers B, Uvnas-Moberg K. Maternal behavior in pigs. *Horm Behav.* 2007; 52(1):78–85. Epub 2007/05/08. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.022> PMID: 17482189.
- Algers, B and Jensen, P., 1991. Teat stimulation and milk production during early lactation in sows: effects of continuous noise. *Canadian Journal of Animal Science* 71: 51-60.
- Algers, B., 1994. Health, behaviour and welfare of outdoor pigs. *Pig News Information* 15: 113-115.
- Alonso-Spilsbury, M. L., D. Mota-Rojas, J. Martínez-Burnes, E. Arch, A. L. Mayagoitia, R. Ramírez-Necoechea, A. Olmos, and M. E. Trujillo. 2004. Use of oxytocin in penned sows and its effect on fetal intra-partum asphyxia. *Anim. Reprod. Sci.* 84:157–167.
- Alonso-Spilsbury, M., Mota-Rojas, D., Villanueva-García, D., Martínez-Burnes, J., Orozco, H., Ramírez-Necoechea, R., López-Mayagoitia, A., Trujillo-Ortega, M.E., 2005. Perinatal asphyxia pathophysiology in pig and human: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 90, 1-30.
- Amass, S. F., and A. Baysinger. 2006. Swine disease transmission and prevention. In: B. E. Straw, J. J. Zimmerman, S. D’Allaire, and D. J. Taylor, editors, *Diseases of swine*, 9th ed. Blackwell, Ames, IA. p. 1075–1098.
- Amdí, C.; Moustsen, V.A.; Oxholm, L.C.; Baxter, E.M.; Sørensen, G.; Eriksson, K.B.; Diness, L.H.; Nielsen, M.F.; Hansen, C.F. Comparable cortisol, heart rate and milk let-down in nurse sows and non-nurse sows. *Livest. Sci.* 2017, 198, 174–181.
- Andersen IL, Berg S, Bøe KE. Crushing of piglets by the mother sow (*Sus scrofa*)—purely accidental or a poor mother? *Applied Animal Behaviour Science.* 2005; 93(3):229–43. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.015>.

- Andersen IL, Nævdal E and Bøe KE 2011. Maternal investment, sibling competition, and offspring survival with increasing litter size and parity in pigs (*Sus scrofa*). *Behavioural Ecology and Sociobiology* 65, 1159–1167.
- Andersen, I. L., G. M. Tajet, I. A. Haukvik, S. Kongsrud, and K. E. Bøe. 2007. Relationship between postnatal piglet mortality, environmental factors and management around farrowing in herds with loose-housed, lactating sows. *Acta Agric. Scand., Sect. A* 57:38–45.
- Andersen, I. L., I. A. Haukvik, and K. E. Bøe. 2009. Drying and warming immediately after birth may reduce piglet mortality in loose-housed sows. *Animal* 3:592–597.
- Atke A, Vilhardt H. Uterotonic activity and myometrial receptor affinity of 1-deamino-1-carba-2-tyrosine(O-methyl)-oxytocin. *Acta Endocrinol (Copenh)* 1987;115:155–60.
- Auldish, D.E., Morrish, L., Eason, P. And King, R.H.,1998. The influence of litter size on milk production of sows. *Animal Science* 67:333-337.
- Baer, C.; Bilkei, G. Ultrasonographic and gross pathological findings in the mammary glands of weaned sows having suffered recidiving mastitis metritisagalactia. *Reprod. Domest. Anim.* 2005, 40, 544–547.
- Balzani, A.; Cordell, H.J.; Edwards, S.A. Relationship of sow udder morphology with piglet suckling behavior and teat access. *Theriogenology* 2016, 86, 1913–1920.
- Bandrick, M.; Pieters, M.; Pijoan, C.; Baidoo, S.K.; Molitor, T.W. Effect of cross-fostering on transfer of maternal immunity to mycoplasma hyopneumoniae to piglets. *Vet. Rec.* 2011, 168, 100.
- Basset J.M., Bray C.J., Sharpe C.E. (2001). Reproductive seasonality in domestic sows kept outdoors without boars. *Reproduction*, 121: 613–629.
- Baxter EM, Adeleye OO, Jack MC, Farish M, Ison SH and Edwards SA 2015. Achieving optimum performance in a loose-housed farrowing system for sows: the effects of space and temperature. *Applied Animal Behaviour Science* 169, 9–16.
- Baxter EM, Rutherford KMD, D'Eath RB, Arnott G, Turner SP, Sandøe P, Moustsen VA, Thorup F, Edwards SA and Lawrence AB 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: management factors. *Animal Welfare* 22, 219–238.
- Baxter, E. M., S. Jarvis, L. Sherwood, S. K. Robson, E. Ormandy, M. Farish, K. M. Smurthwaite, R. Roehe, A. B. Lawrence, and S. A. Edwards. 2009. Indicators of piglet survival in an outdoor farrowing system. *Livest. Sci.* 124:266–276
- Baxter, E.M., Jarvis, S., D'Eath, R.B., Ross, D.W., Robson, S.K., Farish, M., Nevison, I.M., Lawrence, A.B., Edwards, S.A., 2008. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. *Theriogenology* 69, 773–783.
- Baxter, E.M.; Jarvis, S.; Palarea-Albaladejo, J.; Edwards, S.A. The weaker sex? The propensity for male-biased piglet mortality. *Public Libr. Sci.* 2012, 7, e30318.
- Beaulieu, A.D., Aalhus, J.L., Williams, N.H., 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. *J. Anim. Sci.* 88, 2767–2778.
- Berbigier, P., J. Le Dividich, and A. Kobilinsky. 1978. Echanges thermiques chez le porcelet nouveau-né: Application de la méthode du bilan d'énergie. (In French.) *Ann. Zootech.* 27:181–194.
- Bereskin, B.; Shelby, C.E.; Cox, D.F. Some factors affecting pig survival. *J. Anim. Sci.* 1973, 36, 821–827.
- Berg, S., I. L. Andersen, G. M. Tajet, I. A. Haukvik, S. Kongsrud, and K. E. Bøe. 2006. Piglet use of the creep area and piglet mortality Effects of closing the piglets inside the creep area during sow feeding time in pens for individually loose-housed sows. *Anim. Sci.* 82:1–5.

- Biensen, N.J., Wilson, M.E. and Ford, S.P., 1998. The impact of either a Meishan or Yorkshire uterus on Meishan or Yorkshire fetal and placental development to days 70,90 and 110 of gestation. *Journal of Animal Science* 76: 2169-2176.
- Bierhals, T.; Magnabosco, D.; Ribeiro, R.R.; Perin, J.; da Cruz, R.A.; Bernardi, M.L.; Wentz, I.; Bortolozzo, F.P. Influence of pig weight classification at cross-fostering on the performance of the primiparous sow and the adopted litter. *Livest. Sci.* 2012, 146, 115–122.
- Bilkei, G., A. Bölcskei, and E. Clavadetscher. 1995. Der Einfluß verschiedener praxisreifer zootechnischer Maßnahmen auf das Auftreten des MMA-Komplexes. (In German.) *Prakt. Tierarzt* 76:42–44, 47–50.
- Björkman, S., Oliviero, C., Rajala-Schultz, P. J., Soede, N.M., Peltoniemi, O.A.T., 2017. The effect of litter size, parity, farrowing duration on placenta expulsion and retention in sows. *Theriogenology* 92, 36–44.
- Bloemhof S, Mathur PK, Knol EF, van der Waaij EH. 2013. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. *Journal of Animal Science* 91, 2667–2679.
- Bloemhof S., van der Waaij E.H., Merks J.W.M., Knol E.F. 2008. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. *J. Anim. Sci.*, 86: 3330–3337.
- Boonraungrod N, Sutthiya N, Kumwan P, Tossakui P, Nuntapaitoon M, Muns R, Tummaruk P. Control of parturition in swine using PGF<sub>2</sub>α in combination with carbetocin. *Livest Sci* 2018;214:1–8.
- Borges, M.G. 2013. Vocalização de suínos em grupo sob diferentes condições térmicas. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 91 p.
- Borges, V. F., M. L. Bernadi, F. P. Bortolozzo, and I. Wentz. 2005. Risk factors for stillbirth and foetal mummification in four Brazilian swine herds. *Prev. Vet. Med.* 70:165–176.
- Bostedt, H., and P. R. Rudloff. 1983. Prophylactic administration of the beta-blocker carazolol to influence the duration of parturition in sows. *Theriogenology* 20:191–196.
- Bourjade M, Moulinot M, Henry S, Richard-Yris MA and Hausberger M 2008. Could adults be used to improve social skills of young horses, *Equus caballus*? *Developmental Psychobiology* 50, 408–417.
- Bourne, F.J., Newby, T.J., and Chidlow, J.W., 1975. The influence of route of vaccination on the systemic and local immune response in the pig. *Research in Veterinary Science*, 18, 244–248.
- Bracken C.J., Lamberson W.R., Safranski T.J., Lucy M.C. 2003. Factors affecting follicular populations on day 3 postweaning and interval to ovulation in a commercial sow herd. *Theriogenology*, 60: 11–20.
- Burri M, Wechsler B, Gygax L, Weber R. Influence of straw length, sow behaviour and room temperature on the incidence of dangerous situations for piglets in a loose farrowing system. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009; 117(3):181–9. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.12.005>.
- Bussi eres, D., 2013. Impact of gilt breeding condition on lifetime productivity and performance. Benchmark 8 the edition, PigCHAMP and Benchmark. farms.Com, Ames, IA, USA. Available at:[http://benchmark.farms.com/2013\\_Impact\\_of\\_gilt\\_breeding.html](http://benchmark.farms.com/2013_Impact_of_gilt_breeding.html).
- Cabell, S.B. and Esbenshade, K.L., 1990. Effect of feeding thyrotropin-releasing hormone to lactating sows. *Journal of Animal Science* 68: 4292-4302.
- Cabrera, R.A.; Lin, X.; Campbell, J.M.; Moeser, A.J.; Odle, J. Influence of birth order, birth weight, colostrum and serum immunoglobulin g on neonatal piglet survival. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2012, 3, 42.
- Canario, L., Cantoni, E., Le Bihan, E., Caritez, J.C., Billon, Y., Bidanel, J.P. and Foulley, J.L., 2006. Between-breed variability of stillbirth and its relationship with sow and piglet characteristics. *Journal of Animal Science* 84: 3185-3196.
- Chalkias, H., Rydhmer, L. And Lundeheim, N., 2013. Genetic analysis of functional and non-functional teats in a population of Yorkshire pigs. *Livestock Science* 152:127-134.
- Chaloupková H, Illmann G, Bartoř L and Spinka M 2007. The effect of pre-weaning housing on the play and agonistic behaviour of domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 103, 25–34.

