

**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Departamento de Medicina y Zootecnia Porcina**

**Cambios en el tamaño de camada y sus efectos en la
producción porcina: Estudio de revisión**

Presenta:

Angelica Lopez Martinez

Asesores:

**Roberto G. Martínez Gamba
Gerardo Ramírez Hernández**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
MATERIAL Y MÉTODOS	9
DESARROLLO	10
CAMBIOS EN LA GENÉTICA DE LA CERDA ACTUAL	10
MEJORAS EN LOS MÉTODOS REPRODUCTIVOS.....	16
CAMBIOS EN LA PORCICULTURA DADOS POR EL TAMAÑO DE CAMADA EN GRANJAS PORCINAS	22
EFECTO DEL TAMAÑO DE CAMADA EN EL PESO DE LOS LECHONES Y LA DISPERSIÓN DE PESOS	28
RELACIÓN ENTRE EL PESO AL NACER Y LA MORTALIDAD	33
ACCIONES O MÉTODOS DE REDUCCIÓN DE MORTALIDAD DE LECHONES DE BAJO PESO	45
PERCEPCIONES A FUTURO DE LA PRODUCCIÓN PORCINA.....	66
CONCLUSIÓN	68
LITERATURA CITADA.....	69

Índice de figuras

Figura 1. Lechón con bajo peso al nacimiento.	6
Figura 2. Cerda hiperprolífica con una camada muy numerosa.	17
Figura 3. Camada muy numerosa con heterogenicidad en sus pesos al nacimiento.	20
Figura 4. Hembra en servicio más pequeña que sus demás compañeras.	20
Figura 5. Atención durante el parto.	28
Figura 6. Dos lechones recién nacidos con diferencia de peso al nacer.	29
Figura 7. Diagrama de causas de mortalidad en lechones	43
Figura 8. Lechones amontonados y bajo la fuente de calor.	58
Figura 9. Suministro manual de sustitutos lácteos durante la lactancia.	60

Índice de tablas

Tabla 1. Fases de alimentación de la cerda gestante.	25
Tabla 2. Causas de mortalidad en lechones.	42
Tabla 3. Prácticas para reducir la mortalidad	64
Tabla 4. Principales estrategias para reducir la mortalidad en lechones.	65

Resumen

La producción porcina mundial se ha incrementado en los últimos años, esto se debe a la mejora en la producción, el manejo, las instalaciones, etc., pero sobre todo en la genética realizada en las líneas actuales. Entre las características que se han mejorado se encuentran: la edad a la pubertad, fertilidad, prolificidad, intervalos intrapartos, etc. Además, sumado a esto se encuentra el avance y mejora de las técnicas reproductivas que han ayudado a mejorar la fertilidad y la prolificidad de las cerdas actuales, como la inseminación artificial, sincronización de hembras, etc. La prolificidad es uno de los caracteres en los que más se ha enfocado la mejora genética, dando como resultado mayor número de lechones nacidos totales, además, debido a la alta variabilidad del peso al nacer, baja supervivencia de lechones con bajo peso al nacer, se ha tratado de mejorar la supervivencia de estos a través de la selección de características como: homogeneidad de peso al nacer, supervivencia a los cinco días de nacidos, peso al nacimiento, peso al destete y caracteres de las reproductoras como: fertilidad, capacidad materna, producción de calostro, cantidad de tetas funcionales y distancia de las mamas. Actualmente se busca emplear la selección de genes importantes para la producción porcina de manera más específica. Debido a que se considera que se ha llegado al punto máximo de prolificidad en las reproductoras, la selección genética debería centrarse más en el aumento de características de rendimiento de calostro, la conformación de la ubre, el número de pezones y las habilidades maternas en las cerdas, así como en la robustez y mayor vitalidad al nacer de los lechones. La producción porcina futura debe enfocarse en mejorar las prácticas y técnicas de reproducción, salud, manejo, alimentación, selección genética y bienestar para dar lo necesario a los animales para expresar al máximo su genética.

Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2020, la producción de carne de cerdo disminuyó un 8 %, debido principalmente al bajo desempeño en los países asiáticos, quienes se han visto afectados por la Peste Porcina Africana (PPA), este escenario llevó a que las importaciones chinas se alzaran sobre 2019; por lo que, el comercio internacional de carne de cerdo mantiene su tendencia alcista debido al aumento en la demanda de carne de cerdo en China (Porcicultura.com, 2020).

Una de las principales empresas porcícolas en China, estimó que los precios domésticos del cerdo mantendrán una tendencia a la baja al menos hasta 2023, lo que obedecería en parte (además del incremento en las importaciones), a que los productores han dejado de vender sus animales en pesos normales. El peso promedio es de aproximadamente 125 kilogramos por cerdo, sin embargo, muchos de los animales que están comprando actualmente se encuentran en los 200 kilogramos. De acuerdo con Bloomberg, en combinación con estas variables, la baja demanda y las ventas de pánico por parte de los productores a causa de los brotes de PPA, han provocado que el precio de los animales haya caído 40% desde enero del 2021 (Porcicultura.com, 2021).

En el ámbito interno se esperaba que en 2021 la producción mexicana sea de 20.8 millones de cabezas, a medida que aumenta la demanda de carne de cerdo en México y en todo el mundo. Los productores porcinos mexicanos continúan integrando verticalmente las cadenas de producción, invirtiendo en tecnología e implementando medidas de bioseguridad para reducir la mortalidad porcina en las granjas. La demanda de carne de cerdo por parte de los consumidores continúa impulsando el crecimiento de la producción porcina en México. Se esperaba que las importaciones de cerdos vivos de México sean de 40, 000 cabezas en 2021, impulsadas por la necesidad de una mejor genética y con fines reproductivos. En 2021, las importaciones en México se prevén en 960, 000 t. de carne, ya que en gran medida el país depende de las importaciones de carne de cerdo de Estados Unidos de América para satisfacer la demanda interna. Se esperaba que las exportaciones en México sean de 340, 000 t en 2021. Esta previsión se atribuye a la mayor demanda internacional de carne de cerdo mexicana, ya que la oferta de carne de cerdo mexicana se mantiene estable y el producto conserva su alta calidad (3Tres3, 2020).

En la actualidad la porcicultura a nivel mundial pasa por una serie de problemas, entre los cuales se encuentran: sanitarios, debido a enfermedades como el Síndrome Reproductivo y Respiratorio del Cerdo (PRRS), la Diarrea Epidémica Porcina (DEP), enfermedades asociadas al Circovirus porcino tipo 2 (PCV2), Influenza porcina y pleuropneumonía porcina entre otras, aunado a problemas comerciales como la baja demanda de productos, alza en precios de insumos, cierre de fronteras; además, se requieren cada vez más medidas de bioseguridad, manejo, tecnología e innovación. Por otra parte, hay una tendencia sostenida de producir de forma más rápida, eficiente y cada vez más animales en menos tiempo, lo que genera una producción más intensiva y tecnificada que provoca una mayor presión para los productores, para los animales (específicamente para las reproductoras al requerirse que tengan cada vez más lechones y su periodo entre partos sea más corto, principalmente reduciendo la lactancia y disminuyendo el tiempo de involución uterina) y para los ecosistemas, así como un deterioro del medio ambiente (escasez de recursos, uso del agua y contaminación).

Un problema específico que enfrentan las granjas industriales, es que la producción porcina cada vez requiere mayor número de lechones por camada, y a pesar de que el incremento en el tamaño de la camada mejora la eficiencia productiva de la cerda como un todo, podría también traer efectos desfavorables en los siguientes aspectos, uno es el

desempeño de la cerda durante la lactancia, otro es la distribución de peso al nacimiento y supervivencia del lechón en camadas más numerosas y su posterior comportamiento durante la engorda (Lanferdini, *et al.*, 2018).

Otros retos de tener tamaños de camada más grandes incluyen el bajo peso promedio de la camada y lechones de bajo peso al nacer¹ (**Figura 1**), que como consecuencia se reflejan en una mayor variación de pesos al nacimiento (Rendón del Águila, *et al.*, 2017). Bajos pesos al nacimiento causan un deterioro en la supervivencia del lechón y han reducido también su posterior desarrollo y crecimiento en las fases subsiguientes de destete, desarrollo y engorda (El sitio porcino, 2021).



Figura 1. Lechón con bajo peso al nacimiento.

La mortalidad de lechones, es el resultado de un conjunto de interacciones complejas entre la cerda, el lechón y el ambiente. Aunque el aplastamiento por la cerda es la principal causa última de muerte de los lechones, ésta suele ser consecuencia en último término de la hipotermia perinatal y la inanición (50-60 % de la mortalidad en los 2-3 primeros días de vida). El vigor de los lechones y su peso al nacimiento, así como la conducta maternal de la cerda, tienen un efecto muy importante en la supervivencia de los lechones. Por lo tanto, las estrategias de manejo dirigidas a reducir el estrés de la cerda y a mejorar el vigor de los lechones al nacer son fundamentales para reducir la mortalidad neonatal (Roldán, *et al.*, 2019).

Los lechones con un peso al nacimiento bajo presentan tanto un riesgo mayor de muerte, así como un crecimiento reducido durante la lactación. Así pues, aquellos lechones con un peso inferior a 1.0 kg al momento de nacer tienen un riesgo mayor de morir antes de ser destetados (Mainau, *et al.*, 2015).

Hoy en día la población humana es cada vez mayor y requiere alimentos más accesibles y nutritivos para poder alimentarnos. Debido a esto la producción está avanzando de manera más rápida y presionando la capacidad de los animales. De manera que la mejor forma de impulsar el crecimiento y desarrollo de esta industria, es por medio de la innovación de tecnología en mejoramiento genético, así como modernizar los sistemas de producción e incorporar nuevas tecnologías y el uso de técnicas de reproducción asistida que permita mejorar genéticamente a los cerdos en las pequeñas y grandes producciones, tales como la inseminación artificial, en donde el uso de semen conservado mediante la utilización de bajas temperaturas logra reanimar las células después de un largo periodo, sin perder su capacidad fecundativa y, posteriormente, hacer una inseminación artificial efectiva; así mismo lograr el ingreso en los mercados extranjeros como estrategia para asegurar la sobrevivencia de la empresa, además de competir y

¹ Menos de 1 kg

generar riqueza social (Zavala, 2001; Gadea, 2004; Torres, *et al.*, 2014; Yan, *et al.*, 2017, citado en Iglesias *et al.*, 2017).

Objetivo general

Brindar información sobre el efecto del tamaño de la camada en cerdas en la producción porcina, a partir de la compilación y revisión sistemática de información documental, con la finalidad de generar un documento que apoye la comprensión de este fenómeno a los Médicos Veterinarios Zootecnistas y productores dedicados a esta actividad.

Objetivos específicos

- Obtener información acerca de las diferentes repercusiones que tiene el tamaño de camada en cerdos en la actualidad, ya sea en aspectos productivos, reproductivos, sanitarios, económicos y de manejo.
- Realizar recopilación de información que sea útil para productores, que les ayude a entender los cambios y repercusiones que puede traer el tamaño de camada en sus producciones y a entender mejor la porcicultura actual.

Material y Métodos

Para la realización del presente estudio recapitulativo se revisaron libros, revistas, artículos electrónicos y páginas web, realizando lectura, análisis, resumen, síntesis y obtención de la información que sea útil para el estudio de revisión. Se dio preferencia a aquellos materiales publicados en los últimos diez años y se revisó la información relacionada con aspectos de genética, reproducción, producción, economía, nutrición, manejo, salud y bienestar animal.

Se realizaron dos tablas a modo de resumen de los capítulos “Relación entre el peso al nacer y la mortalidad” y Acciones o métodos de reducción de mortalidad en lechones de bajo peso”.

Se realizó una matriz de doble entrada en el capítulo “Acciones o métodos de reducción de mortalidad de lechones de bajo peso”, para poder analizar las ventajas, desventajas y consecuencias de las principales prácticas para reducir la mortalidad en lechones.

También se elaboró un diagrama de Ishikawa en el cual se analizó como influyen los elementos de la producción porcina (instalaciones y equipo, proceso productivo, mano de obra y medio ambiente) en la mortalidad neonatal en lechones.

Desarrollo

Cambios en la genética de la cerda actual

El avance genético alcanzado en los últimos años es un reto para el MVZ y productores del sector porcino, ya que no sólo deben ser capaces de producir mayor número de cerdos/cerda/año, sino que además estos deben ser de la mayor calidad posible. En estos dos aspectos radica el éxito del uso de estas líneas genéticas, es aquí donde el manejo adquiere una especial importancia para que el trabajo realizado desde la entrada de las cerdas de reposición hasta el destete de su camada sea lo más eficiente posible (Sanjoaquin, 2015).

Tales han sido los avances genéticos, al punto que no se habla ya de razas, sino de líneas genéticas, lo que indica el grado de especialización al que esta industria ha llegado (German, *et al.*, 2005; Arbeláez y Cardona, 2009; FAO, 2010; Salas, 2012; Guerrero y Posada, 2015; Hoyos, 2015, citado en Iglesias *et al.*, 2017).

La productividad numérica, como medida de la eficiencia reproductiva, puede mejorarse a través de la acción sobre sus componentes: edad a la pubertad, fertilidad, prolificidad y tiempos improductivos. En el proceso de mejora de dichas variables caben dos estrategias complementarias: por una parte, la mejora de las prácticas de manejo, la alimentación, la sanidad, las instalaciones, el bienestar animal, y, por otra, la selección y mejora genética de dichos caracteres. La prolificidad es el carácter más importante desde el punto de vista tanto genético como económico, por su impacto sobre la producción (Noguera, 2011).

En las últimas décadas, la aplicación de nuevas estrategias de selección de la prolificidad como el empleo en la selección de métodos matemáticos como la mejor predicción lineal insesgada o BLUP; mayores niveles de intensidad de selección impulsados por el uso generalizado de la inseminación artificial han producido importantes tasas de respuesta genética. La aplicación de los nuevos conocimientos aportados por la investigación del genoma porcino y de la genética cuantitativa probablemente permitirá el desarrollo y aplicación de nuevas estrategias de selección mucho más eficientes, como la recientemente propuesta “selección genómica” (Noguera, 2011).

Selección genética

En la siguiente lista se enumeran características maternas sobre las que se ejerce presión de selección en la actualidad y que han hecho que haya que adaptarse a nuevos manejos como resultado del aumento de los índices productivos. Entre ellos están:

- Nacidos totales.
- Nacidos vivos.
- Peso de la camada.
- Lechones supervivientes a los 5 días.
- Mortalidad en lechones. Número de lechones destetados/cerda.
- Longevidad de las cerdas.
- Retención de las cerdas.
- Número de camadas destetadas.
- Cantidad/distancia de las mamas.
- Intervalo destete-cubrición.
- Cantidad de calostro.
- Homogeneidad de pesos al nacimiento (Caballer, 2017).

Edad a la pubertad

En la actualidad la edad a la pubertad es de 24-28 semanas de edad y con un peso aproximado de 75-80 Kg.

La edad temprana a la pubertad puede ser, también, un factor de progreso en la eficiencia económica de la producción porcina. Una pubertad tardía incrementa la duración de los tiempos improductivos hasta la primera cubrición y complica el manejo del rebaño (Rydhmer, 1993, citado en Noguera 2011). Por otra parte, edades tempranas a la pubertad pueden mejorar el progreso genético al disminuir el intervalo generacional (Hixon, *et al.*, 1987, citado en Noguera 2011). Por otra parte, Lamberson *et al.* (1991, citado en Noguera 2011), demostraron que la edad a la pubertad puede ser disminuida por selección. La respuesta que obtuvieron después de ocho generaciones de selección fue de -15.7 días y la heredabilidad realizada de 0.25.

Tendencias genéticas en el tamaño de la camada

Al respecto Rutherford *et al.* (2013, citado en Baxter, *et al.*, 2020), intentaron clasificar el tamaño de la camada en zonas basándose en umbrales particulares que afectan la gestión. 'Muy grande' (más de 21 lechones en total por cerda) y 'grande' (14-20 lechones por cerda). Se identificó que las camadas requerían intervención para asegurar la supervivencia de los lechones porque es poco probable que la mayoría de las madres puedan criar adecuadamente más de 14 lechones (es decir, igual al número de tetinas funcionales) hasta el destete. Algunos autores han sugerido que, basándose en la estrategia de la historia de vida del cerdo, una cerda está predispuesta para sustentar solo de 11 a 12 lechones (Andersen, *et al.*, 2011, citado en Baxter, *et al.*, 2020).

Prolificidad

La prolificidad está representada por los lechones nacidos vivos de por vida, desde el primer parto hasta la extracción (Koketsu, *et al.*, 1999; Bergman, *et al.*, 2018, citado en koketsu e lida, 2020). La prolificidad es el carácter más importante, tanto desde el punto de vista económico como genético, para mejorar la productividad numérica (Legault, 1978; Smith, 1983, citado en Noguera, 2011). Tradicionalmente, la prolificidad se ha considerado un carácter difícil de mejorar genéticamente. Sin embargo, la selección para incrementar la prolificidad en el porcino se ha llevado a cabo desde hace cientos de años con relativo éxito (Noguera, 2011).

Aunque la tasa anual de mejora genética resultara casi inapreciable, sí resultaba ser acumulativa en el tiempo. En las últimas décadas, con el mayor conocimiento de las leyes de la herencia y de las bases genéticas que rigen los distintos caracteres de interés económico, se han desarrollado metodologías y esquemas de mejora genética que han aumentado sustancialmente las tasas anuales de progreso genético.

La prolificidad es un carácter cuantitativo complejo, que está regulado por un gran número de genes. Presenta, como características, una baja heredabilidad, en torno a 0.10, su expresión está limitada a un sexo, además, se manifiesta a edades no tempranas (en torno al año de vida).

Esta revolución en cuanto a la selección de la prolificidad en el porcino, junto a la masiva utilización, de manera estructurada y sistemática, del cruzamiento entre líneas seleccionadas de alta prolificidad², para obtener hembras cruzadas F1 y sacar provecho de la heterosis (en torno al 10%) y complementariedad de las líneas, ha tenido como efecto el aumento sistemático del tamaño de camada en las dos últimas décadas (Noguera, 2011).

² Más de 12-14 lechones nacidos totales

En los últimos años, la mejora genética se ha centrado fuertemente en la selección de hiperprolificidad en cerdas con el objetivo de aumentar la eficiencia reproductiva y el número de lechones recién nacidos. La hiperprolificidad puede haber aumentado las tasas de ovulación, el número de embriones que sobreviven después de la implantación y la capacidad uterina (Foxcroft, *et al.*, 2007, citado en Beltrán, 2013). Una tasa de ovulación mayor que el número de lechones que la cerda puede mantener con vida durante la gestación aumenta la competencia entre los fetos por los nutrientes y el oxígeno, se conduce a una disminución del peso al nacer de los lechones y una mayor variabilidad en el tamaño del cerdo (Beaulieu, *et al.*, 2010, citado en Beltrán, 2013). Por lo tanto, el uso de cerdas hiperprolíficas pueden tener una afectación directa en la calidad de los lechones, penalizando el peso y uniformidad de la camada al nacer.

Fertilidad

La fertilidad es el porcentaje de las hembras que quedan gestantes después del primer servicio (ideal 85-95%). Otro carácter fundamental a tener en cuenta en la producción porcina es la fertilidad, por su incidencia en la economía de la explotación. Un bajo porcentaje de fertilidad³ en el hato ocasiona un elevado número de días improductivos y, como consecuencia, una pérdida importante en la eficiencia de la producción, con aumento de los costos económicos. La fertilidad es un carácter complejo y su expresión se define como discreta, con dos categorías:

- 1 = cubrición positiva, da lugar a una preñez.
- 0 = cubrición negativa, no da lugar a preñez.

El porcentaje de cubriciones positivas (concepciones) depende de un gran número de factores, entre éstos están la aptitud reproductiva tanto del macho como de la hembra, y diversos factores conocidos (por ejemplo, la época del año, el tipo de monta, la edad del animal, la raza, etc.) y otros no conocidos. La selección de machos de acuerdo con su capacidad para fertilizar hembras en monta natural o en inseminación artificial puede tener un enorme interés económico.

Por otra parte, la evaluación genética tanto de machos como de hembras, basada en el carácter fertilidad de la hembra, puede proporcionar una herramienta muy útil para seleccionar a la progenie. De ahí que el conocimiento de las heredabilidades y de la correlación genética existente entre la fertilidad del macho y la de la hembra sea de capital importancia para los programas de mejora de dicho carácter (Noguera, 2011).

Capacidad maternal

La capacidad materna se refiere a la producción lechera que tienen las cerdas durante la lactancia. Uno de los aspectos importantes que habrá que considerar en el futuro, si se quiere seguir incrementando la prolificidad y, por ende, la productividad numérica, son las limitaciones que se tienen en la capacidad maternal para amamantar más lechones. En este sentido, en los objetivos de selección deberán contemplarse otros caracteres tales como la capacidad lechera de las cerdas o el incremento del número de tetas (Rodríguez, *et al.*, 2005, citado en Noguera, 2011).

La producción de leche de la cerda y la ingesta de leche de los lechones determinan su desempeño temprano. En otro estudio Harrell *et al.* (1993, citado en Noguera, 2011), verificaron que los lechones alimentados y con dieta artificial crecían, en promedio, un 70% más rápido y eran un 53% más pesados a los 21 días de edad en comparación con los que quedaban con la cerda, aumentando que la producción de leche de la cerda no supiera

³ Menor al 85%

todos los requerimientos nutricionales de los lechones. Según Boyd *et al.* (1995 citado en Noguera, 2011), las cerdas que crían 10 lechones de hasta 21 días de edad deben producir entre 18 y 20 kg de leche por día. Sin embargo, las cerdas hiperprolíficas modernas pueden producir solo 1 kg de leche por lechón en camadas de hasta 14 lechones (Auldust, *et al.*, 1998, citado en Noguera, 2011). Por tanto, los lechones pueden experimentar restricción nutricional durante el amamantamiento y presentar un escaso aumento de peso diario. El potencial genético para el aumento de peso diario solo puede expresarse si los animales tienen acceso a la cantidad necesaria de nutrientes (Noguera, 2011).

Cantidad de calostro

En la actualidad, en cerdas hiperprolíficas se están seleccionando, con base en otros caracteres entre los que se encuentran la cantidad de calostro y la homogeneidad en el peso al nacimiento de los lechones. La cantidad de calostro es muy importante en las cerdas hiperprolíficas ya que, como en todas las genéticas, siempre se debe asegurar que el lechón consume la cantidad adecuada de calostro para su óptima inmunización, pero sin olvidar que para estas genéticas en particular el aumento del tamaño de la camada hace que sea complicado que la cerda produzca calostro suficiente para toda la progenie, ya que la producción media de calostro de una cerda es de 3.6 L (1.9-5.3 L máximo) y los lechones necesitan consumir 250-300 ml de calostro en las primeras horas de vida para un balance energético estable (Caballer, 2017).

Cantidad y distancia de las mamas

Se busca que las cerdas tengan más de doce glándulas mamarias, que sean simétricas y aparentemente funcionales.

Una manera de limitar los movimientos en maternidad es que las cerdas posean una elevada producción lechera (producciones actuales de 12-14 L de leche/día en el pico de lactación) y la otra es seleccionar las cerdas por cantidad y calidad de glándulas mamarias, de forma que se pueda amamantar a un mayor número de lechones por cerda. El cuidado y la calidad de las glándulas mamarias de las cerdas a lo largo de su vida productiva es importante para tener el mayor número de mamas disponibles y funcionales (Caballer, 2017).

Nacidos totales y nacidos vivos

Los lechones nacidos totales se definen como la cantidad total de lechones nacidos en cada parto (vivos y muertos).

El número de nacidos totales y el número de nacidos vivos son dos de los caracteres en los que hay que fijarse a la hora de elegir el tipo de cerda hiperprolífica que se quiere en la explotación, entre otros parámetros. Lo que se busca es conseguir que las cerdas paran el mayor número posible de lechones (nacidos totales) con el mayor número de nacidos vivos (10-14 mínimo) y con el menor número de nacidos muertos (máximo 2-4%) y momificados (máximo 1%); aquí es muy importante recalcar el manejo de la cerda primípara cuyos resultados productivos al primer parto indicarán el potencial productivo en los partos siguientes. Principalmente interesa conseguir el mayor número de nacidos vivos, aunque el número de nacidos totales y nacidos vivos tienen una baja heredabilidad⁴, por lo que se incidirá en otros factores como sanidad, instalaciones, alimentación y manejo. Una buena atención en el parto es crucial para obtener eficacia en estos dos caracteres (Caballer, 2017).

⁴ Menor al 0.20

Peso de la camada

Siempre se busca el mayor peso al nacimiento, ya que este incide en el peso durante la vida productiva del cerdo. El peso de la camada tiene una heredabilidad del 27 % que hay que trabajar para conseguir camadas numerosas con buen peso al nacimiento; además, hay estudios que demuestran que una mayor prolificidad⁵ indica un menor peso medio al nacimiento, mayor variabilidad y mayor porcentaje de lechones de menos de 1 kg, lo que hace que se aumente la atención en el parto y en los primeros días de vida del lechón (Sanjoaquín y Vela, 2015, citado en Caballer, 2017).

Se debe tener en consideración que el peso al nacimiento de los lechones tiene una baja heredabilidad⁶ pese a que los pesos finales y las ganancias medias diarias suelen tener un mayor componente genético (heredabilidad media-alta) (Wang, *et al.*, 2016, citado en Crespo y Gadea, 2020).

Homogeneidad de pesos al nacimiento

La homogeneidad de los pesos al nacimiento es crucial para el manejo en maternidad; al aumentar el tamaño de la camada la variabilidad de pesos al nacimiento es mucho mayor y, por tanto, el peso medio al nacimiento menor, por lo que hay más lechones de bajo peso⁷ y la mortalidad en maternidad es fácil que aumente. En la actualidad se está trabajando en la selección de este carácter para aumentar la tasa de supervivencia predestete y favorecer el manejo en maternidad (Caballer, 2017).

En los últimos años, con la aparición de las cerdas hiperprolíficas, el manejo ha adquirido gran importancia dentro del sector porcino, ya que nos interesa destetar el mayor número posible de lechones/cerda/año, pero, además, -y esto es de gran importancia- que éstos sean de la mayor calidad posible y con la menor variación posible en los pesos al destete.

El aumento del tamaño de camada en estas cerdas (si se pasa de 10 a 15 lechones) equivale a una mayor variación en los pesos al nacimiento (del 15 al 24 %) y a un mayor porcentaje de lechones con <1 kg (del 3 al 15 %). Sin embargo, este aumento del tamaño de camada no parece afectar negativamente a la fertilidad y la longevidad de las cerdas. Por lo tanto, es una gran oportunidad de aumentar la producción en las granjas (Sanjoaquin, 2015).

Supervivencia a los cinco días

Las casas de genética también inciden en la supervivencia de los lechones a los 5 días de vida; para mejorar este carácter y seleccionar por esta vía se engloban otros caracteres como los nacidos totales, nacidos vivos, mayor vitalidad al parto y mejor “encalostramiento”, con el objetivo de reducir el número de bajas en los primeros 2 o 3 días y así que se destete el mayor número de lechones (Caballer, 2017).

Mortalidad de lechones

La mortalidad de lechones hace referencia a los lechones muertos durante la etapa de lactancia. Otro de los principales objetivos es disminuir la mortalidad en maternidad, ya que esto mejorará significativamente los datos. El 50-60 % de la mortalidad en los 2-3 primeros días de vida se debe a aplastamientos (Caballer, 2017).

⁵ Más de 14 lechones nacidos totales

⁶ Menor al 0.20

⁷ Menor a 1 Kg

Lechones destetados por cerda

La meta actual es tener al menos 30 lechones destetados al año por cada cerda. Al reducir la mortalidad se consigue un mayor número de lechones destetados por cerda y una buena producción lechera por parte de las cerdas que ahorra movimientos en la maternidad. Se pueden seleccionar cerdas para este carácter, pero también hay que pensar en la alimentación y el agua como factores importantes para la cantidad y calidad de la leche y, finalmente, para la calidad del lechón (Caballer, 2017).

Camadas destetadas por cerda

Cuando el número de camadas destetadas por cerda es bajo no logramos los objetivos a cumplir y generamos un sobrecosto al necesitar reposición extra. Es fundamental trabajar una buena adaptación sanitaria y productiva de la reposición (Caballer, 2017).

Intervalo destete-cubrición

El intervalo destete-cubrición se refiere a los días transcurridos entre el destete hasta que la hembra queda gestante nuevamente. En cuanto al intervalo destete-cubrición, lo que pretende la mejora genética es reducirlo para así aumentar el número de ciclos por cerda y año. Uno de los objetivos en la explotación es cubrir al 90 % de las cerdas con un IDC inferior a 7 días, ya que así se mejorará la tasa de fertilidad y el tamaño de camada. Acortando este intervalo estamos reduciendo los días no productivos y mejoramos los datos económicos, ya que cada día improductivo de una cerda cuesta entre 2 y 3 euros (Caballer, 2017).

Longevidad de las cerdas

Se define como el número de parto en el cual es extraída la cerda del hato productivo (5-6 parto).

La longevidad de las cerdas es un carácter que se selecciona, junto a otros factores extrínsecos, para disminuir la mortalidad y la eliminación de éstas, para así aumentar el porcentaje de retención, estabilizar el censo y la sanidad de la granja (Caballer, 2017).

Otros cambios dados en la genética de los cerdos actuales

La selección de la capacidad de la cerda para dar a luz un mayor número de lechones, ha llevado a una mayor variación dentro de la camada en el peso al nacer de los lechones. Se ha propuesto un peso crítico al nacer de 950 g, por debajo del cual se puede modificar el desarrollo de miofibras y lípidos. El peso al nacer es un rasgo importante en la producción porcina (Quiniou, *et al.*, 2002, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012). El bajo peso al nacer es el resultado del retraso del crecimiento intrauterino (RCIU) durante la gestación. Los lechones pequeños forman una menor cantidad total de fibras de músculo esquelético durante el desarrollo prenatal en comparación con sus compañeros de camada más grandes (Gondret, *et al.*, 2006, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012). Los resultados de un estudio de Quiniou, *et al.* (2002, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012), demostraron que el peso corporal promedio de los lechones puede disminuir y el porcentaje de lechones con bajo peso al nacer puede aumentar al aumentar el tamaño de la camada. Estos hallazgos se han asociado con el efecto conocido como apiñamiento intrauterino, que, junto con factores genéticos y epigenéticos, influye en la angiogénesis, el crecimiento y la vascularización de la placenta. En consecuencia, el suministro de nutrientes y oxígeno de los fetos y, en última instancia, su crecimiento y desarrollo se ven afectados (Town, *et al.*, 2004; Wu, *et al.*, 2006, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012). Père y Etienne (2000, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012), informaron que cuando aumenta el tamaño de la camada, aumenta el flujo sanguíneo uterino, pero en menor medida que el número de fetos. Esto da como resultado una reducción del flujo sanguíneo uterino por feto, que luego podría afectar el suministro de nutrientes fetales, su crecimiento y desarrollo se ven afectados (Town, *et al.*, 2004; Wu, *et al.*, 2006, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012).

Al elegir la genética, debe tenerse en cuenta qué es lo que se busca, ya que, aunque se engloba a todas las líneas modernas bajo el concepto de cerdas hiperprolíficas, no son iguales; hay que ser consciente de las condiciones de cada explotación (sanidad, instalaciones, alimentación y manejo) para elegir correctamente (Sanjoaquin, 2015).

Los futuros desarrollos que se vislumbran de la investigación del genoma porcino y de la genética cuantitativa probablemente acelerarán el proceso de descubrir más genes y su uso en estrategias óptimas para la selección genómica (Meuwissen, *et al.*, 2001, citado en Noguera, 2011). El conocimiento de los genes que afectan a caracteres cuantitativos (QTL) responsables de las diferencias fenotípicas (por ejemplo, en prolificidad) permitirá la selección directa para estos genes, o marcadores asociados, con el consiguiente incremento de la tasa de mejora. Los caracteres con baja heredabilidad⁸, como la prolificidad, la fertilidad o la supervivencia de los lechones son los más interesantes para ser utilizados en selección genómica, una estrategia nueva para incrementar la respuesta genética respecto a la selección tradicional.

Son muchos los retos futuros de la genética porcina. Los cambios y las ganancias potenciales derivados de la implementación de la selección genómica en porcino son prometedores. Sin embargo, evaluar si el incremento del progreso genético asociado al uso de la genómica compensa los costos derivados de su implementación, es una tarea pendiente de concretar en el sector (Llibertad, 2016). Aun así, hay diversas situaciones en porcinos en que la selección genómica puede mejorar la precisión de los valores de cría debido a que los caracteres:

- Presentan una heredabilidad baja (tales como fertilidad, prolificidad, mortalidad de los lechones).
- Están medidos en un número de animales limitado (solo medidos en un sexo o caracteres de resistencia a enfermedades).
- Están medidos tardíamente en la carrera productiva del individuo (longevidad, calidad de carne).
- Están medidos tras el sacrificio del animal o en las canales de sus parientes (calidad de carne).
- Son costosos y/o imposibles de medir en el propio individuo o rutinariamente (calidad de la carne y rendimiento a la canal, resistencia a enfermedades, olor sexual, comportamiento y bienestar animal etc.)

Con el uso de cerdas hiperprolíficas, hay una tendencia a ver lechones con partos más prolongados y complicados, más retraso del crecimiento intrauterino (RCIU), menor peso al nacer y poca vitalidad, con una mayor competencia por una ingesta adecuada de calostro. Estos aspectos representan no solo una cuestión relacionada con la producción, sino también una cuestión ética. Para algunas líneas genéticas porcinas, con respecto al promedio de lechones nacidos por camada, parece que han alcanzado el máximo fisiológicamente tolerable para las cerdas y los lechones. A partir de ahora, la selección genética debería centrarse más en el aumento de las características de rendimiento de calostro, la conformación de las glándulas mamarias, el número de pezones, las habilidades maternas en las cerdas, en la robustez y mayor vitalidad al nacer de los lechones (Oliviero, *et al.*, 2019).

Mejoras en los métodos reproductivos

Las mejoras realizadas en los últimos años en las granjas porcinas han supuesto un incremento significativo en la productividad de las explotaciones en comparación con las obtenidas décadas atrás (Rocadembosch, *et al.*, 2016; Koketsu, *et al.*, 2017, citado en

⁸ Menor al 0.20

Crespo y Gadea, 2020). La mejora genética y productiva ha permitido un aumento en el número de lechones producidos por cerda (Johnson, et al., 1999, citado en Crespo y Gadea, 2020), con un incremento del tamaño de camada, pasando de una media de 10-11 lechones nacidos vivos en la década de los 90, hasta obtener medias de 16 lechones con la utilización de las líneas hiperprolíficas (Kemp, et al., 2018; Oliviero, et al., 2019, citado en Crespo y Gadea, 2020).

El éxito de la selección del tamaño de la camada al nacer (Damgaard, et al., 2003 citado en Beltrán, 2013) se inició hace aproximadamente 15 años mientras que el crecimiento de los lechones fue incorporado recientemente con el objeto de mejorar el crecimiento (Canario, et al., 2010, citado en Beltrán, 2013); sin embargo, se ha demostrado que la productividad de la cerda es medida por el número de lechones producidos por año, que también depende de la capacidad de sobrevivencia de los mismos, además de la vitalidad en el destete, la correlación genética indica que la selección de la capacidad de las cerdas para dar un mayor número de lechones nacidos vivos en el parto puede al mismo tiempo, poner en peligro su capacidad de dar camadas homogéneas (Damgaard, et al., 2003, citado en Beltrán, 2013), lo cual es importante para la supervivencia postnatal de los lechones (Damgaard, et al., 2003; Rehfeldt, et al., 2011, citado en Beltrán, 2013).

De acuerdo con Peña (2011, citado en García, et al., 2019), la cerda posee períodos reproductivos y productivos más rápidos que las demás especies domésticas, los estrechos intervalos de tiempo entre partos, 142 a 149 días en zonas de producción comercial, con lactancia de 21 o 28 días, permiten tener 2.4 partos por año. El número de nacimientos obedece a la planeación de los períodos de producción, a la duración del parto (143 días) y de la lactancia (21 días), los cuales pueden cambiar (Sagarpa, 2016, citado en García, et al., 2019).

La cerda hiperprolífica se define como la hembra que pare más de 15 lechones nacidos totales por parto e indica que el número de lechones nacidos totales es un carácter sobre el cual se ha ejercido una presión de selección importante (**Figura 2**). Actualmente, en relación con la línea materna, las casas de genética siguen diferentes objetivos de selección que podemos dividir en dos grupos (Sanjoaquín y Vela, 2015, citado en Caballer, 2017):

- Caracteres maternos (44,2 %)
- Caracteres cárnicos (55,8 %).



Figura 2. Cerda hiperprolífica con una camada muy numerosa.

(Referencia: https://www.3tres3.com/articulos/%C2%BFes-eficiente-la-lactacion-de-las-cerdas-hiperprolificas-1-2_38044/).

Este creciente número de lechones es un gran desafío para la fisiología de la cerda durante la gestación, el parto y la lactancia. Existe una correlación negativa entre el número de fetos de cerdo y el crecimiento de los fetos individuales; de manera similar, un

gran número de fetos está relacionado con un flujo sanguíneo uterino reducido por feto (Pere y Etienne, 2000, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Este flujo sanguíneo uteroplacentario reducido y / o angiogénesis puede estar asociado con una condición patológica conocida como retraso del crecimiento intrauterino (RCIU) (Reynolds *et al.*, 2006). En las cerdas hiperprolíficas, la falta de espacio en el útero también se ha indicado como una razón principal para la reducción del crecimiento fetal (Vallet, *et al.*, 2014; Vonnahme, *et al.*, 2002, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

Las observaciones realizadas en muchos estudios en los últimos 26 años muestran un aumento en la duración del parto cuando aumenta el tamaño de la camada. Esto puede afectar negativamente a la cerda por una mayor duración de este proceso doloroso, inflamación del útero y riesgo de retención placentaria (Björkman, *et al.*, 2017; Jarvis, *et al.*, 2018; Kaiser, *et al.*, 2018, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Las camadas grandes son difíciles de manejar también durante la lactancia, porque las cerdas pueden tener un promedio de 14 a 16 tetas (Labroue, *et al.*, 2001); sin embargo, no todas las tetas pueden estar activas. Andersen *et al.* (2011, citado en Oliviero, *et al.*, 2019), sugieren que sin manipulación del tamaño de la camada y sin ayuda humana, la cantidad de lechones que una cerda puede destetar con éxito no es más de 10 a 11.