- Chen, C., Gilbert, C.L., Yang, G., Guo, Y., Segonds-Pichon, A., Ma, J., Evans, G., Brenig, B., Sargent, C., Affara, N. And Huang, L., 2007. Maternal infanticide in sows: Incidence and behavioural comparisons between savaging and non-savaging sows in parturition. *Applied Animal Behaviour Science* 109: 238-248.
- Chidgey KL, Morel PC, Stafford KJ and Barugh IW 2017. Sow and piglet behavioural associations in farrowing pens with temporary crating and in farrowing crates. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 20, 91–101.
- Christison, G. I., I. I. Wenger, and M. E. Follensbee. 1997. Teat seeking success of newborn piglets after drying or warming. *Can. J. Anim. Sci.* 77:317–319.
- Clowes, E.J., Aherne, F.X, Foxcroft, G.R., Baracos, V.E. 2003. Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. *J Anim Sci.* Mar;81(3):753-64.
- Cools, A., Maes, D., Decaluwé, R., Buyse, J., van Kempen, T. A. T. G., Liesegang, A., & Janssens, G. P. J. (2014). Ad libitum feeding during the peripartal period affects body condition, reproduction results and metabolism of sows. *Animal Reproduction Science*, 145(3-4), 130–140.
- Cowart, R. P. 2007. Parturition and dystocia in swine. In: R. S. Youngquist and W. R. Threlfall, editors, *Current therapy in large animal theriogenology*, 2nd ed. Saunders, St. Louis, MI. p. 778–784.
- Cranwell, P.D., 1995. Development of the neonatal gut. In: Varley, M.A. (ed.) *The neonatal pig development and survival*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 99-154.
- Cronin, G. M., and J. A. Smith. 1992. Effects of accommodation type and straw bedding around parturition and during lactation on the behaviour of primiparous sows and survival and growth of piglets to weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 33:191–208.
- Curley JP y Champagne FA 2016. Influence of maternal care on the developing brain: mechanisms, temporal dynamics and sensitive periods. *Frontiers in Neuroendocrinology* 40, 52–66.
- Curtis, S.E., 1970. Environmental-thermoregulatory interactions and neonatal piglet survival. *Journal of Animal Science* 31:576-587
- Cutler, R. S., A. F. Fahy, G. M. Cronin, and E. M. Spicer. 2006. Preweaning mortality. In: B. E. Straw, J. J. Zimmerman, S. D’Allaire, and D. J. Taylor, editors, *Diseases of swine*, 9th ed. Blackwell, Ames, IA. p. 993–1009.
- Dagorn J, Aumaitre A. Sow culling: Reasons for and effect on productivity. *Livestock Production Science*. 1979; 6(2):167–77. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(79\)90018-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(79)90018-6).
- Damgaard, L.H., Rydhmer, L., Lovendahl, P. And Grandinson, K., 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. *Journal of Animal Science* 81: 604- 610.
- Damm, B. I., B. Forkman, and L. J. Pedersen. 2005a. Lying down and rolling behaviour in sows in relation to piglet crushing. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 90:3–20.
- Damm, B.I., Pedersen, L.J., Heiskanen, T. And Nielsen, N.P., 2005. Long-stemmed straw as an additional nesting material in modified Schimid pens in a commercial breeding unit: effects on sow behavior, and on piglet mortality and growth. *Applied Animal Behavior Science* 92:45-60.
- David, J.C., Landry, J., and Grongnet, J.F., 2000. Perinatal expression of heat-shock protein 27 in brain regions and nonneural tissues of the piglet. *Journal of Molecular Neuroscience: MN*, 15, 109–120
- De Passillé, A.M.B. and Rushen, J., 1989. Suckling and teat disputes by neonatal piglets. *Applied Animal Behaviour Science* 22: 23-38.
- De Passillé, A.M.B., Rushen, J. And Harstock, T.G., 1988. Ontogeny of teat fidelity in pigs and its relation to competition at suckling. *Canadian Journal of Animal Science* 68: 325-338.
- De Rensis, F., Saleri, R., Tummaruk, P., Techakumphu, M., & Kirkwood, R. N. (2012). Prostaglandin F2 $\alpha$  and control of reproduction in female swine: A review. *Theriogenology*, 77(1), 1–11. doi:10.1016/j.theriogenology.2011.07.035



- de Souza Granja Barros, J., Rossi, L.A., and Menezes de Souza, Z., 2017. PID temperature controller in pig nursery: spatial characterization of thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 8, 1- 9
- Decaluwé, R., Maes, D., Wuyts, B., Cools, A., Piepers, S. and Janssens, G. P. J. (2014). Piglets' colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning. *Livest. Sci*162:185-192 5, 1605–1612.
- Deen, M.G.H.; Bilkei, G. Cross fostering of low-birthweight piglets. *Livest. Prod. Sci.* 2004, 90, 279–284.
- Devillers, N., Farmer, C., Le Dividich, J. And Prunier, A., 2007. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. *Animal* 1: 1033-1041.
- Devillers, N., Van Milgen, J., Prunier, A and Le Dividich, J., 2004. Estimation of colostrum intake in the neonatal pig. *Animal Science* 78: 305-313.
- Devillers, N.; Le Dividich, J.; Prunier, A. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal* 2011, 5, 1605–1612.
- Donovan, T.S.; Dritz, S.S. Effect of split nursing on variation in pig growth from birth to weaning. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2000, 217, 79–81
- Douglas SL, Edwards SA, Sutcliffe E, Knap PW and Kyriazakis I 2013. Identification of risk factors associated with poor lifetime growth performance in pigs. *Journal of Animal Science* 91, 4123–4132.
- Dourmad, J.Y., Quiniou, N., Heugebaert, S., Paboeuf, F. And Ngo, T.T., 2012. Effect of parity and number of suckling piglets on milk production of sows. *Proceedings of the EAAP-63 rd annual meeting*. Bratislava, Slovakia, 44 pp.
- Dubreuil, P., Pelletier, G., Petitclerc, D., Lapiere, H., Couture, Y., Gaudreau, P., Morisset, J. And Brazeau, P., 1990. Influence of growth hormone-releasing factor and (or) thyrotropin-releasing factor on sows blood components, milk composition and piglet performance. *Canadian Journal of Animal Science* 70: 821-832.
- Dunshie, F.R. Sexual dimorphism in growth of sucking and growing pigs. *Australas. J. Anim. Sci.* 2001, 14, 1610–1615.
- Dusza, L., Sobczak, J., Jana, B., Murdza, A and Bluj, W., 1991. Zastosowanie biolactinu-2 (pczyszczona prolaktyna swini) do stymulacji laktacji u lock. *Medycyna Weter* 47: 418-421.
- Duzinski K, Knecht D, Gajewczyk P. Effect of oxytocin treatment on the reproductive performance of sows after artificial insemination with liquid semen. *Turk J Vet Anim Sci* 2013;37:575–81.
- Duziński, K., Knecht, D., & Środoń, S. (2014). The use of oxytocin in liquid semen doses to reduce seasonal fluctuations in the reproductive performance of sows and improve litter parameters—a 2-year study. *Theriogenology*, 81(6), 780–786. doi:10.1016/j.theriogenology.2014.01.003
- Edwards, S.A., 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livest. Prod. Sci.* 78, 3–12.
- English, P.R, Smith, W.J. and MacLean, A., 1977. *The sow- improving her efficiency*. Farming Press Limited, Ipswich, UK.
- English, P.R. and Edwards, S.A, 1996. Management of the nursing sow and her litter. In: Taverner, M.R. and Dunkin, A.C. (eds.) *Pig Production: C10 (World Animal Science)*. Elsevier Health Sciences, Oxford, UK, pp.113-140.
- Fangman, T. J., and S. F. Amass. 2007. Postpartum care of the sow and neonates. In: R. S. Youngquist and W. R. Threlfall, editors, *Current therapy in large animal theriogenology*, 2nd ed. Saunders, St. Louis, MI. p. 784–788.
- Farmer, C. (2015). *The gestating and lactating sow*. Wageningen Wageningen Academic
- Farmer, C., & Quesnel, H. (2009). Nutritional, hormonal and environmental effects on colostrum in sows. *Journal of Animal Science*, 87, 56–64.
- Farmer, C., Petitclerc, D., Pelletier, G. And Brazeau, P., 1992. Lactation performance of sows injected with growth hormone-releasing factor during gestation and (or) lactation. *Journal of Animal Science* 70: 2636-2642.
- Farmer, C., Robert, S. And Rushen, J., 1998. Bromocriptine given orally to periparturient or lactating sows inhibits milk production. *Journal of Animal Science* 76: 750-757.

Farmer, C., Sorensen, M.T., Robert, S. And Petitclerc, D., 1999. Administering exogenous porcine prolactin to lactating sows: milk yield, mammary gland composition, and endocrine and behavioral responses. *Journal of Animal Science* 77: 1851-1859.

Farmer, C.; Amezcua, M.; Bruckmaier, R.; Wellnitz, O.; Friendship, R. Does duration of teat use in first parity affect milk yield and mammary gene expression in second parity? *J. Anim. Sci.* 2017, 95, 681–687

Farmer, C.; Palin, M.-F.; Theil, P.K.; Sorensen, M.T.; Devillers, N. Milk production in sows from a teat in second parity is influenced by whether it was suckled in first parity. *J. Anim. Sci.* 2012, 90, 3743–3751.

Ferrari, C.V.; Sbardella, P.E.; Bernardi, M.L.; Coutinho, M.L.; Vaz, I.S., Jr.; Wentz, I.; Bortolozzo, F.P. Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. *Prev. Vet. Med.* 2014, 114, 259–266.

Foisnet, A., Farmer, C., David, C., & Quesnel, H. (2010). Relationship between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. *Journal of Animal Science*, 8, 1672–1683.

Foisnet, A., Farmer, C., David, C., & Quesnel, H. (2011). Farrowing induction induced transient alterations in prolactin concentrations and colostrum composition in primiparous sows. *Journal of Animal Science*, 89, 3048–3059.

Foxcroft, G.R., Dixon, W.T., Novak, S., Putman, C.T., Town, S.C. and Vinsky, M.D.A., 2006. The biological basis for prenatal programming of postnatal performance in pigs. *Journal of Animal Science* 84: E105 - E112.

Fraser, D y Rushen, J. 1991. Colostrum intake by newborn piglets. *J Anim Sci* 2: 1-13.

Gheller NB, Gava D, Santi M, Mores TJ, Bernardi ML, de Barcellos DES, Wentz I, Bortolozzo FP. Indução de partos em suínos: uso de cloprostenol associado com ocitocina ou carbetocina. [Farrowing induction in swine: use of cloprostenol associated with oxytocin or carbetocin]. *Cienc Rural* 2011;41:1272–7 (in Portuguese).

Gibson S, Tempelman RJ, Kirkwood RN. Effect of oxytocin-supplemented semen on fertility of sows bred by intrauterine insemination. *J Swine Health Prod* 2004;12:182–5.

Gill, P. 2007. Nutritional management of the gilt for lifetime productivity – feeding for fitness or fatness? In: London Swine Conference, 2007, London, ON. London, ON: Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.

González-Lozano, M., M. E. Trujillo-Ortega, M. Becerril-Herrera, M. Alonso-Spilsbury, A. M. Rosales-Torres, and D. Mota-Rojas. 2010. Uterine activity and fetal electronic monitoring in parturient sows treated with vetrabutin chlorhydrate. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 33:28–34.