Un número de lechones por encima de los pezones disponibles puede estar relacionado con un aumento de las lesiones mamarias, como heridas en la piel o úlceras más profundas causadas por los dientes de los lechones que pueden ser infectados por bacterias ambientales (Hultén, *et al.*, 2003; Martineau, *et al.*, 2012, citado en Oliviero *et al.*, 2019). Por lo tanto, durante la lactancia de camadas grandes, las lesiones cutáneas persistentes o las infecciones granulomatosas profundas pueden representar un mayor desafío para el sistema inmunológico de la cerda, con una mayor actividad local de macrófagos, linfocitos y células plasmáticas (Hultén, *et al.*, 2003, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

Normalmente, las cerdas están en anestro durante la lactancia y comienzan su nuevo ciclo el día del destete. Las cerdas primíparas híbridas modernas que amamantan a un gran número de lechones pueden perder cantidades sustanciales de reservas corporales durante la lactancia. Esto compromete el desarrollo del folículo durante la lactancia. Como las cerdas modernas tienen intervalos cortos entre el destete y el estro, estos folículos comprometidos se reclutan para la ovulación directamente después del destete, lo que resulta en tasas de ovulación más bajas y menor supervivencia del embrión. Posponer o saltarse el primer estro después del destete en las primíparas puede ayudar a limitar las consecuencias negativas de la lactancia en la reproducción posterior. Las cerdas multíparas pueden tener un tamaño de camada muy alto, especialmente después de largas lactaciones aplicadas en cerdas orgánicas. Estos tamaños de camada altos comprometen el peso al nacer y la supervivencia de los lechones y su rendimiento posterior. Inducir el celo de la lactancia en cerdas multíparas puede ayudar a limitar el tamaño de la camada y mejorar la supervivencia y el rendimiento de los lechones (Kemp y Seoede; 2012).

En una revisión (Kemp y Seoede; 2012) se planteó la cuestión de si el destete debería ser el inicio del ciclo reproductivo en la cerda hiperprolífica. La extensión del intervalo entre el destete y la inseminación mediante herramientas de manejo como el tratamiento sin celo o con análogos de progesterona mejora la reproducción posterior en las primíparas. Por lo tanto, especialmente para aquellas cerdas modernas que sufren pérdidas sustanciales de condición corporal durante la lactancia, se debe cuestionar el destete como inicio del ciclo reproductivo.

El pensamiento actual es que, en cerdas con grandes pérdidas de peso durante la primera lactancia, el desarrollo del folículo antral ovárico se ve comprometido debido a que los intermediarios metabólicos afectan directa e indirectamente (a través de la liberación de LH hipofisaria), el crecimiento y la calidad del folículo. En la cerda moderna con intervalos

cortos entre el destete y el estro, estos folículos comprometidos se reclutan el día del destete debido a la alta frecuencia / liberación de LH de baja amplitud desde el hipotálamo/ sistema pituitario que comienza con la extracción del lechón. El desarrollo de folículos comprometidos durante la lactancia da como resultado un menor desarrollo de folículos y una calidad de folículos y ovocitos comprometida, lo que da como resultado una baja en: la tasa de ovulación, una supervivencia embrionaria y fetal (Quesnel, 2009, citado en Kemp y Seoede, 2012).

La selección para aumentar el tamaño de la camada ha dado como resultado un aumento sustancial en la tasa de ovulación, pero también ha aumentado el número de muertes embrionarias y fetales debido a una capacidad uterina limitada (Kemp et al. 2007, citado en Kemp y Seoede, 2012) y también ha disminuido el peso al nacer de los fetos supervivientes. (Foxcroft, *et al.*, 2009, citado en Kemp y Seoede, 2012). Esto último conduce a mayores riesgos de mortalidad de lechones (Quesnel, et al. 2008) y tiene consecuencias a largo plazo para, por ejemplo, el potencial de crecimiento magro (Foxcroft, *et al.* 2009; Foxcroft, *et al.*, 2012, citado en Kemp y Seoede, 2012).

La estabilidad de altos niveles de eficiencia reproductiva es esencial en la producción moderna porcina, por lo que hay que tener presente los principales factores que la afectan:

- Genética: Esta juega un papel de gran importancia para mantener la eficiencia reproductiva, ya que varios rasgos reproductivos como la tasa de ovulación, la supervivencia embrionaria, el número lechones nacidos, número lechones destetados, pubertad, libido femenina y tamaño testicular son influenciados por la genética (Rothschild, 1996, citado en Quirós, 2016).
- Nutrición: Al someter a las reproductoras a un déficit nutricional, se logran afectar de manera directa los parámetros reproductivos de las mismas, ocasionando un retraso de la pubertad, atraso del celo después del destete, disminución de la tasa de ovulación y reducción de la tasa embrionaria (Dourmad, *et al.*, 1994; Cosgrove y Foxcroft 1996, citado en Quirós, 2016).
- Ambiente: Los cerdos son muy sensibles a los cambios climáticos por lo que uno de los factores que más los afecta es la alta temperatura, generando una disminución en los parámetros productivos tales como disminución en el porcentaje de parición, días de retorno al celo después del destete aumentan, retraso de la pubertad y aumento de abortos (Schoenherr, *et al.*, 1989; Barb, *et al.*, 1991, citado en Quirós, 2016).

Prolificidad

La prolificidad está representada por los lechones nacidos vivos de por vida, desde el primer parto hasta la extracción. Además, la prolificidad depende del número de partos en el momento de la extracción porque el número de lechones nacidos vivos aumenta con cada parto hasta la paridad 5 (Koketsu, *et al.*, 1999; Bergman, *et al.*, 2018, citado en koketsu e lida, 2020). La proliferación se ve afectada por la genética y el manejo de la reproducción, incluido el momento de la inseminación, la calidad del semen y la habilidad de los ganaderos (Marque, *et al.*, 1992; Keneko, *et al.*, 2013, citado en koketsu e lida, 2020). Además, la prolificidad por camada, medida como el número de lechones nacidos vivos por camada, está limitada por la tasa de ovulación y la supervivencia embrionaria (Vinsky, *et al.*, 2006, citado en koketsu e lida, 2020), pero ha habido una mejora significativa en la prolificidad en las últimas décadas debido al progreso genético en la industria porcina (Andersson, *et al.*, 2016; Paterson *et al.*, 2019, citado en koketsu e lida, 2020). La prolificidad también puede verse disminuida por abortos y muertes, porque estos reducen la longevidad de las cerdas.

En las cerdas puede predecirse la prolificidad por sus lechones nacidos vivos en paridad 1, lo que sugiere que ésta podría incrementarse mediante el desarrollo de primerizas y los programas de reproducción y el potencial genético (Paterson, *et al.*, 2019;

Hoving, *et al.*, 2011, citado en Koketsu e Iida, 2020). Por lo tanto, una unidad de desarrollo de primerizas es importante para criar cerdas más prolíficas.

Hoy en día, cuando se crían líneas de cerdas hiperprolíficas, no es raro tener camadas de hasta 18-20 lechones (**Figura 3**) (Björkman, *et al.*, 2017; Kobek, *et al.*, 2017; Kemp, *et al.*, 2018, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).



Figura 3. Camada muy numerosa con heterogenicidad en sus pesos al nacimiento.

Las hembras reproductoras de una granja deben ser seleccionadas cuidadosamente (**Figura 4**), puesto que serán las encargadas de dar continuidad a la producción de cerdos, es por lo que al momento de elegir las cerdas reproductoras es necesario contemplar aspectos como: línea genética, conformación general, aplomos, ganancia de peso, número y distribución de pezones, historial de enfermedades, anatomía vulvar, entre otros. Ya que todas estas condiciones o aspectos influyen en la calidad de vida que tendrá la hembra durante toda su vida reproductiva y si alguno de estos llega a estar alterado, puede generar una afección en la hembra y por consiguiente en los lechones (PIC, 2017).



Figura 4. Hembra en servicio más pequeña que sus demás compañeras.

Peso al nacer, peso al destete y tasa de crecimiento antes del destete

Las cerdas muy prolíficas en las poblaciones de progenitores genéticos pueden ser una preocupación con respecto a futuras cerdas de reemplazo. Esto se debe a que más lechones nacidos vivos en una camada se asocia con un menor peso al nacer, y las cerdas de reemplazo con un bajo peso al nacer tendrán un crecimiento comprometido, rendimiento reproductivo y longevidad de la cerda (Wolter, *et al.*, 2001; Vallet, *et al.*, 2016; Paterson, *et al.*, 2019, citado en Koketsu e Iida, 2020). El peso al nacer y la tasa de crecimiento antes del destete en los lechones que se convertirán en cerdas de reemplazo son características de la camada de origen para el rendimiento de por vida de las cerdas (Vallet, *et al.*, 2016, Koketsu e Iida, 2020).

El hato reproductor debe producir cerdas que tengan suficientes cantidades de peso al nacimiento y que producirá lechones de alta calidad o con alto potencial de crecimiento. Por lo tanto, una baja prolificidad⁹ no significa ni una fertilidad baja¹⁰ ni un rendimiento de por vida bajo. Estas cerdas poco prolíficas, pero de alta fertilidad pueden tomar lechones adoptivos de cerdas que han parido lechones sobrantes. Además, las cerdas con alta prolificidad¹¹ o alta fertilidad¹² tienen más probabilidades de tener una alta longevidad y alta eficiencia (Patterson, et al., 2010, lida, *et al.*, 2015, Yatabe, *et al.*, 2019, citado en Koketsu e lida, 2020).

Recelo e Inseminación artificial

Gran parte del éxito de obtener camadas con un gran número de lechones en las cerdas hiperprolíficas depende de cómo se realice el recelo e inseminación artificial. Es un trabajo que debe comenzar desde el mismo momento del destete, tanto a nivel de alimentación (haciendo que la cerda coma todo lo que sea posible e incorporando azúcares de fácil absorción) como a nivel de estimulación con el verraco, con el objetivo de conseguir el mayor número de cerdas en celo y con un intervalo destete cubrición lo más corto posible; de esta manera disminuimos el número de anestros y la calidad de la fecundación será mayor (Sanjoaquin, 2015).

Se debe intentar transmitir en las explotaciones que el tiempo invertido en el recelo no es un tiempo mal empleado. Al contrario, es un trabajo que bien realizado puede ahorrar mucho tiempo y dinero (cerdas anestricas, cerdas que se tienen que mover de sitio, cerdas a matadero, tratamientos hormonales, etc.), además de suponer el éxito en la obtención de camadas numerosas (Sanjoaquin, 2015).

En la actualidad, se desea mejorar la eficiencia de la inseminación artificial por consiguiente se han realizado estudios con el fin de mejorar los resultados de la misma pero con una disminución considerable de espermatozoides, la idea central de esta técnica está basada en depositar el semen más cerca del lugar de la fertilización usando una menor cantidad de espermatozoides y número de inseminaciones por cerda con el objetivo de ir disminuyendo los costos de preñar una cerda (Hernández, *et al.*, 2012; Knox, 2016 citado en Quirós, 2016).

La inseminación artificial es un proceso que ocasiona muy pocas desventajas si se realiza de una manera adecuada, para evitar esto se debe de contar con un personal e instalaciones adecuadas, para facilitar la detección del estro y la realización de la inseminación en sí (Knox, 2016, citado en Quirós, 2016).

Se evidencia que el utilizar IA como tipo de servicio no tiene un efecto perjudicial en el tamaño de las camadas a partir del 2º parto; ya que el número ordinal de partos tiene una marcada influencia sobre la tasa de ovulación, que presenta un considerable aumento hasta el 4º parto (Borelli y González, 2015).

La cerda multípara híbrida moderna produce muchos lechones con bajo peso al nacer¹³, especialmente cuando estas cerdas se utilizan en sistemas con períodos de lactancia prolongados. Esto da como resultado altas tasas de mortalidad de lechones y una

⁹ Menos de 10 lechones nacidos totales

¹⁰ Menos del 85%

¹¹ Más de 12-14 lechones nacidos totales

¹² Más del 90%

¹³ Menos de 1 kg

reducción del rendimiento de los lechones. Los sistemas de producción futuros en los que se inseminan las cerdas durante la lactancia pueden ser una solución (Kemp y Seoede, 2012).

Longevidad

La longevidad se mide como el número de paridad en el momento de la eliminación (Marque *et al.*, 1992; Zimmerman, *et al.*, 2012; Patterson, 2019, citado en koketsu e lida, 2020) o días de vida del hato (Rodríguez, *et al.*, 2003, Sasaki, *et al.*, 2008, citado en koketsu e lida, 2020). Los días de vida de la cerda es el número de días desde el nacimiento hasta la remoción, mientras que los días de vida del hato es el número de días desde la fecha en que una cerda se apareó por primera vez como una primeriza hasta la fecha de remoción. Para comparar los días de vida del hato entre los rebaños, debe comenzar desde el día en que las primerizas se aparean, porque la edad de entrada de las primerizas a un hato puede variar desde el primer día de destete de una lechona hasta el día del primer apareamiento de la primeriza de reemplazo. Además, la remoción puede deberse al sacrificio, la muerte, la eutanasia o el traslado.

El incremento del tamaño de camada resulta desfavorable para la sobrevivencia y la vitalidad del lechón, por lo que tiene un impacto negativo en la mortalidad predestete, el peso al nacimiento y la uniformidad en la camada, aspecto de suma importancia en la sobrevivencia del lechón. Es claro que el incremento en el tamaño de la camada disminuye la media de peso al nacer y aumenta la proporción de lechones de bajo peso al nacimiento.

Por lo anterior, es claro que la sobrevivencia del lechón es de gran importancia en líneas de cerdas hiperprolíficas, donde la variación de peso entre los miembros de sus camadas es una determinante de la mortalidad y la ganancia diaria predestete, y con diferencias de peso y características de la canal en etapas posteriores. El peso al nacer y su dispersión, son aspectos que cada vez tienen mayor relevancia en la producción porcina, y la estrategia de introducir cerdas hiperprolíficas como un medio de incrementar el número de nacidos, requiere de una evaluación crítica en el contexto de la eficiencia de toda la cadena de producción porcina (Rendón del Águila, *et al.*, 2017).

Cambios en la porcicultura dados por el tamaño de camada en granjas porcinas

Durante las últimas décadas se han efectuado considerables avances en los aspectos científicos y prácticos de la producción de cerdos. El conocimiento sobre cuestiones particulares de la producción porcina ha aumentado con una rapidez sorprendente y en la práctica han tenido lugar muchos adelantos (English, *et al.*, 1981, citado en Trolliet, 2005).

La cerda en vida sirve a un propósito comercial: producir lechones; y con cuanta mayor eficiencia lo haga, tanto más elevado será el margen de utilidad en cualquier empresa dedicada a la producción porcina. El número de lechones producidos por cerda y por año es el factor más influyente sobre la productividad en la producción de cerdo (Trolliet, 2005).

La productividad de una piara de cerdos depende de la productividad anual de las cerdas que lo integran y ésta posee, en realidad, tres componentes principales: el número de lechones nacidos en cada parto, el número de partos por cerda por año y la mortalidad nacimiento destete, lo que da por resultado final el número de lechones destetados por hembra por año (Trolliet, 2005).

En la industria porcina, el tamaño de la camada aumenta continuamente como resultado de la cría selectiva. Por ejemplo, en Dinamarca, el tamaño medio de la camada aumentó de 11.9 lechones nacidos vivos en 2000 a 14.8 lechones en 2011 (Kondrup, 2013, citado por Antonides, *et al.*, (2015)). La disminución del peso al nacer de los lechones en una camada es de aproximadamente 40 g por lechón adicional (Quiniou, *et al.*, 2002, Beaulieu, *et al.*, 2010, citado en Antonides, *et al.*, 2015).

El peso al nacer de los cerdos afecta su capacidad de crecimiento. Los cerdos con bajo peso al nacer comienzan su vida más pequeños, ganan menos durante todas las fases de producción y son más livianos al final del período de engorda (Vaclavkova, *et al.*, 2012).

El peso al nacimiento de los lechones es un factor determinante de los resultados productivos y económicos de la explotación porcina, porque afecta a las tasas de mortalidad de la fase de lactación y afecta a la ganancia media diaria y pesos alcanzados en todas las fases productivas, determinando el rendimiento económico de la misma. En las condiciones experimentales de una explotación se determinó el valor de corte de 0.815 kg como mejor para explicar la mortalidad global del proceso desde nacimiento al matadero, y se estimó que el peso de 0.890 kg como el valor de corte para la rentabilidad económica (Crespo y Gadea, 2020).

Las cualidades neonatales pueden determinar la rentabilidad económica de la producción porcina. Una combinación importante entre el tamaño de la camada da pocas pérdidas neonatales, grandes ganancias diarias de peso corporal, son los objetivos importantes en la producción y aunque los factores de manejo son probablemente los más importantes con respecto a la minimización de las pérdidas neonatales, se ha demostrado que los factores genéticos también influyen en forma significativa esta variable (Rootwelt, *et al.*, 2012, citado en Beltrán, 2018).

Los datos productivos de los lechones de bajo peso son sensiblemente peores que los que presentan un peso al nacimiento normal según diversos estudios realizados en diversos países y condiciones productivas (Le Dividich, *et al.*, 2017; Zotti, *et al.*, 2017; Nuntapaitoon y Tummaruk, 2018, citado en Crespo y Gadea, 2020).

Las camadas de prolificidad alta¹⁴ tienen una mayor proporción de lechones de bajo peso (26 %) contra 4 % en camadas de baja prolificidad; los lechones de peso bajo demoran más en succionar los pezones (50.37 min) que los de peso medio y alto (32.44 y 24.34 min respectivamente) y el 67 % de ellos se posicionaron en mayor proporción en los pezones posteriores de la cerda. Los lechones de peso bajo tuvieron menor ganancia de peso en lactancia, 181 g/día contra 211 y 240 g/día en categorías de peso medio y alto respectivamente, y menor peso a 160 días de edad (86.6 kg vs 95.7 y 101.1 kg). Se concluyó que, en camadas de alta prolificidad, los lechones de bajo peso tienen el desempeño productivo más bajo independientemente del tamaño de su camada al nacer y el pezón en el que lactaron (Rendón del Águila, *et al.*, 2017).

El peso al nacimiento determina los costos de producción (costo de lechón, costo de cerdo a matadero y costo de kg de animal), siendo los animales con peso inferior a 0.89 kg los que se alejan de la rentabilidad económica (Crespo y Gadea, 2020).

Los datos presentados en un estudio (Wolter, *et al.*, 2002, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012) son consistentes con estudios previos que muestran que los cerdos livianos al nacer requieren una mayor cantidad de días para alcanzar el mismo peso de sacrificio que sus compañeros de camada más pesados. Rehfeld y Kuhn (2006, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012), demostraron que los lechones con menor peso corporal al nacer crecen más lentamente y son más gordos en el momento del sacrificio. Asumieron que, debido a una menor hiperplasia de miofibras, se produce una hipertrofia más rápida en cerdos con bajo peso al nacer, y la meseta de crecimiento de miofibras se alcanza antes que en cerdos con mayor peso al nacer. En consecuencia, la energía de la dieta está disponible antes para una gran deposición de grasa. Además, se encontró que los cerdos más livianos eran susceptibles a una calidad de carne deteriorada, expresada en una mayor pérdida por

¹⁴ Más de 12-14 lechones nacidos totales

goteo y puntajes de ternura en la canal más bajos que sus hermanos más pesados (Vaclavkova, *et al.*, 2012).

Además de la influencia del peso al nacimiento y la tasa de mortalidad antes descrito, un problema añadido es que los lechones de bajo peso al nacimiento para alcanzar el mismo peso al destete que sus compañeros de camada necesitan muchos más días de lactación. Esto implica un riesgo sanitario para la explotación donde la bioseguridad interna de la granja se ve afectada (Rutherford *et al.*, 2013, citado en Crespo y Gadea, 2020). En los sistemas de producción actuales se busca un modelo de producción todo dentro-todo fuera. Este término extrapolado a una paridera implica que los animales que presentan aproximadamente el mismo intervalo de días de vida deben ser destetados a la misma vez o como mucho con una semana de margen, ya que serán la principal fuente de transmisión de enfermedades (Baxter *et al.*, 2013, citado en Crespo y Gadea, 2020) y tendrá una repercusión productiva y económica significativa (Calderón Díaz, *et al.*, 2017, citado en Crespo y Gadea 2020).