González-Lozano, M., Mota-Rojas, D., Velázquez-Armenta, E.Y., Nava-Ocampo, A.A., Hernández-González, R., Becerril-Herrera, M., Trujillo-Ortega, M.E., Alonso-Spilsbury, M., 2009. Obstetric and fetal outcomes in dystocic and eutocic sows to an injection of exogenous oxytocin during farrowing. *Can. Vet. J.* 50, 1273-1277.

Gu, Z., Gao, Y., Lin, B., Zhong, Z., Liu, Z., Wang, C. Y Li, B., 2011. Impacts of freedom farrowing pen design on sow behaviours and performance. *Preventive Veterinary Medicine* 102: 296-303.

Guo, Z., Lv, L., Liu, D., & Fu, B. (2018). Effects of heat stress on piglet production/performance parameters. *Tropical Animal Health and Production*, 50(6), 1203–1208. doi:10.1007/s11250-018-1633-4

Hagan, J. K., & Etim, N. N. (2018). The effects of breed, season and parity on the reproductive performance of pigs reared under hot and humid environments. *Tropical Animal Health and Production*. doi:10.1007/s11250-018-1705-5

Hales J, Moustsen VA, Nielsen MBF and Hansen CF 2016. The effect of temporary confinement of hyperprolific sows in sow welfare and piglet protection pens on sow behaviour and salivary cortisol concentrations. *Applied Animal Behaviour Science* 183, 19–27.

Hales, J., Moustsen, V.A., Nielsen, M.B.F. and Hansen, C.F., 2013. Individual physical characteristics of neonatal piglets affect preweaning survival of piglets born in a noncrated system. *Journal of Animal Science* 91: 4991-5003.

Hansen P.J., Drost M., Rivera R.M., Paula-Lopes F.F., Al-Katanani Y.M., Krininger III C.E., Chase C.C. (2001). Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology*, 55: 91–103

- Hansen, A.V., Strathe, A.B., Kebreab, E., France, J. And Theil, P.K., 2012. Predicting milk yield and composition in lactating sows: a Bayesian approach. *Journal of Animal Science* 90: 2285-2298.
- Harkins, M., Boyd, R.D. and Bauman, D.E., 1989. Effects of recombinant porcine somatotropin on lactational performance and metabolite patterns in sows and growth of nursing pigs. *Journal of Animal Science* 67: 1997-2008.
- Harris MJ and Gonyou HW 1998. Increasing available space in a farrowing crate does not facilitate postural changes or maternal responses in gilts. *Applied Animal Behaviour Science* 59, 285–296.
- Heim G, Mellagi APG, Bierhals T, de Souza LP, de Fries HCC, Piuco P, Seidel E, Bernardi ML, Wentz I and Bortolozzo FP 2012. Effects of cross-fostering within 24h after birth on pre-weaning behaviour, growth performance and survival rate of biological and adopted piglets. *Livestock Science* 150, 121–127.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., Cronin, G.M. and Spicer, E.M., 1995. Human care and the neonatal pig. In: Varley, M.A. (ed.) *The neonatal pig. Development and survival*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 313-331.
- Hemsworth, P.H., Pedersen, V., Cox, M., Cronin, G.M. and Coleman, G.J., 1999. A note on the relationship between the behavioral response of lactating sows to humans and survival of piglets. *Applied Animal Behavior Science* 65: 43-52.
- Herpin, P. and Le Dividich, J., 1995. Thermoregulation and the Environment. In: Varley, M.A. (ed.) *The neonatal pig. Development and survival*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 57-95.
- Herpin, P., J. Le Dividich, J. C. Hulin, M. Fillaut, F. De Marco, and R. Bertin. 1996. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 74:2067–2075.
- Herpin, P., Le Dividich, J., Berthon, D. And Hulin, J.C., 1994. Assessment of thermoregulatory and postprandial thermogenesis over the first 24 hours after birth in pigs. *Experimental Physiology* 79: 1011-1019.
- Herpin, P., M. Damon, and J. Le Dividich. 2002. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 78:25–45.
- Herskin, M.S., Jensen, K.H. and Thodberg, K., 1998. Influence of environmental stimuli on maternal behavior related to bonding, reactivity and crushing of piglets in domestic sows. *Applied Animal Behavior Science* 58:241-254.
- Hoving, L. L., Soede, N. M., Graat, E. A. M., Feitsma, H., & 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), 82– 89. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.07.009>
- Hoy, S., C. Lutter, B. Puppe, and M. Wähler. 1995. Zum Einfluß endogener und exogener Faktoren auf den Verlauf der Rektaltemperatur von Ferkeln post natum. (In German.) *Prakt. Tierarzt* 3:238–240, 243–249.
- Hrupka, B.J., Leibbrandt, V.D., Crenshaw, T.D. and Benevenga, N.J., 2000. Effect of sensory stimuli on huddling behavior of pigs. *Journal of Animal Science* 78: 592-596.
- Hughes, P. A., Wiseman, J., Varley, M. A., Kemp, B., & Varley, M. A. ( 2003). Lifetime performance of the sow. In J. Wiseman, M. A. Varley & B. Kemp (Eds.), *Perspectives in pig science* (pp. 333– 355). Nottingham, UK: Nottingham University Press.
- Hughes, P. E. 1992. Postnatal care in pigs. In: M. A. Varley, P. E. V. Williams, and T. L. J. Lawrence, editors, *Neonatal survival and growth*. BSAS Occasional Publication No 15. British Society for Animal Science, Penicuik, UK. p. 149–161.
- Hurley WL 2015. Composition of sow colostrum and milk. In *The gestating and lactating sow* (ed. C Farmer), pp. 193–229. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Huser, J.S.; Plush, K.J.; Pitchford, W.S.; Kennett, T.E.; Lines, D.S. Neonatal split suckling improves survival of small piglets. *Anim. Prod. Sci.* 2015, 55, 1477.

Huting, A.M.S.; Almond, K.; Wellock, I.; Kyriazakis, I. What is good for small piglets might not be good for big piglets: The consequences of cross-fostering and creep feed provision on performance to slaughter. *J. Anim. Sci.* 2017, 95, 4926–4944.

Illmann G, Pokorna, Z y Spinka M. 2005. Nursing synchronization and milk ejection failure as maternal strategies to reduce allosuckling in pair-housed sows (*Sus scrofa domestica*). *Ethology* 111: 652-668.

Islas-Fabila, P., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Mora-Medina, P., González-Lozano, M., Roldan-Santiago, P., Greenwell-Bear, V., González-Hernández, M., Vega-Manríquez, X, Orozco-Gregorio, H. (2018). Physiological and metabolic responses in newborn piglets associated with the birth order. *Animal Reproduction Science*. doi:10.1016/j.anireprosci.2018.08.037

Jackson, J. R., Hurley, W. L., Easter, R. A., Jensen, A. H., & Odle, J. (1995). Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. *Journal of Animal Science*, 73, 1906–1913.

Jackson, P. G. G. 1975. The incidence of stillbirth in cases of dystocia in sows. *Vet. Rec.* 97:411–412.

Janczack, A.M., Pedersen, L.J. and Bakken, M., 2003. Aggression, fearfulness and coping styles in female pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 81: 13-28.

Jarvis J., Reed B.T., Lawrence A.B., Calvert S.K. y Stevenson, J., 2004. Peri-natal environmental effects on maternal behaviour, pituitary and adrenal activation, and the progress of parturition in the primiparous sow. *Animal Welfare* 13: 171-181.

Jarvis, S.; D'Eath, R.B.; Fujita, K. Consistency of piglet crushing by sows. *Anim. Welf.* 2005, 14, 43–51.

Jensen P. Nest building in domestic sows: the role of external stimuli. *Animal Behaviour*. 1993; 45 (2):351–8. <https://doi.org/10.1006/anbe.1993.1040>.

Jensen P. Observations on the maternal behaviour of free-ranging domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science*. 1986; 16(2):131–42. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(86\)90105-X](https://doi.org/10.1016/0168-1591(86)90105-X).

Jarpinitnun, P., Loyawatananan, S., Sangratkanjanasin, P., Kompong, K., Nuntapaitoon, M., Muns, R., De Rensis, F., Tummaruk, P. (2019). Administration of carbetocin after the first piglet was born reduced farrowing duration but compromised colostrum intake in newborn piglets. *Theriogenology*. doi:10.1016/j.theriogenology.2019.01.021

Johnson, R.W. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: An integrated view. *J. Anim. Sci.* 1997, 75, 1244–1255.

Johnston, L.J., Ellis, M., Libal, G.W., Mayrose, V.B., and Weldon, W.C., 1999. Effect of room temperature and dietary amino acid concentration on performance of lactating sows. NCR-89 Committee on Swine Management. *Journal of Animal Science*, 77, 1638–1644

Jonas, E.; Schreinemachers, H.J.; Kleinwächter, T.; Ün, C.; Oltmanns, I.; Tetzlaff, S.; Jennen, D.; Tesfaye, D.; Ponsuksili, S.; Murani, E. QTL for the heritable inverted teat defect in pigs. *Mamm. Genome* 2008, 19, 127–138.

Kaeoket K. The effect of dose and route of administration of R-cloprostenol on the parturient response of sows. *Reprod Domest Anim* 2006;41:472–76.

Kemp, B. Y Soede, N.M., 2012. Reproductive issues in welfare-friendly housing systems in pig husbandry: a review. *Reproduction in Domestic Animal* 47 (5): 51-57.

Kielland, C., Rootwelt, V., Reksen, O., and Framstad, T., 2015. The association between immunoglobulin G in sow colostrum and piglet plasma. *Journal of Animal Science*, 93, 4453–4462.

Kim, S.W., Hurley, W.L., Wu, G. And Ji, F., 2009. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation. *Journal of Animal Science* 87: E 123- E 132.

King, R.H., Mullan, B.P., Dunshea, F.R. and Dove, H., 1997. The influence of piglet body weight on milk production of sows. *Livestock Production Science* 47:169-174.

King Ori, A.M. The pre-weaning piglet: Colostrum and milk intake: A review. *J. Anim. Prod. Adv.* 2012, 2, 277–283.