Un estudio de hatos españoles mostró que el peso al nacimiento en la primera paridad aumentó en 0.3 cerdos, a medida que el tamaño del hato aumentó de 180 a 1300 cerdas (Koketsu, *et al.*, 2020, citado en Koketsu y Iida, 2020). La razón de este aumento podría ser que los rebaños grandes tienen una mejora genética más rápida, un mejor estado de salud o mejores sistemas de producción con instalaciones avanzadas que los hatos pequeños (King, *et al.*, 1998, Koketsu, 2000, citado en Koketsu y Iida, 2020).

Por tanto, el tamaño de la camada puede ser un indicador de lo avanzado que está un sistema de producción, en términos del monto de la inversión, la calidad de las instalaciones, los recursos humanos y el nivel de mejora genética, aunque el estudio de las granjas españolas también mostró que los hatos grandes tenían una menor longevidad de las cerdas que los rebaños pequeños a medianos (Koketsu y Iida, 2020).

El peso al nacer de los lechones influye en el rendimiento y, en general, no altera la calidad del cerdo. Sin embargo, cuando el peso de los lechones al nacer es superior a 1.50 kg, el rendimiento no está influido (Lanferdini, *et al.*, 2018).

Cambios en los manejos en etapas de servicios, gestación y lactancia

Recría

Durante esta etapa se prepara a los futuros reproductores del hato productivo.

Es una de las fases fundamentales. Las cerdas deben cubrirse por primera vez en condiciones óptimas, tanto sanitarias como de desarrollo corporal y fisiológico (edad, 240 días y peso, 140-150 Kg). Se les pide una altísima producción y deben comenzar su vida productiva en las mejores condiciones posibles. Por lo tanto, estas cerdas deben pasar una fase de adaptación sanitaria y productiva. (Sanjoaquin, 2015).

Adaptación sanitaria

En ella, por un lado, se observa si estas cerdas pueden suponer un riesgo para la explotación (entrada de nuevos patógenos); por otro lado, se adaptarán al microbismo de la explotación por medio de un programa vacunal y del contacto con la patología por diferentes métodos. (Sanjoaquin, 2015).

Adaptación productiva

El contacto con el verraco diario para estimular la salida en celo (uso dos veces al día durante 20-30 minutos). En esta fase, la edad del verraco debe rondar los 10 - 12 meses de vida. Es recomendable llevar un registro de los celos observados, para saber que cerdas pueden usarse para introducirse en las bandas o si estas cerdas pueden responder positivamente a tratamientos hormonales. Esto permite llevar un control y organizar las cubriciones de las bandas para alcanzar los objetivos.

Las instalaciones para la cría deben cumplir unas mínimas condiciones para permitir el correcto desarrollo:

Evitar suelos húmedos, proporcionar 1.5 m²/cerda, evitar todo aquello que pueda dañar a los animales (hierros, rejillas (slats) rotas, etc.), correctas condiciones ambientales (temperatura, ventilación, etc.) (Sanjoaquin, 2015).

Manejo de la alimentación en gestación

Durante la gestación se pueden diferenciar tres grandes periodos a nivel de alimentación (**Tabla 1**), en los cuales las necesidades de la cerda varían considerablemente.

Tabla 1. Fases de alimentación de la cerda gestante.

Fase de la gestación	Duración en días	Objetivos	Recomendaciones
Primera Fase	Día 1 al 28 de gestación.	Recuperar la condición corporal después de la lactación. Asegurar la máxima supervivencia embrionaria, favoreciendo un buen desarrollo placentario y una buena irrigación sanguínea, ya que durante este periodo se produce el reconocimiento maternal de la gestación.	
Segunda Fase	Día 29 a 84 de gestación.	Mantener la condición corporal de la cerda (recuperada en el primer mes de gestación).	Evitar los engrasamientos, ya que disminuye la preparación de células secretoras y excretoras de leche. Este engrasamiento provocará problemas al parto (partos más largos con mayor porcentaje de lechones nacidos muertos, estreñimiento, síndrome MMA, etc.). Un exceso de consumo en esta fase provocará un menor consumo en el periodo de maternidad.
Tercera Fase	Día 85 a 115 de gestación.	Mayor crecimiento fetal y mamario.	Sería perfecto usar una dieta específica para este periodo, ya que para compensar este crecimiento fetal y mamario se aumenta la ración de las cerdas (alrededor de 500 g/día), lo cual cubre las necesidades energéticas de las cerdas, pero no tanto a nivel de aminoácidos. Dicho aumento en la ración en este periodo no tiene gran importancia sobre el peso al nacimiento de los lechones, pero no conviene subalimentar a las cerdas, evitando así catabolismos en las cerdas (diabetes gestacional)

Las cerdas requieren un manejo nutricional intensivo debido a la selección genética continua para composición corporal más magra y delicada. El plano de nutrición durante la gestación debe proporcionar cantidades adecuadas de nutrientes para el mantenimiento, el aumento de peso materno, la producción de leche y crecimiento fetal / placentario (Consejo Nacional de Investigación, 2012, citado en Ferreira, *et al.*, 2021). Los nutrientes pueden proporcionarse durante diferentes períodos de gestación sin la necesidad de formular diferentes dietas.

Tomados en conjunto, dichos resultados demuestran que aumentar la cantidad de alimento durante la gestación tardía puede tener beneficios para cerdas hiperprolíficas (por ejemplo, que dan a luz a más de 17 lechones) mediante el apoyo a la disponibilidad de nutrientes para aumentar el tamaño de la camada. Alimentar a estas cerdas de acuerdo con un plan cercano a los requisitos de mantenimiento puede ser perjudicial para las reservas corporales de la madre, los metabolitos sanguíneos y la longevidad de la cerda. Se debe prestar mucha atención al puntaje de la condición corporal de las cerdas durante los partos, ya que una alimentación excesiva o insuficiente puede afectar los resultados (Ferreira, *et al.*, 2021).

La nutrición durante la gestación es importante para el éxito de las cerdas reproductoras y el embarazo tardío es un período especialmente crítico. Actualmente, el manejo habitual de la alimentación incluye solo una dieta suministrada en niveles diferentes durante la gestación y no podría ser suficiente. Además, las cerdas modernas están produciendo grandes camadas; sus requisitos son probablemente más altos que los de las cerdas comerciales y deben cumplirse. Con el estudio actual, se puede concluir que un alto nivel de aminoácidos en la dieta proporcionada aproximadamente durante el último mes de gestación (alrededor de 10 g de lisina de digestibilidad ileal estandarizada / kg de alimento, con el resto de AA esencial siguiendo la proteína ideal concepto) podría ser una estrategia para mejorar la condición corporal y el desempeño reproductivo de la cerda (Seoane, *et al.*, 2020).

Los requerimientos de nutrientes en las cerdas cambian durante la gestación y, por lo tanto, la dieta administrada tendrá consecuencias en el metabolismo y en los resultados reproductivos. Algunos investigadores han demostrado que la condición corporal y el rendimiento productivo de las cerdas no se ven influidos por la concentración de energía alimentaria durante el embarazo durante varios partos (Gatel, *et al.*, 1987; Young, *et al.*, 1990, citado en Seoane, *et al.*, 2020). Sin embargo, el gran desarrollo fetal y el crecimiento de las glándulas mamarias ocurren durante la última etapa del embarazo y el requerimiento de proteínas (aminoácidos -AA) es determinante (Everts, 1998, citado en Seoane, *et al.*, 2020). Samuel, *et al.* (2012, citado en Seoane, *et al.*, 2020), concluyeron que las necesidades de lisina aumentaron sustancialmente desde el comienzo hasta el final de la gestación, lo que sugiere que se debe considerar que en la fase de alimentación de las cerdas preñadas proporcionar nutrientes de acuerdo con las demandas de nutrientes. La mayoría de los estudios previos se enfocaron en la influencia de una ingesta de lisina (Lys) adecuada a extremadamente baja, y solo algunos de ellos evidenciaron las respuestas a una ingesta relativamente alta de Lys, siendo moderados los aumentos de Lys probados (6 vs.8 g de Lys total / kg (Yang, *et al.*, 2009, citado en Seoane, *et al.*, 2020) o 4.6 vs. 7.4 g de Lys totales / kg (Zhang, *et al.*, 2011, citado en Seoane, *et al.*, 2020). También debe tenerse en cuenta que debe evitarse la ganancia excesiva de grasa materna durante la gestación porque disminuye la ingesta voluntaria de alimento durante la lactancia (Revell, *et al.*, 1998, citado en Seoane, *et al.*, 2020).

Además, se debe considerar que las cerdas actuales altamente prolíficas requieren estrategias nutricionales especiales debido a su mayor tamaño corporal y la considerable disminución de la grasa corporal. Las necesidades dietéticas de estas nuevas líneas

genéticas se han investigado en los últimos años y las recomendaciones deben revisarse (Boyd, *et al.*, 2000, Kim, *et al.*, 2009, citado en Seoane, *et al.*, 2020).

El aumento de la concentración de AA en la dieta durante aproximadamente el último mes de gestación (de 6 a 10 g SID Lys / kg, manteniendo el concepto de proteína ideal con el AA esencial restante) mejora la condición corporal de la cerda. También es adecuado para garantizar un buen desempeño reproductivo en la paridad inmediata y quizás incluso para la paridad posterior, aunque se necesitan más investigaciones para confirmarlo. Por lo tanto, para cumplir con los requisitos de AA al final de la gestación, se recomienda un programa de alimentación por fases con dos dietas con niveles más altos de Lys durante el final de la gestación (Seoane, *et al.*, 2020).

Maternidad

Es la fase donde se observa más gráficamente el potencial de las cerdas hiperprolíficas. El periodo de gestación culmina con el parto y si el trabajo ha sido realizado correctamente se obtendrá un elevado número de lechones por camada. La atención y cuidados durante este periodo deben ser máximos para no echar al traste todo el trabajo hecho (Sanjoaquin, 2015).

Las cerdas entran unos días antes del parto a las salas de maternidad. Estas deben estar perfectamente limpias y desinfectadas, secas y por supuesto vacías de animales ante la nueva entrada (TD/TF estricto). Procurar también en todo momento crear un entorno tranquilo que evite el nerviosismo en los animales. Durante estos días hay que revisar todas las estructuras (comederos, bebederos, fuente de calor de los lechones, etc.) (Sanjoaquin, 2015).

Este corto periodo antes del parto es importante a nivel nutricional, ya que un mal manejo alimenticio podría provocar serios problemas de estreñimiento, síndrome MMA, mayor porcentaje de lechones nacidos muertos, etc. Lo ideal sería trabajar con piensos específicos para estos días antes del parto y los primeros días posteriores (piensos periparto).

Ante la llegada del parto se debe tener todo el material preparado por ejemplo material de atención al parto (hormonas, gel, guantes, material para secar lechones, etc.). Si es posible, administrar pequeñas cantidades de paja; tranquiliza mucho a la cerda (si se realiza desde la entrada de las cerdas en maternidad) (Sanjoaquin, 2015).

El historial de la cerda ayuda a conocer las problemáticas en partos anteriores. De esta forma se está más pendiente de estas cerdas a la hora del parto; también informa sobre cerdas que han sido usadas como nodrizas en otras lactaciones y su resultado. En el historial se anotan todas las acciones realizadas durante el parto. La ficha debe acompañar siempre a las cerdas (Sanjoaquin, 2015).

Si fuera necesario intervenir en la cerda (parto distócico, parto lento, etc.), esta acción debe realizarse con el máximo cuidado, la máxima higiene y la mínima duración (**Figura 5**).



Figura 5. Atención durante el parto.

(Referencia: <https://www.engormix.com/porcicultura/foros/importancia-atencion-parto-lograr-t17093/>).

Una vez que nace el primer lechón se procede a su secado con el objetivo de evitar al máximo las pérdidas de calor y que el lechón pierda el mínimo tiempo posible en ir a encalostrarse (secado con papel, polvos secantes, etc.). Si el lechón es pequeño y con poca vitalidad habrá que ponerlo bajo un foco para que “se espabile” antes de que pueda ir a encalostrar. Esta técnica tan sencilla reduce la mortalidad en este tipo de lechones, ya que evita las pérdidas de calor (Sanjoaquin, 2015).

Antes del parto, en la ficha debe apuntarse el número de mamas funcionales que tienen las cerdas, ya que esta acción nos ayudará enormemente a la hora de realizar el encalostramiento y a la hora de igualar las camadas (Sanjoaquin, 2015).

La investigación ha documentado que el bienestar de las cerdas se ve afectado en las jaulas tradicionales (Damm *et al.*, 2005; Baxter *et al.*, 2012, citado en Hales, *et al.*, 2016), sin embargo, debido al riesgo de aumento de la mortalidad de los lechones si las hembras están sueltas, las jaulas siguen siendo el alojamiento más extendido para las etapas de partos y lactancia. Para que un sistema alternativo sea comercialmente viable, no solo debe considerar las necesidades de la cerda, sino también las necesidades de los lechones y del productor (Baxter, *et al.*, 2011, citado en Hales, *et al.*, 2016). En una evaluación de sistemas alternativos; los corrales diseñados fueron identificados como una alternativa a las jaulas convencionales. Los corrales diseñados tienen áreas separadas para tumbarse y excretar, características para apoyar los movimientos de acostado de las cerdas y características de protección para los lechones (Baxter, *et al.*, 2012, citado en Hales, *et al.*, 2016).

También existen desafíos para la cerda hiperprolífica, con algunos estudios que muestran una menor longevidad cuando las cerdas producen más camadas de tamaño mediano (12-14 lechones) en sus paridades más bajas (Andersson, *et al.*, 2015, citado en Baxter, *et al.*, 2020) o cuando las cerdas invierten demasiado en su camada cuando aún son jóvenes (Ocepek, *et al.*, 2016, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los tamaños de camada anormalmente bajos (por ejemplo, ≤ 7) también amenazan la longevidad debido al sacrificio por falla reproductiva (Bergman, *et al.*, 2018; Rekiel, *et al.*, 2014, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Cuando las estrategias de reproducción enfatizan el número de nacidos, las cerdas hiperprolíficas con alta producción de leche enfrentan desafíos físicos y fisiológicos. Como la lactancia es un período de alta carga metabólica, las cerdas que amamantan a camadas grandes corren el riesgo de desarrollar estrés por calor (Williams, *et al.*, 2013, citado por Baxter, *et al.*, (2020)). Pueden sufrir mayores pérdidas de condición corporal (Ocepek, *et al.*, 2016, citado en Baxter, *et al.*, 2020) que puede aumentar el riesgo de úlceras en el hombro.

Efecto del tamaño de camada en el peso de los lechones y la dispersión de pesos

Existe una correlación negativa entre el tamaño de la camada y el peso al nacer, por lo que el aumento en el tamaño de la camada produce una reducción del peso al nacer (Damgaard, *et al.*, 2003, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012). El incremento del número de lechones por camada está asociado a problemas como son: la disminución del peso medio de los lechones al nacimiento y el aumento en la variabilidad de pesos dentro de la camada, resultando en un mayor número de lechones con peso reducido y baja viabilidad (**Figura 6**) (Beaulieu, *et al.*, 2010; Magnabosco, *et al.*, 2016, citado en Crespo y Gadea, 2020). Estos problemas son debidos, en parte, a un aporte insuficiente de nutrientes durante la gestación que induce problemas en el desarrollo intrauterino de los fetos (Wang, *et al.*, 2017). Estas limitaciones en el aporte de nutrientes al feto vienen acompañadas de una variación en el peso de los fetos y de las placentas dentro del útero, presentando

mayores pesos y mayor concentración de glucosa aquellos lechones que están más próximos a la unión útero tubárica que los próximos. al cérvix (Che, *et al.*, 2016, citado en Crespo y Gadea, 2020).



Figura 6. Dos lechones recién nacidos con diferencia de peso al nacer.

Por otra parte, existe una relación directa entre la duración del parto y el tamaño de la camada. Así, en partos de larga duración de camadas muy numerosas, se puede afectar negativamente tanto a la salud de la cerda como a la viabilidad de los lechones recién nacidos, especialmente en aquellos que nacen en último lugar (Oliviero, *et al.*, 2019, citado en Crespo y Gadea, 2020). Lo que implica que posteriormente estos lechones tendrán alterado su comportamiento de succión (Tuchscherer, *et al.*, 2000, citado en Crespo y Gadea, 2020). Adicionalmente, cuando el tamaño de la camada es mayor que la cantidad de glándulas mamarias viables existe una competitividad entre los lechones para la obtención de leche, lo que implica mayores diferencias en el crecimiento entre los lechones de la camada (Houben, *et al.*, 2017, citado en Crespo y Gadea, 2020).

La reducción de la variabilidad del peso al nacer de los lechones dentro de la camada y el aumento de la supervivencia de los lechones son objetivos clave en los esquemas que buscan mejorar la prolificidad de las cerdas (Witternburg, *et al.*, 2011).

Las consecuencias de un bajo peso al nacimiento son:

- Pobre consumo de calostro: Reducción de la adquisición de inmunidad pasiva.
- Pobre estatus nutricional y crecimiento.
- Bajo consumo de energía.
- Baja capacidad de mantener su temperatura corporal estable.
- Susceptibilidad a infecciones.
- Crecimiento comprometido: Reducción en relación fibras musculares / masa muscular.
- Alta mortalidad pre-destete¹⁵.
- Incremento en días al mercado (Nava, 2020).

A continuación, se mencionan los factores más destacados que afectan el peso del lechón al nacimiento:

- El tipo genético de la reproductora o efecto materno (Lisazo, 1995; Fernández, 2000; See, 2003; Canario, *et al.*, 2010, citado en Beltrán, 2018), este explica la mayor parte de la variación genética en el peso al nacer.

¹⁵ Mortalidad del 10-15%

- La alimentación que ha recibido la cerda en la gestación (Buxadé y Sánchez, 2008, citado en Beltrán, 2018).
- Niveles adecuados de energía¹⁶ y proteína¹⁷ en la ración (Pluske *et al.*, 1995; Lisazo, 1995, citado en Beltrán, 2018).
- El nivel de absorción intestinal de la reproductora.
- Una inadecuada provisión de líquido amniótico y de nutrientes.
- El consumo de sustancias tóxicas por parte de la reproductora (Buxadé y Sánchez, 2008, citado en Beltrán, 2018). En este caso son más relevantes las micotoxinas en los granos, tanto en forma individual como el sinergismo entre ellas (Gimeno, 2005; Sala *et al.*, 2008; Fierro *et al.*, 2008, citado en Beltrán, 2018).
- La insuficiencia o disfunción del útero, endometrio o placenta (Buxadé y Sánchez, 2008, citado en Beltrán, 2018).
- Temperatura ambiente inadecuada durante la gestación.
- Situaciones generadoras de estrés en la madre.
- Un manejo inadecuado de la reproductora (Buxadé y Sánchez, 2008, citado en Beltrán, 2018).
- Interacción Animal – Animal (Efecto o Interacción social) (Bouwman, *et al.*, 2010; Canario, *et al.*, 2010; Beltrán, 2010, citado en Beltrán, 2018), de los cuales resalta:
 - Número de partos (Pluske, *et al.*, 1995; Lisazo, 1995, citado en Beltrán, 2018).
 - Tamaño de la camada (Pluske, *et al.*, 1995; Lisazo, 1995; Buxadé y Sánchez, 2008, citado en Beltrán, 2018).

Los animales nacidos con bajo peso¹⁸ presentan sistemas digestivos inmaduros (D’Inca, *et al.*, 2010, citado en Crespo y Gadea, 2020) y un menor desarrollo del tracto digestivo, implicando una baja digestión y absorción de los nutrientes (Michiels, *et al.*, 2013, citado en Crespo y Gadea, 2020). Cada vez hay más evidencias que el bajo peso al nacimiento altera la permeabilidad de la mucosa del intestino delgado, el metabolismo de carbohidratos y lípidos a nivel intestinal y la microbiota intestinal del animal lo que afectará su crecimiento a lo largo de toda su vida (Fontaine, *et al.*, 2019; Tao, *et al.*, 2019, citado en Crespo y Gadea, 2020). Por otra parte, el peso del nacimiento está relacionado con el número y tipo de fibras musculares que presenta el animal, determinando el crecimiento muscular y la calidad de la carne (Tristán, *et al.*, 2009; Beaulieu, *et al.*, 2010, citado en Crespo y Gadea, 2020).

Los lechones pequeños al nacer tienen órganos más ligeros. El hígado y el intestino delgado son los órganos más presentes que depende del peso al nacer. El peso relativo del cerebro (% del peso corporal) aumenta en los lechones ligeros al nacer en comparación con los lechones más pesados. Por encima de 1.50 kg de peso al nacer, el rendimiento hasta el sacrificio no depende del peso al nacer. Los rasgos de la canal y la calidad de la carne no dependen del peso de los lechones al nacer, con excepción del peso de la panza y el jamón cuando el peso al nacer es superior a un kilogramo. Para entender mejor algunos efectos del peso al nacer en el aumento de la productividad, se necesitan más estudios para evaluar los lechones que pesan menos de un kilogramo al nacer (Lanferdini, *et al.*, 2018).

Asimismo, el crecimiento del lechón debe considerarse desde la concepción hasta la madurez o el sacrificio, según sea el caso. En el día 70 post-concepción los fetos pesan entre 150 - 200 gr, la mayor parte del crecimiento fetal ocurre en los últimos 30 días de gestación doblando su peso en los últimos 15 días ya que, justo antes del nacimiento, los

¹⁶ Energía de 3.2 Mcal/Kg

¹⁷ Proteína del 12-14%

¹⁸ Menos de 1 kg

lechones crecen 75 gr al día (Kitchen y Pérez, 2003, citados por Beltrán (2018)), también se ha encontrado relación entre la disminución en el peso al nacimiento y el aumento del tamaño de la camada de 8.4 a 15.4 lechones, traduciéndose en un decremento de la media del peso al nacimiento de 300 gr o 43 gr por cada lechón al nacimiento (Beaulieu, *et al.*, 2010, citado en Beltrán, 2018).

El hecho de que el rendimiento de los lechones puede verse afectado tanto por el peso al nacer (Milligan *et al.*, 2002; Quiniou *et al.*, 2002; Furtado *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014) y la ingesta de calostro (Devillers *et al.*, 2011, citado en Ferrari, *et al.*, 2014) se evidenció por el mayor peso a los 42 días de edad que se observó en los lechones más pesados y en los que consumían más calostro. La importancia de un alto peso al nacer para reducir el riesgo de bajo rendimiento también fue informada por Panzardi *et al.*, (2013, citado en Ferrari, *et al.*, 2014), quienes observaron que los lechones que pesaban <1.27 kg al nacer tenían más probabilidades de pertenecer al grupo de lechones ligeros al destete. En el presente estudio, los lechones nacidos con 1.3 kg pesaron 1.2 kg menos que los lechones nacidos con menos de 1.3 kg, a los 42 días de edad, lo que demuestra que 1.3 kg parece ser un valor crítico del peso al nacer para asegurar un buen crecimiento antes y después del destete. Por otro lado, los lechones con una ingesta de calostro superior a 250 g pesaron en promedio 0.7 kg más a los 42 días de edad, lo que refuerza los resultados previos de que se podría recomendar un consumo de 250 g para lograr una buena salud y crecimiento (Quesnel, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014).

En otro estudio que relacionó el tamaño de camada y el peso al nacer, se concluyó que las cerdas de alta prolificidad¹⁹ tuvieron una mayor proporción de lechones de bajo peso, que demoraron más en ingerir calostro y se posicionaron en mayor proporción en los pezones posteriores. Los lechones de bajo peso tuvieron en promedio una menor ganancia de peso en lactancia y un menor peso a edad a sacrificio (Rendón del Águila, *et al.*, 2017).

El menor peso y la mayor variabilidad de éste en lechones al nacimiento ocurre con partos de más de 14 lechones; la capacidad uterina para producir lechones de 1.6 kg es aproximadamente de 14 lechones; además independientemente del tamaño de camada el bajo peso al nacimiento está relacionado con el desarrollo limitado de la placenta que causa restricción del crecimiento intrauterino; lechones nacidos de bajo peso en camadas numerosas se asocian a una disminución en el desarrollo de las miofibrillas musculares, factor que limitará el crecimiento durante toda su vida (Foxcroft, *et al.*, 2006, citado en Martínez, 2017).

Las diferencias en el peso corporal al nacimiento se perpetúan, de manera que los cerdos más ligeros al nacimiento son los más livianos 42 días post-destete (Smith *et al.*, 2008, citado por Martínez (2017)). Los lechones con menor peso al nacimiento tienen porcentajes bajos de tejido muscular, de proteína y de grasa total, pero tienen un mayor porcentaje de órganos internos, de piel, de hueso y de agua total (Rehfeldt, *et al.*, 2008, citado en Martínez, 2017).

Los lechones con bajo peso al nacer crecen más lentamente en las siguientes etapas de producción; esta observación es consistente con las de estudios previos (Bérard, *et al.*, 2008; Beaulieu, *et al.*, 2010; Alvarenga, *et al.*, 2012, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018). La mayor ganancia de peso de los lechones de peso pesado durante la fase de lactancia puede explicarse por su mayor capacidad para estimular y drenar los mejores pezones, induciendo así una mayor cantidad de leche y permitirles ingerir más nutrientes (Quiniou, *et al.*, 2002; Bérard, *et al.*, 2010, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018). Además, el potencial de los lechones nacidos de luz con respecto al crecimiento posnatal puede verse

¹⁹ Más de 12-14 lechones nacidos totales

restringido por el bajo número de músculos formados prenatalmente Gondret, *et al.*, 2006; Rehfeldt y Kuhn 2006; Alvarenga, *et al.*, 2012, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018). No solo el número, sino también el diámetro y el porcentaje de músculo son menores en lechones recién nacidos de bajo peso. Los lechones nacidos con peso medio y alto no difieren en el peso de los órganos al nacer, o en su potencial de crecimiento, particularmente después del destete, lo que resulta en pesos similares al sacrificio. Esto puede indicar que tales diferencias son más notorias entre lechones muy ligeros y pesados.

En la fase de lactación, el peso al nacimiento influye en el peso al destete, la duración de la fase de la lactación, la ganancia diaria media y la tasa de mortalidad. Mientras que en las fases de transición y cebo el peso del nacimiento afecta a los pesos conseguidos al final de los periodos y a la ganancia media diaria, pero no en las tasas de mortalidad. Todo ello se traduce en que los pesos al nacimiento determinan los rendimientos productivos y económicos de la explotación (Crespo y Gadea, 2020).

La paridad de la cerda adoptiva no influye en la mortalidad de los lechones, como lo observaron otros autores (Milligan, *et al.*, 2002; Bierhals, *et al.*, 2011, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). Por otro lado, los lechones amamantados por cerdas multíparas muestran un mejor desempeño, lo que corrobora reportes previos (Bierhals *et al.*, 2011; Hinkle, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). La mayor producción de leche de las cerdas multíparas en comparación con las primíparas (Beyer, *et al.*, 2007, citado en Ferrari, *et al.*, 2014) probablemente explica el mayor peso de sus lechones.

Quiniou *et al.* (2002, citado en Seguro *et al.*, 2019), realizó un análisis de regresión polinomial de la relación entre el peso al nacer y el peso al destete y encontró que, por cada 100 g adicionales de peso al nacer de lechones con aproximadamente 1 kg, hubo un aumento de 400 g en el peso al destete, mientras que, en los lechones de 2 kg de peso al nacer, el aumento en el peso al destete fue de solo 200 g.

El peso de la camada al nacer es un rasgo importante en la producción porcina (Beaulieu, *et al.*, 2010, citado en Beltrán, 2018) ya que se deben implementar estrategias para producir cerdos más uniformes; en términos generales se considera que al destete existe una variabilidad del 20%; en el crecimiento del 12 al 15% y en finalización del 8 al 12%, considerándose aceptable, sin embargo, en la mayoría de los casos este valor se encuentra por niveles que oscilan entre un 40 y 50%, con casos extremos (presencia de enfermedades respiratorias, coccidiosis o ileitis), en donde la variación es mayor al 50% (Borbolla, 2005, citado en Beltrán, 2018).

En el ganado porcino, el retraso del crecimiento fetal provoca un bajo peso al nacimiento que no puede compensarse durante el crecimiento posnatal.

- Los animales con bajo peso al nacimiento presentan el menor porcentaje de magro y el mayor grado de engrasamiento, comparado con los cerdos de peso al nacimiento medio y alto, más pronunciado en el caso de las hembras que en el de los machos castrados.
- La calidad del cerdo, sin embargo, parece ser la óptima en cerdos de peso medio al nacimiento, y disminuye, aunque con respecto a diferentes características, en los animales de bajo y alto peso al nacimiento.
- Excepcionalmente, el contenido de la grasa intramuscular es mayor en cerdos de bajo peso al nacimiento.
- La producción de camadas equilibradas con un rango medio de pesos al nacimiento puede ayudar a optimizar la calidad de la canal y la carne en cerdos (Rehfeldt, *et al.*, 2010).

Tener metas de alta prolificidad es una condición actual de la industria porcina, no se puede pensar que es un problema, pero es necesario estar conscientes que puede tener efectos complejos de contrarrestar, si no se tiene toda la perspectiva de sus causas y sus implicaciones.

Para esto es necesario que en cada granja se tenga un conocimiento de la situación respecto a las condiciones de peso y dispersión de peso de las camadas, por lo que se recomienda que se analice:

- Peso promedio al nacer.
- El porcentaje de dispersión de peso por camada.
- Se establezca el concepto de peso bajo para la granja, con base en el análisis de los mismos en la población.
- El porcentaje de lechones de bajo peso real en la población.
- Es muy importante también hacer el análisis de las cuatro variables anteriores por número de parto o rangos de parto (Ej. 1, 2, 3-5, 6 o más).

A parte de contar con esa información, sería adecuado dar un seguimiento individual a una muestra de lechones de bajo peso real para determinar su porcentaje de sobrevivencia y conocer cuál es su peso al destete. Esto no es necesario que se haga de manera constante, pero es conveniente analizarlo ocasionalmente (Martínez, 2017).

Relación entre el peso al nacer y la mortalidad

Dentro de los principales problemas que afectan a la industria porcina se encuentra la elevada mortalidad que se presenta en algunas granjas; el principal componente de dicha mortalidad es representado por las pérdidas durante la lactancia, tanto de tipo infeccioso como las inherentes a la naturaleza de la especie (Mellor y Stafford, 2004, citado en García, et al., 2011). Los cerdos se caracterizan por un porcentaje de mortalidad neonatal muy elevado en comparación con otras especies, constituyendo en ocasiones hasta el 10 a 15 % de los lechones nacidos totales, y eso, a pesar de emplear las más modernas tecnologías en producción animal (Grandinson, et al., 2002, Segura; et al, 2007, citado en García, et al., 2011). Lo anterior es debido a la propia naturaleza del lechón, que, al nacer con ciertas deficiencias fisiológicas, tiene dificultades para su adaptación al nuevo medio en las primeras 72 h de vida, donde ocurren la mayor parte de las muertes (Grandinson, et al., 2002 y Gondret et al., 2005, citado en García, et al., 2011). Las pérdidas asociadas a la mortalidad pueden representar alrededor del 10% de los costos totales de la explotación (Redvet, 2009, citado en García, et al., 2011).

La supervivencia de los lechones es uno de los objetivos más importantes en una granja comercial. Si bien la manipulación genética ha permitido lograr mejores resultados, aún el número de cerdas altamente productivas no es muy alto y la mortalidad de lechones en países desarrollados continúa siendo importante y oscila entre el 10 y 20% (Koketsu, et al., 2006; KilBride et al., 2012; Kirkden, et al, 2012; Marantidis, et al, 2013, citado en Mira, 2017). El periodo de mayor vulnerabilidad para el lechón son las primeras 24 horas y es en la primera semana de vida donde se registra aproximadamente el 50% de las muertes de los lechones lactantes (O'Reilly et al., 2006, citado en Mira, 2017).

Existen otros factores que influyen en la mortalidad durante la lactancia, los cuales se clasifican en tres grupos de factores predisponentes: unos propios del lechón, otros de la cerda y otros del medio ambiente. Los factores asociados al lechón son: el peso al nacimiento, el nivel inmunitario, el comportamiento del lechón y su genética (Tuchscherer, et al., 2002; Quiles y Hevia, 2006, citado en García, et al., 2011). Los asociados a la cerda son: el número de parto, el peso de la cerda, el comportamiento materno y la producción lechera (Gomez; et al; 1999, citado en García, et al., 2011). Los factores ambientales son: las instalaciones y el manejo de los animales, y la temperatura y el medio ambiente (Malmkvis, et al, 2006; Pedersen, et al., 2006, citado en García, et al., 2011).

Actualmente los sistemas de producción intensiva en granjas tecnificadas implican condiciones que pueden ser positivas para reducir la mortalidad en lactancia; sin embargo, se desconoce la importancia de los factores antes citados y las interacciones entre los mismos en este tipo de sistemas de producción, lo que dificulta el establecimiento de programas específicos para reducir la mortalidad en lactancia. Esto establece la

importancia de conocer realmente cuales son los factores involucrados en la mortalidad neonatal en granjas industriales (García, 2011).

La relación entre la variación en el peso al nacer y la supervivencia de los lechones se ha demostrado en el contexto de los rasgos de reproducción de las cerdas (Roehe y Kalm, 2000, citado en Wittenburg, *et al.*, 2011). Por lo tanto, a partir de la literatura, es obvio que tanto el peso medio al nacer como su variabilidad están relacionados causalmente con la mortalidad de los lechones. Los estudios de Högberg y Rydhmer (2000, citados por Wittenburg, *et al.*, 2011), Damgaard *et al.* (2003) y Huby *et al.* (2003, citados por Wittenburg *et al.*, 2011), han demostrado la importancia del efecto genético sobre la variabilidad del peso al nacer dentro de la camada.

La mortalidad antes del destete es una de las principales causas de desperdicio en la producción porcina. La variación del peso al nacer dentro de las camadas afecta la supervivencia y el aumento de peso de los lechones. La paridad y el tamaño de la camada son algunos de los factores que afectan el peso al nacer. Milligan *et al.* (2002, citado en Vaclavkova, *et al.*, 2012), indicaron que la paridad influye en el peso al nacer y en general, las cerdas en primera paridad tienen rendimientos de peso al nacer más bajos que las cerdas en otras paridades.

En la producción porcina, las diferencias en el peso al nacer de los lechones se pueden atribuir a varios factores, de los cuales el tamaño de la camada es el más importante porque la sangre uterina o el flujo no aumenta en la misma proporción que el número de fetos (Père y Etienne, 2000, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018). Por tanto, el hacinamiento intrauterino influye en el suministro de oxígeno y nutrientes a los fetos, afectando su desarrollo (Town *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2004, 2006, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018). En consecuencia, con el aumento del tamaño de la camada, el peso medio al nacer de los lechones puede disminuir y el porcentaje de baja viabilidad los lechones aumentan (Quiniou *et al.*, 2002, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018).

Los cerdos tienen mayor riesgo de mortalidad en los primeros 4 días de vida. Las causas más comunes de muerte son aplastamiento, baja viabilidad e inanición (KilBride, *et al.*, 2014, citado en Faldpausch, *et al.*, 2019). El bajo peso al nacer y el retraso del crecimiento intrauterino (RCIU) afectan negativamente las habilidades locomotoras, la vitalidad, la capacidad para amamantar, la glucosa en sangre, la deposición de grasas y la termorregulación (Kammersgaard, *et al.*, 2011; Pedersen, *et al.*, 2011; Amdi *et al.*, 2013, 2016; Vanden Hole, *et al.*, 2018, citado en Faldpausch, *et al.*, 2019), lo que coloca a estos cerdos en una desventaja competitiva en relación con sus contrapartes más pesadas (Devillers, *et al.*, 2007; Baxter, *et al.*, 2008, citado en Faldpausch, *et al.*, 2019).

Para comprender la importancia biológica del peso al nacer en la mortalidad antes del destete, es importante comprender cómo el peso al nacer de los lechones afecta las habilidades locomotoras, la vitalidad, la capacidad para amamantar, la glucosa en sangre, la deposición de grasas y la termorregulación. Investigaciones recientes han demostrado que los lechones de bajo peso al nacer o enanos tienen habilidades locomotoras y puntajes de vitalidad reducidos en comparación con sus compañeros de camada normales (Vanden Hole, *et al.*, 2018, citado en Faldpausch, *et al.*, 2019). Los lechones con bajo peso al nacer también son menos vigorosos en sus intentos de amamantar y obtener menos calostro, lo que los coloca en una desventaja competitiva en relación con sus contrapartes más pesadas (Devillers, *et al.*, 2007; Baxter, *et al.*, 2008, citado en Faldpausch, *et al.*, 2019). Además, el peso al nacer se considera un determinante crítico de la recuperación del recién nacido de la hipotermia (Kammersgaard, *et al.*, 2011, citado en Faldpausch, *et al.*, 2019), y los lechones con temperaturas corporales más bajas después del nacimiento tienen un mayor riesgo de mortalidad debido a aplastamiento, inanición y enfermedades (Pedersen, *et al.*, 2011, citado en Faldpausch, *et al.*, 2019).

Varios estudios (Quiniou, *et al.*, 2002; Furtado, *et al.*, 2012; Krahn, 2015; Zotti, *et al.*, 2017; *et al.*, 2018, citado en Faldpausch, *et al.* 2019) han mostrado relaciones similares

entre el peso al nacer y la mortalidad antes del destete, por lo que las tasas de mortalidad antes del destete fueron mayores para lechones con categorías de peso al nacer menores o iguales a 1.0-1.2 kg, en comparación con las categorías más pesadas, y por lo tanto, los hallazgos del trabajo actual están en línea con estudios previos. Se justifica la investigación adicional en diferentes geografías, granjas y líneas genéticas para validar 1.11 kg como umbral de peso al nacer para un mayor riesgo de mortalidad antes del destete (Feldpausch, *et al.*, 2019).

El mantenimiento del peso cerebral es de fundamental importancia para todos los fetos, especialmente para los que tienen un crecimiento prenatal restringido (McMillen, *et al.*, 2001, citado en Lanferdini, 2018). Estos análisis mostraron que los lechones pesados al nacer tenían los pesos cerebrales relativos más bajos. Sin embargo, los valores más altos de peso cerebral relativo en lechones de bajo peso al nacer indican que el crecimiento del cerebro ocurrió de manera desproporcionada en estos lechones más pequeños, resultados consistentes con la preservación del cerebro. De acuerdo con Roza y col. (2008, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018), esta es una respuesta adaptativa a la insuficiencia placentaria, cuando los nutrientes se desplazan preferentemente para el desarrollo del cerebro. La relación peso cerebro / hígado se ha utilizado ampliamente para medir la reducción del crecimiento fetal durante la fase intrauterina (Bauer *et al.*, 1998), sin embargo, en un estudio (Lanferdini *et al.*, 2018), la correlación entre el peso del cerebro y el peso corporal fue mayor que la correlación entre el peso del cerebro y el peso del hígado, lo que indica una mayor importancia de esa variable para los estudios de desarrollo animal.