Kirkden, R. D., Broom, D. M., & Andersen, I. L. (2013). INVITED REVIEW: Piglet mortality: Management solutions. *Journal of Animal Science*, 91(7), 3361–3389. doi:10.2527/jas.2012-5637

- Kitkha, S., Boonsoongnern, A., Ratanavanichrojn, N., Jirawattanapong, P., Pinyopummin, A., 2017. Effects of the higher parity and litter size on piglet birth weight and survival rate of later born piglets. *Thai J. Vet. Med.* 47, 79-86.
- Knecht, D. and Duziński, K. (2014). The effect of parity and date of service on the reproductive performance of Polish Large white X Polish Landrace (PLW X PL) crossbred sows. *Ann. Anim. Sci.*, Vol. 14, No. 1: 69–79
- Knecht, D., Srodoń, S. and Duziński, K. (2015). The impact of season, parity and breed on selected reproductive performance parameters of sows. *Arch. Anim. Breed.*, 58, 49–56.
- Knecht, D., Srodoń, S., Szulc, K., and Duziński, K. (2013). The effect of photoperiod on selected parameters of boar semen, *Livest. Sci.*, 157, 364–371.
- Knol, E.F., Ducro, B.J., Van Arendonk, J.A.M and Van der Lende, T., 2002a. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing, pre-weaning and total piglet survival. *Livestock Production Science* 73: 153-164.
- Kumaresan P, Anderson RR, Turner CW. Effect of litter size upon milk yield and litter weight gains in rats. *Revue de tuberculose et de pneumologie.* 1966; 30(12):41–5. Epub 1966/12/01. PMID: 6011133.
- Kummer, R., Bernardi, M.L., Schenkel, A.C., Amaral Filha, W.S., Wentz, I. And Bortolozzo, F.P., 2009. Reproductive performance of gilts with similar age but with different growth rate at the onset of puberty stimulation. *Reproduction of Domestic Animals* 44:255-259.
- Kutzer T, Bünger B, Kjaer JB and Schrader L 2009. Effects of early contact between non-littermate piglets and of the complexity of farrowing conditions on social behaviour and weight gain. *Applied Animal Behaviour Science* 121, 16–24.
- Lack D. The Significance of Clutch-size. *Ibis.* 1947; 89(2):302–52. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1947.tb04155.x>
- Langendijk P, Bouwman EG, Schams D, Soede NM, Kemp B. Effects of different sexual stimuli on oxytocin release, uterine activity and receptive behavior in estrous sows. *Theriogenology* 2003;59: 849–61.
- Larsen MLV, Thodberg K and Pedersen LJ 2017. Radiant heat increases piglets' use of the heated creep area on the critical days after birth. *Livestock Science* 201, 74–77.
- Lawlor, P. G., and P. B. Lynch. 2005. Management interventions to help keep piglets alive in large litters. *Ir. Vet. J.* 58:640–645.
- Lawrence, A.B., Petherick, J.C., Mclean, K.A., Deans, L.A., Chirnside, J., Vaughan, A., Clutton, E. And Terlouw, E.M.C., 1994. The effect of environment on behavior, plasma-cortisol and prolactin in parturient sows. *Applied Animal Behavior Science* 39:313-330.
- Le Dividich, J., Charneq, R., Thomas, F., 2017. Relationship between birth order, birth weight, colostrum intake, acquisition of passive immunity and pre-weaning mortality of piglets. *Span. J. Agric. Res.* 15, e0603.
- Lee, G.J. and Haley, CS. (1995) Comparative farrowing to weaning performance in Meishan and Large White pigs and their crosses (submitted).
- Lensink, B.J., Leruste, H., LeRoux, T. And Bizeray-Filoché, D., 2009. Relationship between the behavior of sows at 6 months old and the behavior and performance at farrowing. *Animal* 3: 128-134.
- Lewis, C. R. G. y Bunter, K. L. (2011). Body development in sows, feed intake and maternal capacity. Part 2: gilt body condition before and after lactation, reproductive performance and correlations with lactation feed intake (2011). *Animal* 5:12, pp 1855–1867. doi:10.1017/S1751731111001133
- Li, Y.Z.; Anderson, J.E.; Johnston, L.J. Animal-related factors associated with piglet mortality in a bedded, group-farrowing system. *Can. J. Anim. Sci.* 2012, 92, 11–20.
- Li, Y.Z.; Gonyou, H.W. Comparison of management options for sows kept in pens with electronic feeding stations. *Can. J. Anim. Sci.* 2013, 93, 445–452.
- Lines, D.S. Split Suckling to Improve Colostrum Ingestion, Survival and Performance of Gilt Progeny; APL Project 2014/490; Australian Pork Limited: Barton, Australia, 2015.
- Loisel, F., Farmer, C., Ramaekers, P. And Quesnel, H., 2013. Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production and piglet performance. *Journal of Animal Science* 91: 5269-5279.

- Lontoc, C.A.A., Punay, L.C.L., Cajano, P.J., and Vega, R.S.A., 2016. Comparative performance of sows housed with and without evaporative cooling system at temperature humidity index of 73-83. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 42, 77–84.
- Love, R.J., Evans, G. & Klupiec, C., 1993. Seasonal effects on fertility in gilts and sows. *J. Reprod. Fertil. (Suppl.)* 48, 191–206.
- Maak S, Boettcher D, Tetens J, Wensch-Dorendorf M, Nürnberg G, Wimmers K, Swalve HH, Thaller G (2009) Identification of candidate genes for congenital splay leg in piglets by alternative analysis of DNA microarray data. *Int J Biol Sci* 5(4):3317
- Machado, A. P., Otto, M. A., Bernardi, M. L., Wentz, I., & Bortolozzo, F. P. (2016). Factors influencing colostrum yield by sows. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 553–561.
- Magallón, E., García, A., Bautista, R., Alonso, B., Cano, J.I., Prieto, P., y Magallón, P. 2015. Manejo y gestión de maternidades porcinas II. La lactación.
- Mainau, E. Y Temple, D. Y Manteca, X. (2015). Mortalidad neonatal en lechones. Recuperado de [https://www.fawec.org/media/com\\_lazypdf/pdf/fs11-es.pdf](https://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/fs11-es.pdf)
- Malmkvist, J., Pedersen, L.J., Damgaard, B.M., Thodberg, K., Jorgensen, E. And Labouriau, R., 2006. Does floor heating around parturition affect the vitality of piglets born to loose housed sows? *Applied Animal Behavior Science* 99: 88-105.
- Marcatti, N.A. Effect of cross fostering on piglets preweaning performance. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 1986, 38, 413–417.
- Marchant Forde, J.N., 2002. Piglet and stockperson-directed sow aggression after farrowing and the relationship with a pre-farrowing, human approach test. *Applied Animal Behaviour Science* 75: 115-132.
- Marchant, J. N., A. R. Rudd, M. T. Mendl, D. M. Broom, M. J. Meredith, S. Corning, and P. H. Simmins. 2000. Timing and causes of piglet mortality in alternative and conventional farrowing systems. *Vet. Rec.* 147:209–214.
- Marchev Y., Szostak B. (2007). The opening periods of sows depending on conditions of rearing system and season (in Polish). *Ann. UMCS, sectio EE Zootechnica*, 25 (2): 27–32.
- Martins TDD, Costa AN, Silva JHV, Valença RMB AND Ludke JV. 2008. Postura e comportamento lactacional de matrizes suínas mantidas sob condições de temperatura ambiente elevada. *Biotemas* 21: 137-145.
- Mayer JJ, Martin FD and Brisbin IL 2002. Characteristics of wild pig farrowing nests and beds in the upper coastal plain of south Carolina. *Applied Animal Behaviour Science* 78, 1–17.
- Maynard Smith J, Harper D. *Animal signals*. Oxford: Oxford University Press; 2003. ix, 166 p. p.
- McCarty R 2017. Cross-fostering: elucidating the effects of gene × environment interactions on phenotypic development. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 73, 219–254.
- McGinnis, R. M., D. N. Marple, V. K. Ganjam, T. J. Prince, and J. F. Pritchett. 1981. The effects of floor temperature, supplemental heat and drying at birth on neonatal swine. *J. Anim. Sci.* 53:1424–1431.
- McGlone, J.J.; Nicholson, R.I.; Hellman, J.M.; Herzog, D.N. The development of pain in young pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioral changes. *J. Anim. Sci.* 1993, 71, 1441–1446.
- Melišová, M., Illmann G, Andersen IL, Vasdal G, Haman J. Can sow pre-lying communication or good piglet condition prevent piglets from getting crushed? *Applied Animal Behaviour Science*. 2011; 134 (3):121–9. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.06.015>.
- Melišová M, Illmann G, Chaloupková H and Bozděchová B 2014. Sow postural changes, responsiveness to piglet screams, and their impact on piglet mortality in pens and crates. *Journal of Animal Science* 92, 3064–3072.
- Mellor, D.J. and Stafford, K.J., 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Veterinary Journal* 168: 118-133.
- Milon, A., Aumaître, A., Le Dividich, J., Franz, J., & Metzger, J. J. (1983). Influence of birth prematurity on colostrum composition and subsequent immunity of piglets. *Annales de recherches vétérinaires*, 14, 533–540.

Morales OES, Gonçalves MAD, Storti AA, Bernardi ML, Ivo Wentz I and Bortolozzo FP, 2013. Effect of different systems for the control of environmental temperature on the performance of sows and their litters. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 41, 1111.

Moreira, R. H. R., Oliveira, R. F. D., Palencia, J. Y. P., Lemes, M. A. G., Silva, M. D., Garbossa, C. A. P., DE abreu, M.L.T, De moura, G.B. y Ferreira, R. A. (2018). Effects of maternal artificial vocalization on hyperprolific lactating sows and piglets behavior. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 90(4), 3675–3683. doi:10.1590/0001-3765201820180340

Morrison, V., English, P.R. and Lodge, G.A., 1983. The effect of alternative creep heating arrangements at two house temperatures on piglet lying behavior and mortality in the neonatal period. *Animal Production* 36: 530-531.

Mota-Rojas D, Martinez-Burnes J, Trujillo-Ortega ME, Alonso-Spilsbury ML, Ramirez-Necoechea R, Lopez A. Effect of oxytocin treatment in sows on umbilical cord morphology, meconium staining, and neonatal mortality of piglets. *Am J Vet Res.* 2002;63:1571–1574.

Mota-Rojas, D., A. M. Rosales, M. E. Trujillo, H. Orozco, R. Ramírez, and M. Alonso-Spilsbury. 2005c. The effects of vetrabutrin chlorhydrate and oxytocin on stillbirth rate and asphyxia in swine. *Theriogenology* 64:1889–1897.

Mota-Rojas, D., D. Villanueva-García, M. Alonso-Spilsbury, M. Becerrul-Herrera, R. Ramírez-Necoechea, M. González-Lozano, and M. E. Trujillo-Ortega. 2007a. Effect of different doses of oxytocin at delivery on suffering and survival of newborn pigs. *J. Med. Sci. (Faisalabad, Pakistan)* 7:170–178.

Mota-Rojas, D., Fierro, R., Roldan-Santiago, P., Orozco-Gregorio, H., González- Lozano, M., Martínez-Rodríguez, R., García-Herrera, R., Mora-Medina, P., Flores-Peinado, S., Sánchez, M., Ramírez-Necoechea, R., 2015. Outcomes of gestation length in relation to farrowing performance in sows and daily weight gain and metabolic profiles in piglets. *Anim. Prod. Sci.* 55, 93-100.

Mota-Rojas, D., J. Martinez-Burnes, M. E. Trujillo, A. López, A. M. Rosales, R. Ramírez, H. Orozco, A. Merino, and M. Alonso- Spilsbury. 2005a. Uterine and fetal asphyxia monitoring in parturient sows treated with oxytocin. *Anim. Reprod. Sci.* 86:131–141.

Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Villanueva-García, D., Trujillo-Ortega, M.E., Orozco-Gregorio, H., Lopez, A., 2012a. Animal welfare in the newborn piglet: a review. *Vet. Med-Czech.* 57, 338–349.

Mota-Rojas, D., Orihuela, A., Napolitano, F., Mora-Medina, P., Orozco-Gregorio, H., Alonso-Spilsbury, M., 2018. Invited Review: Olfaction in animal behaviour and welfare. *CAB Reviews.* 13, (in press).