Uno de los efectos perjudiciales del bajo peso al nacer, implica el peso de los órganos de los lechones (Bérard, *et al.*, 2010; Alvarenga, *et al.*, 2012; Pardo, *et al.*, 2013, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018), resultados consistentes con los observados en estos análisis. El estudio del peso relativo de los órganos es la forma más completa de evaluar el patrón de desarrollo animal.

Según algunos autores (Wang, *et al.*, 2010; Jiang, *et al.*, 2009, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018), el daño al desarrollo gastrointestinal es la principal causa de los lechones nacidos con crecimiento más lento y mayor mortalidad neonatal. Esto puede estar asociado con cambios en las proteínas relacionadas con el crecimiento y desarrollo del tracto gastrointestinal (Wang, *et al.*, 2005, 2010, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018).

En la base de datos de un estudio, sólo dos estudios evaluaron lechones que pesaban menos de 800 g, pero esta evaluación involucró sólo los órganos al nacer (Wang, *et al.*, 2005; Bauer, *et al.*, 2000, citado en Lanferdini, 2018). En algunos artículos (Rehfeldt, *et al.*, 2008; Bérard, *et al.*, 2010; Pardo, *et al.*, 2013, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018), los lechones que pesaban menos de 800 g se clasificaron como inviábiles y, por lo tanto, fueron excluidos de los análisis. Solo 12 estudios incluyeron lechones con peso al nacer por debajo de 1.00 kg, y solo en dos fueron evaluados hasta el sacrificio (Gondret, *et al.*, 2005; Laws, *et al.*, 2009, citado en Lanferdini, *et al.*, 2018). En general, en los artículos incluidos en los análisis, el peso medio de los lechones, aunque el peso ligero al nacer era de 1.09 kg, parece haber una falta de información sobre lechones ligeros.

Jourquin señaló una investigación reciente bastante similar en los EE. UU., realizada por la Universidad Estatal de Kansas, donde salió un punto de corte de aproximadamente 1.11 kg (Beek, 2016).

La viabilidad en los lechones hace referencia a la probabilidad que estos tienen de sobrevivir, considerándose comúnmente viable aquel que nace con un buen peso (más de 1 kg), vigoroso y sin excesivas complicaciones en el parto. Contrariamente se le denomina lechón inviable (lechón no viable) al que en el momento de su nacimiento lo hace con deficiencias tan marcadas que hacen que éste prácticamente no vaya a ser capaz de sobrevivir, entre las cuales destacan el bajo peso al nacer, defectos congénitos y/o malformaciones que difícilmente pueden corregirse y que por tanto condicionan su capacidad de sobrevivir (Giraldo, 2018).

La vitalidad del neonato porcino depende de diversos factores (Alonso-Spilsbury, *et al.*, 2007, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010) influenciados por la cerda, como son factores relacionados con la gestación, duración del parto (Herpin, *et al.*, 2001, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010), lactación y la conducta postparto. Así mismo, intervienen en la vitalidad otros factores propios del lechón y del ambiente, como son la hipoxia en el momento del parto, la concentración de hormonas (Bate, 1991, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010), de minerales (Bünger *et al.*, 1988; Tuchscherer *et al.*, 2000, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010), de ácidos grasos (Rooke, *et al.*, 1998; Rooke, *et al.*, 2001, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010), el peso al nacimiento (Casellas, *et al.*, 2004, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010) y el tamaño de la camada entre otros.

En otro estudio Juárez *et al.* (2010, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010), señalan que generalmente los lechones con bajo peso al nacer son los más susceptibles para presentar mayores tasas de mortalidad pre-destete. Sin embargo, los resultados de esta tesis muestran que los lechones con calificación reprobatoria en la escala de vitalidad al nacimiento fueron los más pesados, tardaron 30 minutos más en encontrar la teta materna, presentaron el mayor porcentaje de cordones umbilicales rotos y disminución en la temperatura corporal y en la PO₂ sanguínea, mostrando mayores signos de hipoxia intraparto, en comparación con los otros grupos de neonatos con calificaciones aprobatorias.

También se relaciona con la propia naturaleza del lechón, el cual nace con deficiencias fisiológicas muy marcadas, lo que dificulta su adaptación al nuevo medio en las primeras 24-72 horas de vida. Entre estas deficiencias se destacan el bajo peso al nacimiento en relación a su peso adulto (1%), la ausencia de una capa protectora de pelo, la cubierta de grasa subcutánea muy fina, las pocas reservas energéticas corporales, la mayor superficie corporal relativa con respecto a su estado adulto y un sistema de termorregulación inmaduro. Todo esto contribuye a ocasionar un importante número de muertes por pérdida de calor o enfriamiento y por hipoglucemia (Quiles, 2004, citado en Pérez, 2010).

Restricción del Crecimiento Intrauterino (RCIU) en lechones

Las camadas grandes a menudo incluyen lechones de menor peso al nacer con características de RCIU (Matheson, *et al.*, 2018; Yuan, *et al.*, 2015, citado en Oliviero, *et al.*, 2019) que muestran disfunciones fisiológicas que incluyen hipoglucemia, inestabilidad de la temperatura y aumento de la morbilidad y mortalidad neonatal (Aucott, *et al.*, 2004, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Los lechones RCIU se caracterizan por un bajo peso al nacer y una conformación de la cabeza similar a la de un delfín (Hales, *et al.*, 2013, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Durante la restricción intrauterina, los fetos reaccionan divergiendo más nutrientes hacia el crecimiento del cerebro (Amdí, *et al.*, 2013, citado en Oliviero, *et al.*, 2019), tratando de contrarrestar el transporte placentario insuficiente (Roza, *et al.*, 2008, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Esta reacción adaptativa tiene como objetivo asegurar el desarrollo adecuado del cerebro en condiciones uterinas adversas (Baschat, 2004, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). En lechones RCIU, la mayor susceptibilidad a infecciones o cambios ambientales podría deberse a un sistema inmunológico ineficaz y un tamaño subnormal e histopatología del timo (Cromi, *et al.*, 2009; Zhong, *et al.*, 2012, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). En lechones RCIU, se ha encontrado una sobreexpresión de la proteína de choque térmico 70 (una proteína citoprotectora producida en respuesta a diferentes factores estresantes celulares) en asociación con una inmunidad celular deteriorada a nivel del intestino y el hígado (Zhong, *et al.*, 2010, Li, *et al.*, 2012, citado en Oliviero, *et al.*, 2019), lo que sugiere una función inmunológica deteriorada (Yuan, *et al.*, 2015, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

El síndrome del crecimiento uterino retardado o IUGR de las siglas en inglés Intrauterine growth restriction es de los fenotipos más comunes de una interrupción de la armonía materno-feto-placenta (Abu-Amero, *et al.*, 2006, citado en Quisirumbay, 2018). El

síndrome se presenta en varias especies de mamíferos (humanos, ovinos, caprinos, conejos, rata, ratón, cerdo) (Ferenc, *et al.*, 2014; Riddle, *et al.*, 2014; Lin *et al.*, 2014, citado en Quisirumbay, 2018) y se define como “el deterioro del desarrollo de los mamíferos (embrión/feto) o de sus órganos durante la gestación y provoca el efecto conocido como “fetal programming”, el cual menciona que el medio ambiente intrauterino del embrión puede alterar la expresión del genoma fetal y tener consecuencias de por vida (Lin, *et al.*, 2014, citado en Quisirumbay, 2018).

Los lechones RCIU no son solo lechones de bajo peso al nacer. Tienen ciertas características que ayudan a distinguirlos de los lechones pequeños para la edad gestacional (PEG). Estos incluyen frentes empinadas, como delfines, ojos saltones y arrugas perpendiculares a la boca (Chevaux, *et al.*, 2010; Hales, *et al.*, 2013; Matheson, *et al.*, 2018, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Los lechones con retraso severo del crecimiento (s-RCIU) muestran dos o tres de estas características, mientras que los lechones con retraso moderado del crecimiento (m-RCIU) solo tienen una característica presente (Hales, *et al.*, 2013, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Si bien los lechones IUGR suelen ser más pequeños que sus compañeros de camada, estas características de la forma de la cabeza se pueden ver en cerdos en todo el rango de peso al nacer (Edwards, *et al.*, 2019, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Sin embargo, en promedio, los cerdos clasificados como s-RCIU tienen menor peso al nacer, índice de masa corporal, índice ponderal y una longitud coronilla-rabadilla más corta (Hales, *et al.*, 2013, citado en Baxter, *et al.*, 2020). La gravedad de su estado de RCIU determina si valdrá la pena o no las intervenciones de manejo para promover la supervivencia.

No solo la tasa de supervivencia, sino también el rendimiento del crecimiento posnatal puede verse comprometidos por el bajo peso al nacer (Bee, 2007; Vaclavkova *et al.*, 2012, citado en Skorput, *et al.*, 2018). El peso al nacer de los lechones y la uniformidad de la camada también se ven afectados por la paridad (Milligan *et al.*, 2002, citado en Skorput, *et al.*, 2018) y el sexo de los lechones (Skorjanc *et al.*, 2007, citado en Skorput, *et al.*, 2018). Aunque cierto grado de mortalidad de lechones puede verse como un aspecto inevitable de la reproducción en especies politocas (Edwards, 2002; Baxter y Edwards, 2018, citado en Skorput, *et al.*, 2018), también se puede argumentar que los programas de reproducción hiperprolíficos se han vuelto superprolíficos, alterando así lo que antes se pensaba, como niveles "aceptables" de mortalidad de lechones.

La asociación entre el gran tamaño de la camada y la mortalidad es el resultado de una serie de factores, incluida una mayor duración del parto (Oliviero, *et al.*, 2019, citado en Baxter, *et al.*, 2020) y un aumento asociado de mortinatos y lechones que padecen hipoxia (Langendijk, *et al.*, 2018, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Existe una mayor competencia en la ubre y una menor ingesta de calostro por lechón individual (Declerck, *et al.*, 2017; Hasan, *et al.*, 2019, citado en Baxter, *et al.*, 2020), agravado por un aumento en la variación del peso dentro de la camada al nacer. Hay un crecimiento debilitado y un desarrollo deficiente de los embriones, lo que resulta en una disminución del peso total al nacer de los lechones (Foxcroft, 2008; Wolf, *et al.*, 2008, citado en Baxter, *et al.*, 2020), reduciendo así la robustez de los lechones y aumentando el número de lechones que padecen retraso del crecimiento intrauterino (RCIU) y sus patologías asociadas (Quesnel, *et al.*, 2008; Matheson, *et al.*, 2018, citado en Baxter, *et al.*, 2020).

En camadas grandes, también se informa un mayor número de lechones nacidos con signos de retraso del crecimiento intrauterino (RCIU). Estos lechones tienen un peso al nacer extremadamente bajo y una vitalidad más baja (Amdi, *et al.*, 2013; Matheson, *et al.*, 2018, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Una ingesta reducida de calostro en las primeras 24 horas de vida tiene efectos negativos sobre la supervivencia de los lechones (Devillers, *et al.*, 2011, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Los lechones recién nacidos nacen con inmunidad innata funcionalmente madura, sin la protección de las inmunoglobulinas debido a la naturaleza epiteliocorial de la placenta porcina y con inmunidad polarizada de tipo Th2. La inmunidad de tipo Th2 está mediada por altos niveles de progesterona y citocinas Th2

producidas en la interfaz materno-fetal. Los lechones recién nacidos deben adquirir inmunoglobulinas maternas a partir del calostro ingerido para una protección inmunitaria pasiva, antes de que produzcan adecuadamente sus propias inmunoglobulinas aproximadamente a las 3-4 semanas de edad (Rooke y Bland, 2002, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Como ya se señaló, hay una serie de cambios fisiológicos observados junto con el aumento constante del tamaño de la camada de la cerda. Algunos de estos cambios pueden causar efectos adversos directos sobre la salud y el bienestar de la cerda y sus lechones que los productores deben conocer.

Hipoglucemia

La hipoglucemia en lechones suele estar relacionada con la hipotermia, incluso llega a considerarse como un síndrome que al final o en etapas avanzadas van a generar signología nerviosa siendo ataxia o incoordinación su síntoma principal. La hipoglucemia tiene diversas causas entre las que se destacan las maternas: agalactia, disgalactia o síndrome de disgalactia posparto (PDS), número insuficiente de glándulas funcionales y camada muy numerosa. En cuanto a las causas por parte de los lechones están las heridas, defectos congénitos, trastornos de absorción entre otros (Magallon, *et al.*, 2014, citado en Mejía, 2019).

Es importante recalcar que la causa principal de la hipoglucemia en lechones es la hipotermia, por eso se considera como síndrome, puesto que los lechones al momento de nacer tienen una capacidad muy pobre para regular su metabolismo y su temperatura corporal, además de los escasos depósitos de grasa con que nacen por lo que solo disponen de la leche materna para suplir todas estas necesidades, dado a lo anterior si un lechón entra en inanición aparte de estar hipoglucémico no tendrá la energía suficiente para generar calor por sí mismo y optará por fuentes alternas como las calefacciones que a su vez lo alejarán de la fuente de alimento empeorando su cuadro de hipoglucemia (Mejía, 2019).

Asfixia y vitalidad neonatal

Los eventos que acontecen en un proceso de asfixia aguda tales como acidosis metabólica e hipoxia que son comunes en cerdos, interactúan con el bienestar del lechón y su desempeño postnatal, prolongando el tiempo que tarda para conectar la teta y el inicio de la primera succión (Mota *et al.*, 2005, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010). Esto a su vez origina un menor consumo de calostro, un inadecuado estado de protección inmunológica y una disminución de la temperatura corporal, con su consecuente compromiso en la vitalidad neonatal.

La supervivencia en un cerdo recién nacido, la tasa de crecimiento normal y los indicadores finales de vigor, reflejan una maduración y adaptación adecuadas. La maduración prepara al animal recién nacido para la transición de un ambiente intrauterino a uno extrauterino, mientras que la adaptación permite al neonato ajustarse a las demandas de un ambiente extrauterino adverso. El vigor al nacimiento entre los lechones de una misma camada varía considerablemente y esta variación se debe en parte a factores relacionados con la interrupción del flujo de oxígeno durante el nacimiento. Las diferencias en el vigor de los lechones están relacionadas a una variedad de factores tales como: herencia, genética, peso al nacimiento, concentración de hierro en sangre y varias concentraciones hormonales (Fraser *et al.*, 1995, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010). La asfixia prolongada o intermitente *in-utero* y durante el parto, no necesariamente conduce a un mortinato intraparto; sin embargo, tal asfixia debilita a los lechones y los deja menos capaces para adaptarse a la vida extrauterina (Zaleski y Hacker, 1993; Trujillo *et al.*, 2006, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010).

El Complejo Hipotermia - Inanición - Aplastamiento

Aunque varios estudios identifican el aplastamiento por la cerda como la causa última principal de la muerte de lechones, el aplastamiento es muy a menudo el resultado de los efectos combinados de la hipotermia perinatal y la inanición. Los lechones desnutridos pasan más tiempo cerca de la cerda y tienen más probabilidades de ser aplastados. El sistema inmunitario del lechón recién nacido es inmaduro, de forma que la ingestión de calostro (que es una fuente de energía y de inmunoglobulinas) antes de las 36 horas post-parto es esencial para su supervivencia. La inanición, que suele ser secundaria a la hipotermia neonatal, hace que los lechones sean aún más letárgicos y menos capaces de competir con sus hermanos de camada para acceder a la ubre. La temperatura crítica inferior de los lechones recién nacidos es de 34°C y cuando la temperatura ambiental es inferior, los lechones intentarán calentarse temblando y apiñándose. Curiosamente, una de las razones por las cuales los lechones recién nacidos son tan sensibles al frío es que carecen de tejido adiposo marrón (Mainau, *et al.*, 2015).

La distocia y la hipoxia relacionada en los lechones contribuyen a la hipotermia de los lechones y los lechones nacidos con bajo peso al nacer, ya pueden haber impedido el suministro de oxígeno debido a que habitan una pequeña placenta en el útero. Esto causa hipoxemia fetal crónica (Rees *et al.*, 1998, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Por lo tanto, los productores, encargados de maternidad deben abordar este importante desafío de evitar la hipotermia, la hipertermia para los lechones y las cerdas respectivamente, y es un desafío que se ha agravado en las camadas grandes.

A diferencia de la cerda, los lechones recién nacidos son vulnerables a la baja temperatura ambiente. En el momento del nacimiento, la temperatura ambiente crítica más baja de los lechones es superior a 34 °C (Mount, 1963; Herpin *et al.*, 2002, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Un lechón necesita aumentar la producción de calor mediante escalofríos y un aumento de los procesos metabólicos para mantener su temperatura corporal a esta temperatura.

Los lechones a menudo tienen bajas reservas de lípidos, glucógeno y grasa parda necesarios para la producción de calor durante los períodos críticos, esto es las primeras horas de vida (Herpin, *et al.*, 2002, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Además, los lechones con bajo peso también tienen un índice de masa corporal bajo que se correlaciona positivamente con la masa muscular, el almacenamiento de glucógeno y las tasas de supervivencia (Amdi, *et al.*, 2013, citado en Roldán, *et al.*, 2019).

Asimismo, es evidente que el peso al nacer se relaciona con la paridad de la cerda. El peso al nacer de los recién nacidos porcinos tiende a aumentar junto con el número de paridad de la cerda (Mota-Rojas, *et al.*, 2007; Roldan- Santiago, *et al.*, 2017, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Algunos investigadores han sugerido una posible relación entre el tamaño del lechón y la superficie corporal donde los lechones más pequeños tienen una superficie corporal proporcionalmente mayor y, por lo tanto, son más susceptibles a la pérdida de calor en comparación con los animales grandes (Kammersgaard, *et al.*, 2011, citado en Roldán, *et al.*, 2019).

Este hecho podría explicar por qué, 24 h después del nacimiento, los lechones nacidos de cerdas primíparas con menor peso al nacer y menores puntuaciones de vitalidad presentaban temperaturas más bajas. La incapacidad del recién nacido para conservar el calor, como sugieren algunos investigadores, se asocia con otros factores como la insuficiencia piloerección y vasoconstricción periférica en la piel que son dos mecanismos esenciales para la conservación del calor en el recién nacido (Malmkvist, *et al.*, 2012, citado en Roldán, *et al.*, 2019).

El peso reducido al nacer en los recién nacidos de cerdas primíparas podría estar relacionado con puntuaciones de vitalidad reducidas. Según algunos investigadores, el bajo peso al nacer y las puntuaciones de vitalidad se traducen en una disminución de la

termorregulación del cerdo neonatal (Mota-Rojas, *et al.*, 2012; Pedersen, *et al.*, 2013; Mota-Rojas, *et al.*, 2018, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Por otro lado, la mejor conservación del calor tras la ingestión de calostro en los lechones de las primíparas, probablemente se relacione con el hecho de que los nutrientes presentes en el calostro ayudan al neonato a estar más eficiente en termorregulación (Weary, *et al.*, 1996, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Los lechones pequeños a menudo son débiles y no ingieren calostro y se vuelven más susceptibles a sufrir de hipotermia (Herpin, *et al.*, 1996; Mota-Rojas, *et al.*, 2002; Mota-Rojas, *et al.*, 2011, citado en Roldán, *et al.*, 2019). En los lechones nacidos de cerdas de quinto parto, aquellas con altos puntajes de vitalidad tuvieron temperaturas más altas en comparación con aquellas con vitalidad media y baja.