Mota-Rojas, D., Villanueva-García, D., Hernández-González, R., Martínez- Rodríguez, R., Mora-Medina, P., González-Meneses, B., Sánchez-Hernández, M., Trujillo-Ortega, M.E., 2012b. Assessment of the vitality of the newborn: an overview. *Sci. Res. Essays* 7, 712-718

Muirhead, M. R., and T. J. L. Alexander. 1997. *Managing pig health and the treatment of disease: A reference for the farm.* 5M, Sheffield, UK.

Mungate, F., Dzama, K., Mandisodza, K. & Shoniwa, A., 1999. Some non-genetic factors affecting commercial pig production in Zimbabwe. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 29, 164–173.

Muns, R., Silva, C., Manteca, X. And Gasa, J., 2014. Effect of cross-fostering and oral supplementation with colostrums on performance of newborn piglets. *Journal of Animal Science* 92: 1193-1199.

Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Bernabucci U. 2006. Climatic effects on productive traits in livestock. *Veterinary Research Communications* 30, 75–81.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., and Bernabucci, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustain- ability of livestock system, *Lives.t Sci.*, 130, 57–69.

Neugart S, Krumbein A, Zrenner R (2016) Influence of Light and Temperature on Gene Expression Leading to Accumulation of Specific Flavonol Glycosides and Hydroxycinnamic Acid Derivatives in Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Front Plant Sci*:1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00326>

Newberry RC and Swanson JC 2008. Implications of breaking mother-young social bonds. *Applied Animal Behaviour Science* 110, 3–23.

- Nguyen, K., Cassar, G., Friendship, R. M., Dewey, C., Farzan, A., Kirkwood, R. N., & Hodgins, D. (2013). An investigation of the impacts of induced parturition, birth weight, birth order, litter size, and sow parity on piglet serum concentrations of immunoglobulin G. *Journal of Swine Health and Production*, 21, 139–143.
- Nielsen, O.L.; Pedersen, A.R.; Sørensen, M.T. Relationships between piglet growth rate and mammary gland size of the sow. *Livest. Prod. Sci.* 2001, 67, 273–279.
- Nuntapaitoon, M., Suwimonteerabutr, J., Am-in N., Tienthai, P., Chuesiri, P., Kedkovid, R., & Tummaruk, P. (2019). Impact of parity and housing conditions on concentration of immunoglobulin G in sow colostrum. *Tropical Animal Health and Production*. doi:10.1007/s11250-019-01816-2
- Nuntapaitoon, M., Tummaruk, P., 2018. Factors influencing piglet pre-weaning mortality in 47 commercial swine herds in Thailand. *Trop. Anim. Health. Prod.* 50, 129–135.
- Ocepek M, Andersen IL. What makes a good mother? Maternal behavioural traits important for piglet survival. *Applied Animal Behaviour Science*. 2017; 193(Supplement C):29–36. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.03.010>.
- Ocepek M, Andersen-Ranberg I, Edwards SA, Fredriksen B, Framstad T, Andersen IL. Can a super sow be a robust sow? Consequences of litter investment in purebred and crossbred sows of different parities1. *Journal of Animal Science*. 2016; 94(8):3550–60. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0386> PMID: 27695774
- Ocepek M, Rosvold EM, Andersen-Ranberg I, Andersen IL. Can we improve maternal care in sows? Maternal behavioral traits important for piglet survival in loose-housed sow herds1. *Journal of Animal Science*. 2017. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1725> PMID: 29293724
- Ocepek, M., & Andersen, I. L. (2018). Sow communication with piglets while being active is a good predictor of maternal skills, piglet survival and litter quality in three different breeds of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*). *PLOS ONE*, 13(11), e0206128. doi:10.1371/journal.pone.0206128
- Oliveira Júnior GM, DE Ferreira AS, Oliveira RFM, Silva BAN, Figueiredo EM y Santos M. 2011. Behaviour and performance of lactating sows housed in different types of farrowing rooms during summer. *Livest Sci* 141: 194-201.
- Oliviero C, Heinonen M, Valros A, Peltoniemi O. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing. *Anim Reprod Sci*. 2010; 119(1–2):85–91. Epub 2010/01/08. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.12.009> PMID: 20053511.
- Oliviero, C., Heinonen, M., Valros, A., Hälli, O. y Peltoniemi, O.A.T., 2008a. Effect of the environment on the physiology of the sow during late pregnancy, farrowing and early lactation. *Animal Reproduction Science* 105: 365-377.
- Orozco-Gregorio, H., Bonilla, H., Mota-Rojas, D., Trujillo-Ortega, M.E., Roldan- Santiago, P., Martínez-Rodríguez, R., Borderas-Tordesillas, F., Flores-Peinado, S., Mora-Medina, P., Ramírez-Necoechea, R., 2012. Effects of subcutaneous administration of caffeine on the physiometabolic profile of low-birthweight neonate piglets. *Anim. Prod. Sci.* 52, 981-990.
- Orozco-Gregorio, H., Mota-Rojas, D., Bonilla-Jaime, H., Trujillo-Ortega, M.E., Becerril-Herrera, M., Hernández-González, R., Villanueva-García, D., 2010. Effects of administration of caffeine on metabolic variables in neonatal pigs with peripartum asphyxia. *Am. J. Vet. Res.* 71, 1214–1219.
- Otto, M., Machado, A., Moreira, L., Bernardi, M., Coutinho, M., Vaz, I., ... Bortolozzo, F. (2017). Colostrum yield and litter performance in multiparous sows subjected to farrowing induction. *Reproduction in Domestic Animals*, 52(5), 749–755. doi:10.1111/rda.12975
- Pandur ID, Pacala N, Iezan V. The influence of oxytocin added to diluted boar semen on the main reproduction parameters calculated for Large White sows that were artificially inseminated. *Scientific Pap Anim Sci Biotechnologies* 2012;45:226–9.
- Panzardi, A., Bernardi, M.L., Mellagi, A.P., Bierhals, T., Bortolozzo, F.P., Wentz, I., 2013. Newborn piglet traits associated with survival and growth performance until weaning. *Prev. Vet. Med.* 110, 206– 213.
- Papadopoulos, G., Vanderhaege, C., Janssens, G., Dewulf, D. And Maes, D., 2010. Risk factor associated with post partum dysgalactia syndrome in sows. *The Veterinary Journal* 184:167-171.
- Papatsiros VG (2012) The splay leg syndrome in piglets: a review. *Am J Anim Vet Sci* 7(2):80–83



- Park, H.S., and Oh, S.H., 2017. Seasonal variation in growth of Berkshire pigs in alternative production systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30, 749–754
- Pattison R.J.; English P.R.; Macpherson O.; Roden J.A.; Birnie M., 1990. Hypothermia and its attempted control in newborn piglets. *Animal Production* 50 (3): 568.
- Pedersen LJ 2016. Large litter size and the challenges in loose housing. In *Proceedings of the Report of the Free Farrowing Workshop 2016*. Belfast, UK, pp. 320–338. Retrieved on 15 May 2018 from [https://www.freefarrowing.org/info/2/research/45/free\\_farrowing\\_workshops](https://www.freefarrowing.org/info/2/research/45/free_farrowing_workshops).
- Pedersen LJ, Berg P, Jørgensen G and Andersen IL 2011. Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens. *Journal of Animal Science* 89, 1207–1218.
- Pedersen LJ, Studnitz M, Jensen KH and Giersing AM 1998. Suckling behaviour of piglets in relation to accessibility to the sow and the presence of foreign litters. *Applied Animal Behaviour Science* 58, 267–279.
- Pejsak, Z. 1984. Some pharmacological methods to reduce intrapartum death of piglets. *Pig News Inf.* 5:35–37.
- Peltoniemi, O.A.T., Tast, A., Love, R.J. 2000. Factors effecting reproduction in the pig: seasonal effects and restricted feeding of the pregnant gilt and sow. *Anim. Reprod. Sci.*, 60–61: 173–184.
- Pennarossa, G., Maffei, S., Rahman, M.M., Berruti, G., Brevini, T.A., and Gandolfi, F., 2012. Characterization of the constitutive pig ovary heat shock chaperone machinery and its response to acute thermal stress or to seasonal variations. *Biology of Reproduction*, 87, 119
- Peña FJ, Domínguez JC, Carbajo M, Anel L, Alegre B. Treatment of swine summer infertility syndrome by means of oxytocin under field conditions. *Theriogenology* 1998;49:829–36.
- Petry, D.B., Johnson, R.K. (2004). Responses to 19 generations of litter size selection in the Nebraska index line, I. Reproductive responses estimated in pure line and crossbred litters. *J. Anim. Sci.* 82, 1000–1006.
- Pettigrew, JE; Cornelius, SG, Eidman, VR, Moser, RL. 1986. Integration of factors affecting sow efficiency: a modeling approach. *J Anim Sci.* Oct;63(4):1314-21.
- Pluym, L.M.; Van Nuffel, A.; Van Weyenberg, S.; Maes, D. Prevalence of lameness and claw lesions during different stages in the reproductive cycle of sows and the impact on reproduction results. *Animal* 2013, 7, 1174–1181.
- Price, E.O.; Hutson, G.D.; Price, M.I.; Borgwardt, R. Fostering in swine as affected by age of offspring. *J. Anim. Sci.* 1994, 72, 1697–1701.
- Prunier A, Dourmad JY and Etienne M, 1994. Effect of Light Regimen Under Various Ambient Temperatures on Sow and Litter Performance. *Journal of Animal Science.* 72: 1461-1466.
- Puppe B, Schön PC, Tuchscherer A AND Manteuffel G. 2003. The influence of domestic piglets (*Sus scrofa*) age and test experience on the preference for the replayed maternal nursing vocalization in a modified open-field test. *Acta Ethol* 5: 123-443.
- Quesnel H 2011. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal* 5, 1546–1553.
- Quesnel H, Farmer C, Theil PK. Colostrum and milk production. In: Farmer C, editor. *The gestating and lactating sow*, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands; 2015, p. 173– 92.
- Quesnel, H.; Brossard, L.; Valancogne, A.; Quiniou, N. Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. *Animal* 2008, 2, 184–189.
- Quesnel, H.; Farmer, C.; Devillers, N. Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. *Livest. Sci.* 2012, 146, 105–114.

- Quiniou, N., Dagorn, J. And Gaudre, D., 2002. Variation of piglet's birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science* 78: 63-70
- Ramírez-Necochea, R., Velázquez-Armenta, E.Y., Nava-Ocampo, A.A., Hernández-González, R., Trujillo-Ortega, M.E., Villanueva-García, D., 2008. Short-term neurophysiologic consequences of intrapartum asphyxia in piglets born by spontaneous parturition. *Int. J. Neurosci.* 118, 1299-1315.
- Ravel, A., S. D'Allaire, and M. Bigras-Poulin. 1996. Influence of management, housing and personality of the stockperson on preweaning performances on independent and integrated swine farms in Québec. *Prev. Vet. Med.* 29:37–57.
- Reese DE y Straw BE 2006. The case against evening-up litters until weaning. In *Nebraska Swine Reports* (ed. D Moser), pp. 7–10. The University of Nebraska, Lincoln, NE, USA.
- Rekiel A. Wiecek J. Beyg K. 2011. Analysis of the relationship between fatness of late pregnant and lactating sows and selected lipid parameters of blood, colostrum and milk. *Ann. Anim. Sci.* 11:487–495. doi:<https://doi.org/10.2478/v10220-011-0001-3>
- Rempel L. A. Vallet J. L. Lents C. A. Nonneman D. J. 2015. Measurements of body composition during late gestation and lactation in first and second parity sows and its relationship to piglet production and post-weaning reproductive performance. *Livest. Sci.* 178:289–295. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.036>
- Renaudeau D and Noblet J, 2001. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *Journal of Animal Science*, Penicuik, v. 79, n. 6, 1540-1548.
- Renaudeau D, Gourdine JL, Fleury J, Ferchaud S, Billon Y, Noblet J, Gilbert H, 2014. Selection for residual feed intake in growing pigs: Effects on sow performance in a tropical climate. *Journal of Animal Science*, Penicuik, v. 92, 3568–3579.
- Renaudeau D, Noblet J and Dourmad JY, 2003a. Effect of ambiente temperature on mammary gland metabolism in lactating sows. *Journal of Animal Science*, v.81, 217- 231.
- Revell, D.K., Williams, I.H., Mullan, B.P., Ranford, J.L., Smits, R.J., (1998). Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: II. Milk composition, milk yield, and pig growth. *J. Anim. Sci.* 76, 1738–1743.
- Robertson, J.B., Laird, R., Forsyth, J.K.S., Thomson, J.M. and Walker-Love, T., 1966. A comparison of two indoor farrowing systems for sows. *Animal Production* 8:71.
- Rodriguez, C.; Rodriganez, J.; Silio, L. Genetic-analysis of maternal ability in Iberian pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 1994, 111, 220–227.
- Roehe, R., Sherestha, N.P., Mekaway, W., Baxter, E.M., Knap, P.W., Smurthwaite, K.M., Jarvis, S., Lawrence, A.B. and Edwards, S.A., 2009. Genetic analyses of piglet survival and individual birth weight on first generation data of a selection experiment for piglet survival under outdoor conditions. *Livestock Science* 121: 173-181.
- Roehe, R., Sherestha, N.P., Mekaway, W., Baxter, E.M., Knap, P.W., Smurthwaite, K.M., Jarvis, S., Lawrence, A.B. and Edwards, S.A., 2010. Genetic parameters of piglet survival and birth weight from a two-generation crossbreeding experiment under outdoor conditions designed to disentangle direct and maternal effects. *Journal of Animal Science* 88: 1276-1285.
- Rooke, J.A.; Bland, I.M. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livest. Prod. Sci.* 2002, 78,13–23.
- Rootwelt, V., Reksen, O., Farstad, W. And Framstad, T., 2012. Associations between intrapartum death and piglet, placental, and umbilical characteristics. *Journal of Animal Science* 90: 4289-4296.
- Rutherford K, Baxter E, D'Eath R, Turner S, Arnott G, Roehe R, Ask B, Sandøe P, Moustsen V, Thorup F, Edwards S, Berg P and Lawrence A 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: biological factors. *Animal Welfare* 22, 199–218.

Rutherford, K.M.D., Piastowska-Ciesielka, A., Donald, R.D., Robson, S.K., Ison, S.H., Jarvis, S., Brunton, P.J., Russell, J.A. and Lawrence, A.B., 2014. Prenatal stress produces anxiety prone female offspring and impaired maternal behavior in the domestic pig. *Physiology & Behavior* 129: 255-264.

Rydhmer, L., 2000. Genetics of sow reproduction, including puberty, oestrus, pregnancy, farrowing and lactation. *Livestock Production Science* 66:1-12.

Sanjoaquín, L. (2015). Manejo de la cerda híper-prolífica. *Suis* 116. Recuperado de: <https://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/13970/>

Sauber, T.E.; Stahly, T.S.; Nonnecke, B.J. Effect of level of chronic immune system activation on the lactational performance of sows. *J. Anim. Sci.* 1999, 77, 1985–1993.

Schenkel, A.C., Bernadi, M.L., Bortolozzo, F.P. and Wentz, I., 2010. Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. *Livestock Science* 132: 165-172.

Schmid, H., 1994. Ethological design of a practicable farrowing pen. *Applied Animal Behavior Science* 40: 94-95.

Schmitt, O., Baxter, E. M., Boyle, L. A., & O'Driscoll, K. (2018). Nurse sow strategies in the domestic pig: II. Consequences for piglet growth, suckling behaviour and sow nursing behaviour. *Animal*, 10.doi:10.1017/s1751731118001702

Schwarz, T., Nowicki, J., Tuz, R., and Bartlewski, P.M., 2018. The influence of azaperone treatment at weaning on reproductive performance of sows: altering effects of season and parity. *Animal: an International Journal of Animal Bioscience*, 12, 303–311

Sell-Kubiak, E., Wang, S., Knol, E. F., & Mulder, H. A. (2015). Genetic analysis of within-litter variation in piglets' birth weight using genomic or pedigree relationship matrices. *Journal of Animal Science*, 93, 1471– 1480. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8674>

Silerová, J., Spinka, M. y Neuhauserová K. 2013. Nursing behaviour in lactating sows kept in isolation, in acoustic and visual contact. *Appl Anim Behav Sci* 143: 40-45.

Singh C, Verdon M, Cronin G and Hemsworth P 2017. The behaviour and welfare of sows and piglets in farrowing crates or lactation pens. *Animal* 11, 1210–1221.

Smith CC, Fretwell SD. The Optimal Balance between Size and Number of Offspring. *The American Naturalist*. 1974; 108(962):499–506.

Smith, W.C., 1982. The induction of parturition in sows using prostaglandin F2alpha. *New Zealand Veterinary Journal* 30: 34-37.

Souza, L.P.; Fries, H.C.C.; Heim, G.; Faccin, J.E.; Hernig, L.F.; Marimon, B.T.; Bernardi, M.L.; Bortolozzo, F.P.; Wentz, I. Behaviour and growth performance of low-birth-weight piglets cross-fostered in multiparous sows with piglets of higher birth weights. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2014, 66, 510–518.

Speer, V.C. and Cox, D.F., 1984. Estimating milk yield. *Journal of Animal Science* 59:1282-1285.

Spicer EM, Fahy VA, Cutler RS. Management of the farrowing sow. In: Gardner JAA, Dunkin AC, Lloyd LC, editors. *Pig production in Australia*, Sydney: Butterworths Pty Limited; 1990, p. 252–256.

SPINKA M, GONYOU H AND LI Y. 2002. Nursing synchronization and milk ejection success in lactating sows: don't suckle your babies alone. In: Koene PATSC (Ed), *Proceedings of the 36<sup>th</sup> International Congress of the ISAE*. Egmond aan Zee, the Netherlands, 2002. Wageningen, the Netherlands, p. 67.

Spinka, M. And Illmann, G., 2015. Nursing behavior. Chapter 13. In: Farmer, C. (ed.) *The gestating and lactating sow*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, pp. 297-317.

Sprecher, D.J., Leman, A.D., Dziuk, P.D., Cropper, M., Debrecker, M., (1974). Causes and control of swine stillbirths. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 165, 698–701.

- Sprecher, D.J., Leman, A.D., Dziuk, P.D., Cropper, M., Debrecker, M., 1974. Causes and control of swine stillbirths. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 165, 698–701.
- Starkov, A. A., Chinopoulos, C., Fiskum, G., 2004. Mitochondrial calcium and oxidative stress as mediators of ischemic brain injury. *Cell Calcium*, 36, 257–264.
- Straw, B. E., E. J. Bush, and C. E. Dewey. 2000. Types and doses of injectable medications given to periparturient sows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216:510–515.
- Su, G., Lund, M.S. and Sorensen, D., 2007. Selection for litter size at day five to improve litter size at weaning and piglet survival rate. *Journal of Animal Science* 85: 1385-1392.
- Svendsen, J., A. C. Bengtsson, and L. S. Svendsen. 1986. Occurrence and causes of traumatic injuries in neonatal pigs. *Pig News Inf.* 7:159–170.
- Thaker, M.Y.C.; Bilkei, G. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. *Anim. Reprod. Sci.* 2005, 88, 309–318.
- Theil, P.K., Cordero, G., Henckel, P., Puggaard, L., Oksbjerg, N. And Sorensen, M.T., 2011. Effects of gestation and transition diets, piglet birth weight, and fasting time on depletion of glycogen pools in liver and 3 muscles of newborn piglets. *Journal of Animal Science* 89: 1805-1816.
- Theil, P.K., Nielsen, M.O., Sorensen, M.T. and Lauridsen, C., 2012. Lactation, milk and suckling. In: Bach Knudsen, K.E., Kjeldsen, N.J., Poulsen, H.D. and Jensen, B.B. (eds.) *Nutritional physiology of pigs*. Danish Pig Research Centre, Copenhagen, Denmark, pp. 1-47.
- Theil, P.K.; Lauridsen, C.; Quesnel, H. Neonatal piglet survival: Impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal* 2014, 8, 1021–1030.
- Thodberg K, Jensen KH and Herskin MS 2002. Nursing behaviour, postpartum activity and reactivity in sows Effects of farrowing environment, previous experience and temperament. *Applied Animal Behaviour Science* 77, 53–76.
- Thodberg K, Jensen KH and Herskin MS 2002a. Nest building and farrowing in sows: relation to the reaction pattern during stress, farrowing environment and experience. *Applied Animal Behaviour Science* 77, 21–42.
- Thodberg, K. And Sorensen, M.T., 2006. Mammary development and milk production in the sow: effects of udder massage, genotype and feeding in late gestation. *Livestock Science* 101: 116-125.
- Thorup F 2015. Nurse sows for super numerous piglets. *Proceedings of the 1st International Conference on Pig Welfare*, 29-30 April 2015, Copenhagen, Denmark p. 75.
- Tomko M (1993) Influence of parental origin, litter size and sex on the frequency of splayleg in piglets: a case report. *Acta Vet Hung* 41(3– 4):329–339
- Toner, M.S., King, R.H., Dunshea, F.R., Dove, H. And Atwood, C.S., 1996. The effect of exogenous somatotropin on lactation performance of first-litter sows. *Journal of Animal Science* 74:167-172.
- Trujillo-Ortega, M.E., Mota-Rojas, D., Juárez, O., Villanueva-García, D., Becerril- Herrera, M., Hernández-González, R., Mora-Medina, P., Alonso-Spilsbury, M., Rosales-Torres, A. M., Martínez-Rodríguez, R., Ramírez-Necoechea, R., 2011. Porcine neonates failing vitality score: physio-metabolic profile and latency to the first teat contact. *Czech J. Anim. Sci.* 56, 499-508.
- Trujillo-Ortega, M.E., Mota-Rojas, D., Olmos-Hernández, A., Alonso-Spilsbury, M., González-Lozano, M., Orozco-Gregorio, H., Ramírez-Necoechea, R., Nava- Ocampo, A.A., 2007. A study of piglets born by spontaneous parturition under uncontrolled conditions: could this be a naturalistic model for the study of intrapartum asphyxia?. *Acta Biomed.* 78,29–35.
- Tuboly, S.; Bernath, S.; Glavits, R.K.; Medveczky, I. Intestinal absorption of colostrum lymphoid cells in newborn pigs. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 1988, 20, 75–85.
- Tuchscherer, M., Puppe, B., Tuchscherer, A., Tiemann, U., 2000. Early identification of neonates at risk: Traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology* 54,371–388.
- Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S., Dalin A.M. (2001). Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. *Anim. Reprod. Sci.*, 66: 225–237.
- Tummaruk, P. Y Sang- Gassanee, K., 2013. Effect of farrowing duration, parity number and the type of anti-inflammatory drug on postparturient disorders in sows: a clinical study. *Tropical Animal Health and Production* 45: 1071-1077.