En lechones de cerdas primíparas, la correlación entre bajo peso y baja temperatura podría atribuirse a la debilidad neonatal y una mayor latencia para succionar calostro, lo que resulta en hipotermia causada por la conservación del calor impedida cuando se exponen a temperaturas externas más frías. De hecho, la hipotermia aumenta adversamente la latencia del recién nacido para llegar a la cerda y conectarse con el pezón, lo que en algunos casos culmina en letargo, inanición y un mayor riesgo de ser aplastado por la cerda (Mota-Rojas, *et al.*, 2006; Damgaard, *et al.*, 2009; Mota-Rojas, *et al.*, 2011, citado en Roldán, *et al.*, 2019).

En estudios realizados por Trujillo-Ortega *et al.*, (2011, citado en Roldán *et al.*, 2019), la puntuación de vitalidad en lechones se asumió que el primer contacto de la ubre afecta 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 del pezón materno (Mota-Rojas *et al.*, 2018, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Según algunos investigadores, la puntuación de vitalidad en lechones se correlaciona positivamente con las tasas de supervivencia y la regulación de la temperatura durante la primera hora de vida (Casellas, *et al.*, 2004; Mota-Rojas, *et al.*, 2018, citado en Roldán, *et al.*, 2019).

En resumen, el primer día de vida es un período crítico para la supervivencia, especialmente para los lechones que nacen con bajo peso y poca vitalidad. Los lechones nacidos de cerdas mayores, independientemente de la vitalidad, tienen una termorregulación confiable, como lo demuestra el aumento del calor corporal después del nacimiento (Roldán, *et al.*, 2019).

Influencia del comportamiento de la hembra

Varios elementos de la conducta maternal son relevantes para la supervivencia del lechón. La conducta de nidificación es importante no sólo para el parto en sí mismo, sino también para la expresión de un comportamiento adecuado durante y después del parto. La correcta expresión de dicha conducta se ha asociado a una tasa de mortalidad más baja durante la lactación y a un aumento de la duración de los episodios de amamantamiento.

Una cerda intranquila tiene más probabilidades de aplastar a sus lechones, que además tienen más dificultades para localizar la ubre e ingerir calostro o leche, con el consiguiente aumento de la mortalidad neonatal. Los aplastamientos suelen ocurrir cuando la cerda se tumba desde una posición de pie o sentada, cuando se sienta después de estar acostada o cuando gira sobre sí misma. La velocidad y la naturaleza de los movimientos realizados por la cerda dependen en buena medida de la “calidad” de su conducta maternal. Las cerdas que no aplastan ninguno de sus lechones muestran una conducta maternal más desarrollada: realizan la conducta de nidificación durante más tiempo o con más intensidad, responden más rápidamente a las vocalizaciones emitidas por los lechones y los olisquean más frecuentemente (Mainau, *et al.*, 2015).

Sin embargo, pese a las mejoras y cambios en los sistemas productivos desde el punto de vista tecnológico y de infraestructura, no se ha evidenciado una gran reducción de la mortalidad en el período pre-destete. Esto estaría asociado con la propia biología de

la especie porcina, si se considera que la estrategia evolutiva del cerdo ha sido producir un número relativamente alto de lechones poco desarrollados (Chapinal, *et al.*, 2007, citado en Pérez, 2010).

Las respuestas anormalmente altas al estrés y al dolor durante el parto aumentan las catecolaminas circulantes en las cerdas. Como inhibidores naturales de la oxitocina, concentraciones más altas de catecolaminas pueden potencialmente retardar o detener las contracciones del miometrio y prolongar los intervalos entre nacimientos de los lechones a niveles peligrosos. (Ward, *et al.*, 2020).

El problema surge cuando se tiene una relación positiva entre los nacidos totales y los nacidos muertos, y sobre todo con una mayor dispersión sobre el peso medio con un porcentaje no despreciable de lechones de bajo peso con menor vitalidad y viabilidad, que aumentan la mortalidad en lactación y reducen el peso al destete a los mismos días (Tokach, 2019, citado en Palomo, 2021). Hay una correlación directa entre el menor peso al nacimiento con una mayor mortalidad en lactación (Abell, 2015, citado en Palomo, 2021). Es por todos bien conocido cómo son numerosos los factores que influyen en el tamaño de la camada al nacimiento, como son la genética, sanidad, nutrición, ambiente, infraestructuras, manejo reproductivo de hembra/ verracos y equipo humano.

La etapa bajo los cuidados de la madre es crucial por su elevado impacto sobre la viabilidad de los lechones, y el rendimiento futuro de los animales y su elevada tasa de mortalidad. Llegándose a reportar tasas de mortalidad de hasta el 40%, al incluir también la mortalidad prenatal. Sin embargo, tras la mortalidad ligada al parto, el principal factor que lo explica es el peso al nacimiento (Pandolfi, *et al.*, 2016, citado en Gutiérrez, 2019). Con lo que se reafirma la experiencia actual de que los lechones pequeños, son los principales culpables de las elevadas tasas de mortalidad bajo madre (Gutiérrez, 2019).

Uso de hormonas al parto y la vitalidad del recién nacido

Estudios recientes de Sánchez-Aparicio *et al.*, (2009, citado en Mota y Trujillo, 2010), sobre inducción del parto en la cerda con prostaglandinas a diferentes tiempos y su efecto sobre el perfil fisio-metabólico y peso del neonato porcino, indican que la inducción de partos con PGF₂ α a 36 y 24 h previas a la fecha estimada del parto y sin supervisión del proceso del parto culmina en más lechones nacidos muertos intraparto. Mientras que los lechones nacidos vivos de estos grupos presentan perfil fisio-metabólico alterado ocasionado por la presencia de estrés fetal crónico, factores que afectan su desempeño post-nacimiento al observar que su vitalidad y peso al nacimiento son bajos.

Por otro lado, estudios sobre el uso de oxitocina Mota-Rojas *et al.*, (2004, 2006, 2007, citado en Mota y Trujillo, 2010), señalan que los oxitócicos reducen efectivamente la duración del parto, pero difícilmente reducen la mortalidad al nacimiento y los problemas de distocia. Los oxitócicos probados redujeron la duración de la expulsión de los fetos, incrementaron el número de cordones umbilicales hemorrágicos, rotos y redujeron los intentos de inspiración y la aparición de fetos con latido cardiaco, favoreciendo su muerte.

Otras causas de mortalidad

La mortalidad posnatal puede ser causada por factores infecciosos y no infecciosos. Entre los factores infecciosos predominan las causas de origen respiratorio y cuadros diarreicos, esta última con reportes de mortalidad de un 10% (Kilbride, *et al.*, 2012; Muns, *et al.*, 2016, citado en Mira, 2017). Entre las causas de mortalidad de naturaleza no infecciosa, predominantemente se encuentra el aplastamiento del lechón por la cerda, y las cifras oscilan entre un 19 y 58% de los nacidos vivos; baja viabilidad 2-30% e inanición del 5-20% (Kilbride, *et al.*, 2012; Westin, *et al.*, 2015, citado en Mira, 2017).

Uno de los factores determinantes de la mala calidad de los lechones en cuanto a su vitalidad son los procesos infecciosos sufridos por la cerda a lo largo de su gestación, siendo más grave en aquellos casos donde el virus atraviesa la barrera placentaria, por

ejemplo, en el caso de infecciones con el virus del Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS por sus siglas en inglés). En muchos de estos casos hay un aumento importante de mortinatos y de un incremento de los muertos en lactación por la escasa vitalidad (incluso viabilidad) en el momento del nacimiento. Son muchos los trabajos que correlacionan una mayor mortalidad en lactación con una mayor tasa de lechones nacidos muertos (Palomo, 2011).

La paridad también afectó el número de mortinatos, con cerdas mayores que producen un mayor número de lechones nacidos muertos. Este resultado posiblemente refleja hipocalcemia en cerdas mayores, que es común en cerdas de tercer parto y puede resultar en una disminución de la fuerza de las contracciones uterinas (Trottier y Johnson, 2001, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010). El aumento de la tasa de mortinatos en una camada se ha relacionado anteriormente con el aumento de la paridad de la cerda, aumentando la duración del parto y el tamaño de la camada (Zaleski y Hacker, 1993; Wolf, *et al.*, 2008, citado en Mota-Rojas y Trujillo, 2010).

Algunas de las pautas de manejo más comunes en granja, y de las que conocemos bien que pueden afectar a la vitalidad de los lechones al nacimiento y durante la lactación, son:

- Estrés innecesario en traslado de cerdas desde que se confirma la gestación confirmada a la sala de partos.
- Escaso intervalo (<3 días) entre el movimiento de la cerda y la fecha prevista de parto.
- Inducción de partos con prostaglandinas (<113 días de gestación contando desde la última gestación)
- Uso excesivo de oxitocina que alarga el intervalo de tiempo entre cada lechón nacido, provocando cuadros de anoxia en los mismos.
- Pautas de manejo de los lechones dentro del primer día que no se respeten las buenas prácticas (corte-desinfección de ombligo, arreglo de colmillos y rabo, aplicación de hierro (Palomo, 2011).

A continuación, se presenta un cuadro (**Tabla 2**) en el cual se resumen las principales causas de mortalidad en lechones:

Tabla 2. Causas de mortalidad en lechones

Causas de mortalidad en lechones	Durante la gestación	Durante el parto	Posparto
Asociadas a los lechones	-Mala genética -Hipoxia fetal crónica	-Hipoxia y baja viabilidad. -Orden de nacimiento -Bajo peso al nacimiento (<1 kg)	-Bajo peso -Inanición -Hipoglucemia/ Hipotermia -Pobre encalostramiento (<250 ml) -Baja viabilidad -Baja inmunidad -Mala genética -Enfermedades
Asociadas a las reproductoras	-Gran tamaño de camada -Presencia de enfermedades	-Número de parto (4 ^o -5 ^o mayor tamaño de camada) -Partos distócicos	-Aplastamientos -Bajo aporte de nutrientes y anticuerpos en el calostro

	<ul style="list-style-type: none"> -Mala alimentación -Estrés -Consumo de sustancias tóxicas (micotoxinas) -Aporte deficiente de nutrientes placentarios 	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor duración del parto -Sobrepeso en la cerda -Edad avanzada (hipocalcemia) 	<ul style="list-style-type: none"> -Mala conducta materna -Baja producción de calostro -Baja producción lechera -Síndrome MMA
Asociadas al medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> -Manejo inadecuado de las cerdas -Malas condiciones ambientales (Alta temperatura) -Mala alimentación de las reproductoras (energía, proteína) 	<ul style="list-style-type: none"> -Poca o nula atención durante el parto -Uso incorrecto de hormonas (PG's, oxitocina) -No aportar sustrato a las cerdas (paja, papel, aserrín) -Condiciones de estrés 	<ul style="list-style-type: none"> -Presencia de enfermedades -Mala alimentación durante la lactancia -Malas condiciones ambientales (Temperatura menor a 34°-35° C para los lechones) -Malas instalaciones (sin barras antiplastamiento) -Manejo deficiente de los lechones (corte y desinfección de ombligo, aplicación de hierro, corte de cola, etc.)

Figura 7. Diagrama de causas de mortalidad en lechones



La selección para una mayor prolificidad²⁰ en la producción porcina ha ido acompañada de una gran variabilidad en el peso al nacer y la mortalidad antes del destete (Quiniou, *et al.*, 2002, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). La tasa de mortalidad de los lechones lactantes varía ampliamente entre países y granjas, con valores informados que varían de 4.7% (Furtado, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014) al 12% (Kilbride, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). La mortalidad neonatal es una causa importante de pérdidas antes del destete y las primeras 24 horas después del nacimiento es el período más crítico (Quesnel, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014), cuando ocurre el 28% de la mortalidad antes del destete (Kilbride, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). El bajo peso al nacer (14%), la inanición (7%), el aplastamiento de lechones enfermos (5%) y la diarrea (4%) se encuentran entre las causas más prevalentes de muerte en la maternidad (Fix, *et al.*, 2010; Kilbride, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). Los lechones que no ingieren calostro o que consumen una cantidad insuficiente de calostro están sujetos a la inanición y, por lo tanto, están predispuestos al aplastamiento y la diarrea. La ingesta adecuada de calostro puede reducir la tasa de mortalidad hasta el destete, disminuyendo así las pérdidas en el sistema productivo (Devillers, *et al.*, 2011; Quesnel *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014).

La mejora de la supervivencia de los cerdos en todas las etapas de producción, se ha identificado recientemente como una prioridad de la industria porcina (FFAR, 2018). Los valores promedio de referencia de la industria porcina de los EE. UU. Durante los últimos 6 años (2012-2017) para la mortalidad antes del destete, la cría y la terminación fueron 17.6%, 4.6% y 5.3%, respectivamente. Esto corresponde a tasas generales de mortalidad porcina desde el nacimiento hasta el mercado de aproximadamente 27.5% con 64.0% de la mortalidad ocurrida antes del destete (NPB, 2018). Entonces se vuelve importante comprender las principales causas de mortalidad para cada una de las tres diferentes etapas de la producción porcina (Feldpausch, *et al.*, 2019).

Una mortalidad de hasta el 20% se consideraría “aceptable” desde el punto de vista evolutivo, sin embargo, existen explotaciones que logran valores de mortalidad de un 5%-8%. Esto sugiere que, extremando las medidas de manejo, fundamentalmente en el momento en que ocurren la gran mayoría de las muertes (período neonatal) (Velásquez, 2006; Chapinal, *et al.*, 2007, citado en Pérez, 2010), se podría reducir la media porcentual, lo cual conllevaría no sólo a una mejora en el bienestar del lechón sino también en los índices productivos (Chapinal, *et al.*, 2007, citado en Pérez, 2010). Investigaciones muestran que los lechones con bajo peso al nacer son más vulnerables a sufrir distintos procesos infecciosos y presentar parámetros productivos inferiores, relacionándolo a una menor capacidad antioxidante (Zhang *et al.*, 2015, citado en Pérez, 2010).

Resultados de un estudio publicado por García *et al.* (2011) permiten concluir que la principal causa de mortalidad en maternidad registrada en granjas porcinas es el aplastamiento. Se determinó que el principal factor que influye en las causas de mortalidad es el tipo de instalaciones en el área de maternidad. En segundo lugar, las diferentes causas de mortalidad bajo las condiciones del presente trabajo. Las implicaciones del presente trabajo derivan en establecer procesos de evaluación en cada una de las granjas con problemas de mortalidad en maternidad, para identificar las causas de las mismas y relacionarlas con el proceso de producción. Es importante capacitar a los operadores de las casetas de maternidad para que identifiquen factores de riesgo para los lechones como lo son camadas numerosas y el tipo de sala de maternidad, incluyendo factores como el diseño de la jaula de maternidad y el tamaño de la caseta; la identificación de esas condiciones podría ayudar a establecer cuidados especiales para los lechones.

²⁰ Más de 14 lechones nacidos totales

Acciones o métodos de reducción de mortalidad de lechones de bajo peso

Algunos estudios indican que la paridad de las cerdas se relaciona estrechamente con la asfixia intraparto, la vitalidad neonatal y el rendimiento de los lechones jóvenes (Olmos, *et al.*, 2008; Mota-Rojas, *et al.*, 2012; Muns, *et al.*, 2016; Mota-Rojas, *et al.*, 2015; Mota-Rojas, *et al.*, 2018, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Además, se sabe que anomalías uterinas, distocia, tiempo de expulsión, peso al nacer, orden de nacimiento, tinción de meconio de la piel e hipotermia influyen en la supervivencia neonatal (Mota-Rojas, *et al.*, 2002, 2005; Wu, *et al.*, 2006; González Lozano *et al.*, 2009, b; Mota-Rojas, *et al.*, 2006, 2015, 2016; Islas-Fabila, *et al.*, 2018; Martínez-Burnes, *et al.*, 2019, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Cuando los lechones pasan de un ambiente uterino altamente controlado a las condiciones menos controladas de la granja, el recién nacido se vuelve particularmente vulnerable a la hipotermia, una de las principales causas de mortalidad neonatal (Muns *et al.*, 2016; Mota-Rojas *et al.*, 2018, citado en Roldán, *et al.*, 2019). La temperatura del feto en el útero fluctúa entre 38-40 °C, y después del nacimiento, baja a 34-35 °C en óptimas condiciones (Tuchscherer *et al.*, 2000; Manno *et al.*, 2006; Mota-Rojas *et al.*, 2016, citado en Roldán, *et al.*, 2019).

Una reducción en la mortalidad de lechones pre-destete de aproximadamente 2.5% puede significar en promedio 13 lechones viables por cerda/año, lo cual, si se considera un promedio de partos por cerda/año de 2.3, equivale aproximadamente a 65 kg de peso corporal vivo por cerda/año al momento del sacrificio (Muns, *et al.*, 2016, citado en Mira, 2017).

Una causa común de muerte en los cerdos recién nacidos es la deshidratación que pueden sufrir los primeros días después del nacimiento, especialmente entre los lechones más débiles que no logran consumir la suficiente leche. Se ha sugerido que la provisión de agua de bebida puede reducir la mortalidad predestete a causa de la deshidratación, especialmente cuando la temperatura ambiental es excesiva, como ocurre durante los meses de verano.

Se proponen las siguientes estrategias para el control de la mortalidad en lechones:

- Propiciar a los lechones de bajo peso al nacer acceso al pezón. Por ejemplo, aislando los de mayor peso y vitalidad mientras los más pequeños succionan.
- Asegurar un ambiente térmico óptimo.
- Homogeneización de la camada.
- Asegurar un encalostramiento oportuno y suficiente.
- Supervisar y estimular las actividades de alimentación, motricidad de la cerda lactante a fin de que se alimente, se hidrate regularmente y prevenir muertes de lechón por aplastamiento.
- Suministrar dispositivos alternos para alimentación, desde el nacimiento, con leche suplementaria a los lechones lactantes de bajo peso al nacer.
- Velar por el bienestar nutricional y ambiental de las hembras desde su gestación.
- Capacitación con miras a crear en el personal operativo conciencia y sentido de pertenencia, todo lo cual apunta a mejorar la actitud para el trabajo.
- Supervisar el funcionamiento adecuado de las barras anti-aplastamiento y pezoneras.
- Aporte diario general e individual de vitaminas y minerales según necesidades propias de cada lechón.
- Tratamiento médico según necesidades propias de cada lechón (Mira, 2017).

Alimentación durante la gestación

La composición de la alimentación junto con el momento de la alimentación durante la última etapa del embarazo también parece ser de importancia clave para respaldar la fisiología del parto y la calidad del calostro. Muchos estudios informaron que los ácidos

grasos esenciales específicos (ácidos linolénicos, linoleico y oleico conjugado) suplementados en dietas de gestación y lactancia pueden mejorar las inmunoglobulinas del calostro de las cerdas, el rendimiento de los lechones, la ganancia diaria promedio y el peso al destete (Bontempo *et al.*, 2004; Corino, *et al.*, 2009; Yao, *et al.*, 2012; Hasan, *et al.*, 2018, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020)). Aunque los mecanismos exactos sobre cómo estos compuestos dietéticos pueden aumentar las diferentes clases de inmunoglobulinas aún no se comprenden completamente, su uso en condiciones específicas de camadas grandes y calidad reducida del calostro podría ser beneficioso. El momento de la alimentación durante el embarazo y especialmente en relación con el parto parece tener relevancia con respecto al éxito del parto. El lapso de tiempo entre la última ocasión de alimentación antes del inicio del parto no tuvo ningún efecto, si el tiempo fue corto (<3 h). Sin embargo, si el lapso de tiempo excede las tres horas, se informó una correlación lineal positiva para el lapso de tiempo y la duración del parto (Feyera, *et al.*, 2018, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020). El metabolismo de la glucosa se consideró de mayor relevancia detrás de este hallazgo. Sin embargo, se pensaba que otros factores, como la alimentación con fibra que involucra el metabolismo bacteriano del tracto gastrointestinal, también ayudaban a que el parto fuera más exitoso y menos duradero (Feyera, *et al.*, 2018, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020).