- Tummaruk, P., Lundeheim, N., Einarsson, S., & Dalin, A. M. (2001). Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. *Animal Reproduction Science*, 66, 225–237.
- Tummaruk, P., Tantasuparuk, W., Techakumphu, M., and Kunavongkrit, A. (2010). Seasonal influences on the litter size at birth of pigs are more pronounced in the gilt than sow litters. *J. Agric. Sci.*, 148, 421–432.
- Vallet, J. L., & Miles, J. R. (2017). The effect of farrowing induction on colostrum and piglet serum immunocrits is dependent on parity. *Journal of Animal Science*, 95(2), 688–696. doi:10.2527/jas.2016.0993
- Vallet, J.L. In Use of the immunocrit to monitor a split-suckle program in commercial production. In *Proceedings of the International Conference on Pig Reproduction*, Olsztyn, Poland, 9–12 June 2013; pp. 225–226.
- Vallet, J.L., Miles, J.R., Brown-Brandl, T.M., Nienaber, J.A., 2010. Proportion of litter farrowed, litter size, and progesterone and estradiol effects on piglet birth intervals and stillbirths. *Anim. Reprod. Sci.* 119, 68–75.
- Valros A, Munsterhjelm C, Puolanne E, Ruusunen M, Heinonen M, Peltoniemi OA and Pösö AR 2013. Physiological indicators of stress and meat and carcass characteristics in tail bitten slaughter pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica* 55, 75.
- Van Der Heyde H, De Mets JP, Porreye L, Henderickx H, Calus A, Bekaert H, Buysse F (1989) Influence of season, litter size, parity, gestation length, birth weight, sex and farrowing pen on frequency of congenital splayleg in piglets. *Livest Prod Sci* 21:143–155
- Van der Lende, T., Knol, E.F. and Leenhouwers, J.I., 2001. Prenatal development as a predisposing factor for perinatal losses in pigs. *Reproduction Supplement* 58: 247-261.
- Van der Lende, T., van Rens, B.T.T.M., (2003). Critical periods for foetal mortality in gilts identified by analysing the length distribution of mummified fetuses and frequency of non-fresh stillborn piglets. *Anim. Reprod. Sci.* 75, 141–150.
- Van Nieuwamerongen S, Bolhuis J, van der Peet-Schwering C and Soede N 2014. A review of sow and piglet behaviour and performance in group housing systems for lactating sows. *Animal* 8, 448–460.
- VAN PUTTEN G. 2000. An ethological definition of animal welfare with special emphasis on pig behaviour. *Proceedings of the Second NAHWOA Workshop*, p. 165.
- Van Rens, B.T.T.M, de Koning, G., Bergsma, R. And Van der Lende, T., 2005. Prewaning piglet mortality in relation to placental efficiency. *Journal of Animal Science* 83:144-151.
- Vanderhaeghe C., Dewulf, J., de Kruif, A. & Maes, D. (2013). Non-infectious factors associated with stillbirth in pigs: A review. *Animal Reproduction Science* 139, 76–88
- Vanderhaeghe, C., Dewulf, J., Ribbens, S., de Kruif, A., Maes, D., (2010). A Cross-sectional study to collect risk factors associated with stillbirths in pig herds. *Anim. Reprod. Sci.* 118, 62–68
- Vanderhaeghe, C., J. Dewulf, S. De Vlieghe, G. A. Papadopoulos, A. de Kruif, and D. Maes. 2010a. Longitudinal field study to assess sow level risk factors associated with stillborn piglets. *Anim. Reprod. Sci.* 120:78–83.
- Vanderhaeghe, C., J. Dewulf, S. Ribbens, A. de Kruif, and D. Maes. 2010b. A cross-sectional study to collect risk factors associated with stillbirths in pig herds. *Anim. Reprod. Sci.* 118:62–68.
- Vasdal, G., I. Østensen, M. Melišová, B. Bozděchová, G. Illmann, and I. L. Andersen. 2011. Management routines at the time of farrowing – Effects on teat success and early piglet mortality in loose housed sows. *Livest. Sci.* 136:225–231.
- Vasdal, G.; Andersen, I.L. A note on teat accessibility and sow parity; consequences for newborn piglets. *Livest. Sci.* 2012, 146, 91–94.
- Verdon M, Morrison R and Rault J-L 2017. Group-lactation housing from 7 or 14 days post partum: effects on sow behaviour. *Animal Production Science* 57, 2461–2461.
- Verdon M, Morrison RS and Hemsworth PH 2016. Rearing piglets in multi-litter group lactation systems: effects on piglet aggression and injuries post-weaning. *Applied Animal Behaviour Science* 183, 35–41.

- Verdon, M., Morrison, R. S., & Rault, J.-L. (2019). Group lactation from 7 or 14 days of age reduces piglet aggression at weaning compared to farrowing crate housing. *Animal*, 1–9. doi:10.1017/s1751731119000478
- Vestergaard, K. Y Hansen, L.L., 1984. Tethered versus loose sows: ethological observations and measures of productivity. I. Ethological observations during pregnancy and farrowing. *Annales de Recherches Vétérinaires* 15: 245-256.
- Vilas Boas Ribeiro, B. P., Lanferdini, E., Palencia, J. Y. P., Lemes, M. A. G., Teixeira de Abreu, M. L., de Souza Cantarelli, V., & Ferreira, R. A. (2018). Heat negatively affects lactating swine: A meta-analysis. *Journal of Thermal Biology*, 74, 325–330. doi:10.1016/j.jtherbio.2018.04.015
- Wathes, D.C., King, G.J., Porter, D.G., Wathes, C.M., 1989. Relationship between pre-partum relaxin concentrations and farrowing intervals in the pig. *J. Reprod. Fert.* 87, 383-390.
- Watts JM y Stookey JM. 2000. Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. *Appl Anim Behav Sci* 67: 15-33.
- Weary DM, Pajor EA, Bonenfant M, Fraser D And Kramer DI. 2002. Alternative housing for sows and litters. Effects of sow-controlled housing combined with a communal piglet area on pre- and post-weaning behaviour and performance. *Appl Anim Behav Sci* 76: 279-290.
- Weary DM, Pajor EA, Fraser D and Honkanen AM 1996. Sow body movements that crush piglets: a comparison between two types of farrowing accommodation. *Applied Animal Behaviour Science* 49, 149–158.
- Weary DM, Ross S and Fraser D 1997. Vocalizations by isolated piglets: a reliable indicator of piglet need directed towards the sow. *Applied Animal Behaviour Science* 53, 249–257.
- Wegner K, Lambertz C, Daş G, Gaulty M. 2014a. Klimabedingungen in norddeutschen Sauenställen. *Zuchtungskunde* 86, 200–211. (In German with English abstract)
- Wegner, K., Lambertz, C., Das, G., Reiner, G., & Gaulty, M. (2016). Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. *Animal Science Journal*, 87(11), 1334–1339. doi:10.1111/asj.12569
- Wettemann, R. P., Hallford, D. M., Kreider, D. L., & Turman, E. J. (1977). Influence of prostaglandin F<sub>2α</sub> on endocrine changes at parturition in gilts. *Journal of Animal Science*, 44, 106–111.
- Whitacre, M.D. and Threlfall, W.R., 1981. Effects of ergocryptine on plasma prolactin, luteinizing hormone and progesterone in the periparturient sow. *American Journal of Veterinary Research* 42: 1538-1541.
- Whittemore, C.T., 1996. Nutrition reproduction interactions in primiparous sows. *Livest. Prod. Sci.* 46, 65–83.
- Widmar, D.A.; Olynk, N.J.; Richert, B.T.; Schinckel, A.P.; Foster, K.A. In *Integrated on-farm decision making: Economic implications of increased variation in litter size*. In Proceedings of the 2011 Annual Meeting, Corpus Christi, TX, USA, 5–8 February 2011.
- Wientjes, J.G., Soede, N.M., Knol, E.F., van den Brand, H., Kemp, B. Piglet birth weight and litter uniformity: Effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines (2013). *J. Anim. Sci.* 91 pp. 2099-2107
- Williams, A.M., Safranski, T.J., Spiers, D.E., Eichen, P.A., Coate, E.A., Lucy, M.C., 2013. Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 91, 2700–2714.
- Wolter, B.F., Ellis, M., Corrigan, B.P. and DeDecker, J.M., 2002. The effect of birth weight and feeding of supplemental milk replacer to piglets during lactation on preweaning postweaning growth performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 80: 301-308.
- Wu, T., Zhang, X., Tian, M., Tao, Q., Zhang, L., Ding, Y., Yin, Z. (2018). Transcriptome analysis reveals candidate genes involved in splay leg syndrome in piglets. *Journal of Applied Genetics*. doi:10.1007/s13353-018-0454-5
- Wung, S.C., Wu, H.P., Kou, Y.H., Shen, K.H., Koh, F.K. and Wan, W.C.M., 1977. Effect of thyrotropin-releasing hormone on serum thyroxine of lactating sows and the growth of their suckling young. *Journal of Animal Science* 45: 299-304.
- York, D.L. and Robinson, O.W., 1985. Genotypic and phenotypic parameters of milk production in primiparous Duroc sows. *Journal of Animal Science* 61: 825-833.
- Yun J, Swan K-M, Farmer C, Oliviero C, Peltoniemi O, Valros A. Prepartum nest-building has an impact on postpartum nursing performance and maternal behaviour in early lactating sows. *Applied Animal Behaviour Science*. 2014; 160:31–7. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.08.011>.

Yun J, Swan KM, Oliviero C, Peltoniemi O and Valros A. (2015). Effects of pre- partum housing environment on abnormal behaviour, the farrowing process, and interactions with circulating oxytocin in sows. *Applied Animal Behaviour Science* 162, 20–25.

Yun, J., Han, T., Björkman, S., Nystén, M., Hasan, S., Valros, A., Oliviero, C., Kim, Y y Peltoniemi, O. (2018). Factors affecting piglet mortality during the first 24 h after the onset of parturition in large litters: effects of farrowing housing on behaviour of postpartum sows. *Animal*, 1–9. doi:10.1017/s1751731118002549

Zaremba W, Udluft T, Bostedt H. Effects of various procedures for synchronisation of parturition in sows. Assessment of sows with a complication-free birth. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 2015;43:269–77.

Zhang, T.; Wang, L.; Shi, H.; Hua, Y.; Zhang, L.; Xin, L.; Lei, P.; Liang, J.; Zhang, Y.; Zhao, K. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of litter uniformity and litter size in large white sows. *J. Integr. Agric.* 2016, 15, 848–854.

Zhao, Y., Flowers, W.L., Saravia, A., Yeum, K.J., and Kim, S.W., 2013. Effects of social rank and gestation housing systems on oxidative stress status, reproductive performance, and immune status of sows. *Journal of Animal Sciences*, 91, 5848–585

## 11. Anexos

### 1. Condiciones ambientales en la sala de maternidad

#### 1.1 Sensación térmica de los lechones según el tipo de suelo y velocidad del aire (Sanjoaquín, 2015)

Tipo de suelo y velocidad del aire	Sensación térmica (°C)
Cemento sólido	-1
Viruta	5
Papel	5
Slat cemento	-2
Slat hierro	-3
Slat plástico	0
Slat de cemento mojado	-10
Paja	4
Serrín	1
Lámpara (a 50 cm)	6-7
Corriente de aire <0,2 m/seg	0
Corriente de aire 0,2-0,5 m/seg	-4/-7
Corriente de aire 1,5 m/seg	-10

#### 1.2 Sistemas para crear el microclima de los lechones: placas calefactoras y focos de calor.

	Características
<b>Placas calefactoras</b>	<p>Uso en suelo completamente emparrillado.</p> <p>Hechas de diversos materiales: acero inoxidable, plástico o de hormigón polímero. Deben ser confortables, duraderas y de fácil limpieza.</p> <p>Evitar superficies abrasivas y deben contar con pequeños relieves en la superficie para que los lechones no se resbalen.</p> <p>La parte inferior de las placas debe ser de un material aislante para evitar que el calor se pierda hacia la fosa.</p> <p>El calor debe distribuirse por toda la placa para que pueda ser aprovechado por toda la camada.</p>
• <u>Placas eléctricas</u>	<p>Proporciona calor en intervalos de encendido-apagado por una resistencia distribuida por debajo de la superficie.</p> <p>Necesidad de conectar a un regulador de voltaje o a un modulador de corriente para graduar la temperatura. Se suele usar uno por sala (cuando hay pocas plazas) o uno por fila o pasillo (cuando son salas grandes).</p> <p>Recomendado la instalación de un interruptor individual por placa o cada dos placas para poder conectarlas por separado.</p>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Placas de agua caliente</u></li> </ul>	<p>Atravesadas por tubos que transmiten calor a la superficie. Conectadas entre sí por un circuito cerrado de agua: el agua se impulsa desde la caldera por una línea general, a partir de la cual entra a las salas según necesidades/edad de los lechones.</p> <p>Regulado por electroválvulas y sondas de temperatura instaladas junto a los tubos de retorno.</p> <p>Inconveniente: Se suele poner 1 único circuito por sala-&gt; Cuando pare la primera cerda: se ponen en marcha todas las placas de la sala.</p> <p>Actualidad: placas con resistencia eléctrica en su interior y agua : inicialmente y hasta calentar el agua costosas energéticamente pero luego menor consumo para mantener la temperatura.</p>
--	---

### Focos de calor

<b>Ventajas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puede regularse la potencia (en algunos)</li> <li>2. Puede regularse la altura (según necesidades de la camada): menor altura en lechones recién nacidos o débiles y mayor altura conforme tienen más días de vida.</li> </ol>
<b>Inconvenientes</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radio de acción limitado: solo los lechones que estén justo debajo del foco tienen calor suficiente.</li> <li>2. Diseño y ubicación correcto para no entorpecer las labores de manejo</li> </ol>
<b>Alternativa para mejorar su acción</b>	<p>Uso de <b>nidera</b> asociada: Tapa con agujero (donde se coloca el foco) que se coloca encima de la zona de confort de los lechones (a unos 50 cm del suelo). Consigue aumentar la temperatura en la zona de confort hasta 6-8°C. En los meses de más calor, deben permanecer levantadas.</p>

Si la temperatura en la zona de confort de los lechones debe estar entre 36-38°C durante los tres primeros días de vida, una sugerencia es utilizar la combinación de (Magallón et al., 2015):

- Temperatura ambiental de 21-23°C
- Papel (1-3 kg) y polvos secantes : + 5°C
- Slat de plástico: 0 °C
- Foco de calor y placa calefactora: +10 °C.

### 1.3 Sistemas de refrigeración usados en las salas de maternidad porcina.

	<b>Nebulizadores de alta presión</b>	<b>Paneles de refrigeración ("cooling")</b>	<b>Sistemas de goteo</b>
--	--------------------------------------	---	--------------------------

<b>En qué consisten</b>	Mezclar el aire del exterior con una cortina de agua líquida o nebulizada. La diferencia de presión parcial entre el aire y la cortina de agua provoca una transferencia en forma de vapor a la corriente de aire, reduciendo la temperatura de ésta última.	El aire caliente del exterior entra en contacto con una cortina de agua, recoge la humedad y se enfría. Se colocan en las entradas de aire.	Suministra gotas de agua encima del cuello de las cerdas cuando están tumbadas en las plazas de maternidad. Mejora la sensación térmica del animal porque se aumenta la pérdida de calor corporal mediante la evaporación del agua de la piel.
<b>Ventajas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulación automática del intervalo de funcionamiento (según la temperatura en el interior de la sala).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulación automática del intervalo de funcionamiento</li> <li>2. Re-utilización del agua: El agua sobrante se recoge y vuelve al depósito.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulación automática del tiempo de funcionamiento</li> <li>2. Funcionan a intervalos (periodos de funcionamiento y de parada)</li> <li>3. Aumento de la pérdida de calor corporal por evaporación del agua de la piel-&gt; Mejora la sensación térmica del animal</li> </ol>
<b>Inconvenientes</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Funciona mejor cuanto menor sea la humedad relativa ambiental</li> <li>2. Cálculo preciso de la presión, caudal de agua y el número de boquillas a instalar</li> <li>3. Dejar una distancia entre las boquillas de las diferentes líneas para evitar la fusión de las microgotas (precipitan en el suelo).</li> <li>4. Diseño que evite que el agua llegue al suelo</li> <li>5. Instalar filtros que eliminen las impurezas del agua antes de entrar en el grupo de presión y en zonas de dureza de agua elevada: instalar sistema de descalcificación</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Funciona mejor cuanto menor sea la humedad relativa exterior</li> <li>2. Cálculo del espesor del panel y de la velocidad de paso de aire</li> <li>3. Mantenimiento continuo para que la superficie del panel esté bien húmeda</li> <li>4. Espesores de panel muy grandes: aumentan la resistencia del paso de aire y aumentan los costes de adquisición y energéticos</li> <li>5. Cálculos estimando un rendimiento medio sobre el 80% (en condiciones óptimas).</li> <li>6. Instalar filtros y sistemas de descalcificación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Precisa de humedades relativas ambientales muy altas</li> <li>2. Efectividad más baja que los otros sistemas</li> <li>3. Diseño que evite que el agua caiga encima de la zona de descanso de los lechones</li> </ol>

<b>Uso en salas de maternidad</b>	Diámetros de gota entre 40-100 $\mu\text{m}$ con 300 y 600 kPa de presión y con un consumo de agua de 4-8 litros/hora.	Paneles de celulosa tratada con un espesor de 10 a 15 cm y una velocidad máxima de aire de 1,25 a 1,75 m/s (según el espesor de los paneles).	Requerimiento de unos 300 ml de agua/hora y cerda; flujo de goteros de 3-3,5 l/hora. Frecuencia recomendada de 1 minuto de goteo y 10 minutos de paro. Mejor control con goteros ajustables.
-----------------------------------	--	---	--

A continuación, se adjunta una tabla donde puede comprobarse cómo disminuye la temperatura del aire exterior a la entrada a la nave mediante el uso de paneles evaporadores (rendimiento del 80%).

Tabla: Efecto de los paneles evaporadores en la disminución de la temperatura del aire exterior a la entrada a la nave. (Magallón et al., 2015)

	<b>HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR (%)</b>							
	<b>35</b>				<b>50</b>			
<b>Temperatura Exterior (°C)</b>	25	30	35	40	25	30	35	40
<b>Disminución de la T° del aire exterior a su entrada a la nave (°C)</b>	-8,5	-10	-11,5	-12,5	-6	-7	-7,5	-8,5

La elección de un sistema u otro depende de la zona geográfica (condiciones de humedad ambiental, temperatura...) y del tipo de diseño y regulación de los sistemas de ventilación. En instalaciones modernas se instala, incluso, una sonda que mide la humedad relativa dentro de las salas de modo que, cuando la humedad relativa asciende por encima del 75-80%, los sistemas de refrigeración dejan de funcionar hasta que la humedad relativa desciende. Igualmente, los equipos de regulación ambiental ponen en marcha de forma automática los sistemas de refrigeración cuando se detecta mediante las sondas que la temperatura de la sala está por encima de un determinado valor (previamente fijado). Se suelen programar para que entren en funcionamiento cuando la temperatura ambiental en el interior de las salas supera los 25-26°C o cuando la temperatura exterior está por encima de los 28-30°C (Magallón et al., 2015).

## 2. Alojamiento

**2.1 Número de mortinatos según el alojamiento de las cerdas en maternidad (Gu et al., 2011; Oliviero et al., 2008a, 2010).**

<b>Alojamiento</b>	<b>Número de nacidos muertos</b>	<b>Promedio de la duración del parto (min)</b>	<b>Camadas</b>
Corrales	0,6 $\pm$ 0,8	208 $\pm$ 58	89
Jaulas	1,1 $\pm$ 1,1	297 $\pm$ 130	133

## 2.2. Efecto de la inducción del parto en las cerdas y sus lechones (Otto et al., 2017).

Variables	Control (n=48)	Inducción (n=48)	SEM	P-valor
Longitud de parto (min)	216	196,8	13,5	0,320
Producción de calostro (kg)	4,81	4,66	0,12	0,455
Producción de calostro (kg)	4,81	4,67	0,12	0,531
Número total de lechones nacidos	13,2	12,5	0,51	0,328
Número total de lechones nacidos vivos	11,7	11,5	0,47	0,705
Lechones nacidos muertos (%)	5,5 (0-31,2)	4,7 (0-22,2)	0,72	0,675
Lechones momificados (%)	5,7 (0-38,5)	2,7 (0-27,3)	0,72	0,058
Peso al nacer (kg)	1,39	1,4	0,0035	0,830
Peso de camada (kg)	19,1	18,6	1,04	0,562

## 3. Composición de química del calostro, leche de transición y leche madura (Theil et al., 2014b)

	Calostro			Leche de transición		Leche madura	
	Temprano	Medio	Tardío				
Tiempo postparto	0 h	12 h	24 h	36 h	3 d	17 d	EE
Composición química (g/100g)							
Lípidos	5,1	5,3	6,9	9,1	9,8	8,2	0,5
Proteína	17,7	12,2	8,6	7,3	6,1	4,7	0,5
Lactosa	3,5	4	4,4	4,6	4,8	5,1	0,1
Matéria seca	27,3	22,4	20,6	21,4	21,2	18,9	0,6
Energía (kJ/100g)	260	276	346	435	468	409	21