La prevención de estreñimiento a través de un suministro adecuado de fibra. Las comidas antes del inicio del parto son importantes en la cerda hiperprolífica. La gestión de la alimentación se puede utilizar para promover la inmunidad de la cerda y el recién nacido. Componentes de alimentación, tales ácidos grasos de cadena corta y derivados de levadura también parecen ser microbiota favorable para la cerda (PIC, 2013).

El estado energético de las cerdas que producen camadas grandes, estaba comprometido y que las cerdas podrían estar ingresando al proceso de parto en desventaja dependiendo del tiempo transcurrido entre el inicio del parto y la última comida de la cerda (Feyera, *et al.*, 2018, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020). Como la alteración afecta el parto (Lawrence, *et al.*, 1997, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020) las cerdas suelen parir por la noche cuando el personal está ausente y el entorno del parto es más tranquilo. Por lo tanto, si una cerda recibe una ración de alimento restringida a las 15:00 pero comienza a parir a las 06:00 de la mañana siguiente, comenzará el parto 15 h después de su última ingesta de energía y es posible que no termine el parto durante otras 7.5 h (es decir, un promedio de duración del parto para cerdas hiperprolíficas) (Hales, *et al.*, 2015, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020). Por tanto, la fatiga materna es una preocupación importante. Proporcionar a las cerdas un suplemento dietético rico en fibra (DF) en sus raciones estándar de gestación y transición, por ejemplo, Feyera *et al.*, (2017, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020), proporcionaron 350 g / d de DF desde el día 102 al 108 de gestación y 700 g / d de DF desde el día 109 de gestación hasta el parto) tiene un efecto positivo en el estado energético al inicio del parto y reduce significativamente los mortinatos.

Se deben diferenciar las cerdas primerizas/segundo parto incluso del resto de ciclos alimentando, teniendo en cuenta las tres fases bien diferenciadas durante los 116 días (0-35, 36-85 y 86 a 110 días entrada partos). Evitar en todo momento el catabolismo en la fase final de gestación. Consideramos esencial un correcto aporte de fibra dietética (ratio soluble/insoluble) que además de aumentar la saciedad y el bienestar de las cerdas en grupos nos ayudará a mejorar el consumo de alimento en lactación, reducir los nacidos muertos, aumentar el peso al nacimiento sin tener ningún impacto negativo en la deposición de grasa y peso en el momento del parto (Maupertuis, 2017, citado en Palomo, 2021). En todas las fases de la reproducción el balance electrolítico de la dieta es importante, pero en la gestación es clave, ya que ayudará a mejorar el balance iónico y la vascularización epiteliochorial para una mejor nutrición de los embriones primero y los fetos después.

La alimentación rápida es la práctica de aumentar la cantidad de alimento durante el final de la gestación (por ejemplo, después de 90 días) con el objetivo de proporcionar una mejora de los nutrientes para fetos de rápido crecimiento, con beneficios reportados en el peso de la camada al nacer y al destete (Cromwell, *et al.*, y col., 1989; Shelton, *et al.*, 2009, citado en Ferreira, *et al.*, 2021). Sin embargo, evidencia reciente indica que solo en las primerizas este régimen de alimentación tiene efectos (Gonçalves, *et al.*, 2016; Mallmann, *et al.*, 2018, citado en Ferreira, *et al.*, 2021). Mientras que las cerdas con un puntaje de condición corporal ideal mostraron una mayor tasa de mortinatos con un efecto marginal concomitante en el crecimiento de la camada cuando se alimentaron con sistemas de sobrealimentación (Mallmann *et al.*, 2019, citado en Ferreira, *et al.*, 2021). Además, la sobre alimentación puede resultar en un crecimiento excesivo de las cerdas (Gonçalves, *et al.*, 2016, citado en Ferreira, *et al.*, 2021), lo que podría conducir a una reducción de la ingesta de alimento durante la siguiente lactancia (Cromwell, *et al.*, 1989; Revell *et al.*, 1994, citado en Ferreira, *et al.*, 2021), a un aumento del catabolismo de las reservas corporales (Kim, *et al.*, 2015, citado en Ferreira, *et al.*, 2021), a un rendimiento reducido de calostro (Decaluwé, *et al.*, 2014, citado en Ferreira, *et al.*, 2021), y a la disminución del tamaño de la camada y el aumento de peso posteriores (Kim, *et al.*, 2015, citado en Ferreira, *et al.*, 2021).

Otros nutrientes en dietas de cerdas reproductoras que han demostrado tener un efecto sobre la vitalidad de los lechones en el momento del nacimiento son los siguientes:

- Niveles de vitamina E en la dieta y la incorporación de vitamina E natural (RRR), por su efecto antioxidante.
- Incorporación de Selenio orgánico.
- Incorporación de hierro de manera orgánica (aquellos que atraviesan barrera placentaria) aumentando los niveles de hierro en sangre que mejoran el transporte de nutrientes.
- Incorporación de L-carnitina y su actuación sobre el metabolismo energético.
- Incorporación de probióticos que favorecen el equilibrio de la flora intestinal.
- Incorporación de prebióticos que mejoran el sistema inmunitario (Palomo, 2011).

El Evosure es una levadura agregada en la alimentación de cerdas gestantes y lactantes, el cual es desarrollado para que éstas aprovechen mejor los nutrientes del alimento y pueda transmitir dichos beneficios a su descendencia. El evosure genera beneficios en el sector de la porcicultura, ya que aumenta pesos al nacimiento, menor mortalidad pre-destete, alto rendimiento por camada y mayor número de cerdos destetados (Betancur, 2018).

Como se ha descubierto que el estrés oxidativo aumenta con el tamaño de la camada, puede ser una preocupación particular para las cerdas hiperprolíficas. El uso de aceite suplementario con propiedades antioxidantes podría ser una estrategia de bajo costo para reducir el estrés oxidativo. La eficacia del suplemento para reducir el estrés oxidativo se ve afectada por el tipo de aceite, la calidad del aceite (es decir, si está oxidado) y la dosis. Evidentemente, los aceites que estimularon una mayor liberación de compuestos antiinflamatorios y redujeron el estrés oxidativo muestran un efecto positivo sobre el rendimiento de las cerdas y mejoras en la supervivencia antes del destete (Ward, *et al.*, 2020).

La nutrición materna juega un papel vital en el desarrollo fetal, el desarrollo temprano de los recién nacidos y la lactancia, y regula la productividad de por vida de la descendencia (Zhang, *et al.*, 2019, citado por Oliviero *et al.*, (2019)). Las estrategias de alimentación nutricional incluyen aditivos alimentarios, como ácidos orgánicos, ácidos grasos de cadena corta y media, probióticos, prebióticos y ciertos carbohidratos específicos. Después del parto, la nutrición materna continúa regulando el crecimiento y desarrollo de los lechones, incluido el desarrollo del sistema inmunológico (Salmon, *et al.*, 2009, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

Supervisión durante el parto

Una de las mejores estrategias de manejo para la supervivencia de los lechones en camadas más grandes es la supervisión adecuada del parto. Se deben considerar varios puntos claves al momento de la atención del parto, los cuales son:

- Condiciones de la sala de maternidad.
- Etapas del parto.
- La camada.

Se deben tomar en cuenta diversos factores que pueden alterar la comodidad de la hembra al momento del parto, para esto se deben proporcionar condiciones adecuadas, las cuales se enlistan a continuación: las jaulas en conjunto de la sala de maternidad deberán estar disponibles una semana antes del parto, completamente lavadas y desinfectadas, conservando una temperatura fresca y confortable para las hembras (Nava, 2020).

Se debe procurar mantener lo más higiénico posible el piso de la jaula de maternidad, a modo de que se retiren las heces del piso de las jaulas, ya que es una zona altamente infecciosa al momento del parto, el lechón corre gran riesgo de contagiarse de algún patógeno productor de diarrea, entre otras múltiples signologías de daño digestivo; cabe mencionar que la presencia de diarreas en la sala de maternidad de muchas granjas es actualmente un reto por combatir.

La sala de maternidad no debe permitir entradas de aire, las corrientes de aire dentro de la sala de maternidad y la humedad de ella están estrechamente relacionadas a la aparición de problemas como diarrea, vómito, artritis, hipoglucemia y enfermedades respiratorias (Nava, 2020).

Si las cerdas paren durante las horas de trabajo, los productores pueden salvar eficazmente a los lechones en riesgo manteniendo calientes a los recién nacidos, rescatando a los lechones superpuestos de las cerdas inferiores, fomentando las conductas de lactancia y ayudando a las cerdas con dificultades de parto. Para permitir esta supervisión adicional, se puede inducir el parto de las cerdas con prostaglandina (PG) F_{2α} o análogos (p. Ej., Cloprostenol) (Ward, *et al.*, 2020).

Los rasgos de comportamiento pueden ser útiles para el diagnóstico de parto anormal. Se debe permitir que las cerdas expresen comportamiento de construcción de nidos y desviaciones del comportamiento normales (PIC, 2013). Justo antes y durante la fase de expulsión del parto puede indicar casos problemáticos. Además, la tecnología de ultrasonido es muy útil, especialmente durante el último tercio del embarazo y posparto, para que se puedan tomar las acciones más adecuadas con respecto a la salud uterina (PIC, 2013).

Independientemente del entorno del parto, las concentraciones de cortisol siempre aumentan antes del parto. Aunque se espera este aumento, es importante evaluar cómo se puede controlar el estrés en torno al parto para minimizar el riesgo de problemas relacionados con el parto. Se ha informado que las cerdas alojadas en jaulas al final de la gestación tienen concentraciones más altas de cortisol en plasma que las cerdas alojadas en corrales y esto puede afectar el rendimiento del parto (Ward, *et al.*, 2020).

Una alternativa para reducir la mortalidad neonatal en cerdos es el monitoreo del estrés neonatal durante el parto, es decir, valorar el grado de vitalidad de los lechones recién nacidos. También es importante conocer los cambios fisiológicos, de comportamiento y bioquímicos, que tienen lugar durante el inicio de la lactancia y que subsecuentemente afectarán la vitalidad, madurez y desarrollo de los cerdos neonatos (Trujillo-Ortega, *et al.*, 2007, citado en Mota y Trujillo, 2010). La vitalidad y supervivencia

del lechón dependen de diversos factores influenciados por la cerda, como son: los relacionados con la gestación, parto, lactación, y la conducta post-parto. Así mismo, intervienen en la vitalidad del lechón otros factores como el ambiente, la hipoxia en el momento del parto, concentración de hormonas (Bate, 1991), minerales (Tuchscherer, *et al.*, 2000, citado en Mota y Trujillo, 2010), ácidos grasos (Rooke, *et al.*, 2001, Mota y Trujillo, 2010), y el peso al nacimiento, e indirectamente el tamaño de la camada.

Cerdas lactantes con lechones: Espacio Para las Cerdas al parto

Existen muchos sistemas de partos en interiores disponibles que los productores pueden implementar en sus granjas. Estos sistemas se diferencian en su capacidad para optimizar el rendimiento, la salud y el bienestar de las cerdas y sus camadas.

En general, las jaulas de parto individuales tienden a mejorar el bienestar de los lechones a través de la disminución de la mortalidad, sin embargo, limita la libertad de la cerda. En los sistemas de partos libres, la cerda tiene libertad de movimiento y la capacidad de expresar comportamientos de anidación, pero el bienestar de los lechones puede verse comprometido debido al aumento de su mortalidad. Los sistemas de parto deben proporcionar el espacio adecuado²¹ para que las cerdas puedan realizar ajustes posturales fácilmente.

Los sistemas de partos deben proporcionar libre acceso al alimento y al agua. Se debe revisar diariamente los sistemas de alimentación y de suministro de agua para garantizar que estén funcionando correctamente. Las jaulas de parto individuales deben proporcionar el espacio adecuado para las cerdas. Se entiende por espacio que:

- La cerda pueda recostarse fácilmente de lado (forma lateral total) y levantarse fácilmente.
- La cerda se pueda recostar completamente sobre su lado (forma lateral total) sin que la cabeza tenga que apoyarse en un alimentador elevado, y sin que los cuartos traseros estén en contacto con la parte posterior del corral simultáneamente.

Los sistemas de partos libres deben proporcionar el espacio adecuado para que las cerdas se recuesten de lado y se levanten con la misma facilidad. Asimismo, deben proporcionar un espacio conveniente para que puedan girar sin dificultades y con el mínimo riesgo para los lechones (Thompson, 2018).

Espacio para los lechones

En cualquier sistema de partos debe haber un área (s) que se adapte a las necesidades únicas de los lechones (área de reposo) Esta área debe tener las siguientes características:

- Proporciona confort térmico a los lechones,
- Proporciona amplio espacio de suelo²² para que todos los lechones puedan recostarse sin tener que hacerlo sobre los otros lechones,
- Proporciona protección para los lechones de las cerdas (es decir, evita el aplastamiento de los lechones), y
- Asegura el acceso sin restricciones a la ubre de todos los lechones para que puedan alimentarse apropiadamente.

²¹ Jaula de 1.5 m x 90 cm

²² Dos pasillos de 30 cm de ancho

Manejo de la Cerda

Centrándose en el manejo en la propia maternidad, hay dos momentos importantes en los que se pierden lechones y estos son los nacidos muertos al parto y la mortalidad predestete. Una correcta atención al parto disminuye el número de nacidos muertos, por lo que se debería atender de una manera constante y con la misma frecuencia (una hora aproximadamente) a todas las cerdas en la sala de partos y actuar según las necesidades en cada momento; esta tarea se facilita cuando se anota y se registra tanto el número de nacidos vivos, muertos, momificados, etc., como los tratamientos aplicados en la madre o en los lechones; de esta manera se podrá saber si las actuaciones son favorables para el éxito del parto y la reducción de nacidos muertos. En esta fase no solo se favorece la supervivencia de lechones al parto sino también al destete, ya que la mayor parte de las bajas ocurren en las primeras 48 horas de vida del lechón.

La mayor parte de la mortalidad antes del destete ocurre en los primeros días de lactancia (Marchant, *et al.*, 2001, citado en Hales, *et al.*, 2016) y estudios previos han demostrado que el confinamiento de 4 a 7 días después del parto reduce la mortalidad de los lechones en comparación con los sistemas de alojamiento suelto (Moustsen, *et al.*, 2013; Hales, *et al.*, 2015, citado en Hales, *et al.*, 2016).

El confinamiento de las cerdas reduce el riesgo de comportamientos peligrosos tales como movimientos rápidos de acostado y rodamiento (Weary, *et al.*, 1996; Damm, *et al.*, 2005; Danholt, *et al.*, 2011, citado en Hales, *et al.*, 2016), por tanto, debe reducirse el riesgo de aplastamiento. Teniendo en cuenta que las cerdas están bastante inactivas en los primeros días de la lactancia, la restricción física que el confinamiento impone a la cerda en este período puede no ser tan desfavorable para el bienestar de la cerda como en otros períodos más activos, como la construcción de nidos. Por lo tanto, espera que confinar a las cerdas por un período corto de tiempo tenga un impacto menor en el comportamiento y fisiología de la cerda que si las cerdas están confinadas períodos de tiempo más largos, como ocurre cuando están confinadas en jaulas durante todo el período de lactancia (Cronin, *et al.*, 1991, citado en Hales, *et al.*, 2016).

Eliminación de lechones nacidos con bajo peso

Los lechones con pesos menores a 600 g (Catedra de producción porcina, 1989, citado en Pérez, 2010) u 800 g (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010) deben ser sacrificados, ya que difícilmente sobrevivirán y si lo hicieran, su desarrollo será sumamente lento, serán más susceptibles a contraer enfermedades y prácticamente no tendrán fuerza para estimular las mamas o no podrán alcanzarlas para mamar (Vieites, 1997, Pérez, 2010).

La mayor frecuencia de lechones con bajo peso al nacimiento se observa en camadas muy numerosas (Quiles, 2004, citado en Pérez, 2010) y en cerdas viejas. Estos lechones, son los que más enferman, demandan más tiempo en cuidados y tratamientos especiales, tienen bajas probabilidades de supervivencia y alcanzan menor peso que los hermanos, constituyendo un grupo de animales problema en el destete y en la engorda (Maqueda, 2007, citado en Pérez, 2010).

Ingestión de calostro

Teniendo en cuenta el mayor impacto de la ingesta de calostro en la supervivencia de los lechones de bajo peso al nacer, se podrían utilizar algunas estrategias para asegurarles un aporte energético y una absorción de IgG adecuados. Ya se han sugerido algunos enfoques para mejorar el estado inmunológico, como complementar a los lechones con calostro de cerdas / bovinos (Cabrera, *et al.*, 2013, citado en Ferrari, *et al.*, 2014) o suplementos ricos en IgG (Bikker, *et al.*, 2010; Campbell, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). De hecho, se han administrado algunos suplementos a lechones recién nacidos, lo que ha dado como resultado una IgG absorbible similar o superior a la observada con el calostro de la cerda (Bikker, *et al.*, 2010; Campbell, *et al.*, 2012, citado en Ferrari, *et al.*, 2014). Como los factores de crecimiento transmitidos por el calostro estimulan la

maduración funcional del tracto gastrointestinal en lechones (Xu, *et al.*, 2000, citado en Ferrari, *et al.*, 2014), su papel en el desarrollo del sistema inmunológico (Cabrera, *et al.*, 2013, citado en Ferrari, *et al.*, 2014) amerita investigación y tal vez en el futuro se incorporen a fórmulas para lechones recién nacidos.

Un acto fundamental para la supervivencia de los lechones es un correcto encalostamiento, por lo que los lechones necesitarán una mama funcional disponible. Como medida de manejo se trabaja en los encalostamientos secuenciales (Split-nursing) para dar a cada lechón una mama cuando tenemos más lechones que mamas funcionales. Para esto se separan en cajas o en nidos provistos de una fuente de calor los lechones más grandes al parto (no más de 2 horas) para dejar que los pequeños se encalostren, varias veces durante la jornada y sin mover a los lechones de su madre en las primeras 24 horas de vida (Caballer, 2017).

En esta etapa las fuentes de energía con que cuenta el neonato al nacer son el glucógeno hepático (9.6% del peso del hígado) y muscular (6.5-8.4% del peso del tejido muscular) aproximadamente por 16 horas, siendo mayor la reserva muscular en relación a su peso total. Luego, el aporte del calostro provee principalmente lactosa y grasa como fuente de energía durante 18 horas más en promedio, para luego acceder a la leche de transición, la cual se produce aproximadamente 34 horas después de nacido el primer lechón. Esta provee mayor cantidad de grasa y energía, permitiéndole al lechón obtener sus propias reservas de tejido graso y el logro de mejor regulación de su temperatura corporal (Theil, *et al.*, 2014, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

La composición del calostro cambia durante las primeras 24 horas y entre las 34 y las 36 horas después del parto, la secreción se denomina leche transitoria hasta los 10 días y leche después de eso (Theil *et al.*, 2014, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Además de la transferencia de inmunidad humoral, los componentes celulares del calostro, principalmente los linfocitos, pueden ingresar a la circulación sistémica y a los órganos linfoides secundarios del recién nacido (Nechvatalova, *et al.*, 2011, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

El calostro también contiene muchas células, un porcentaje relativamente alto de estas células son linfocitos (15% - 25%) (Bandrick, *et al.*, 2014, citado en Oliviero, *et al.*, 2019) demostraron que los linfocitos calostrales (CD4 +, CD8 +, y células T) se transfirieron selectivamente a sangre de lechones. Sin embargo, el mecanismo específico de transporte a través de los enterocitos neonatales no se conoce a nivel molecular. La función de estas células en el recién nacido aún no está clara, incluso aunque se sugirió que pueden tener una influencia en las respuestas inmunes innatas y adaptativas (Bandrick, *et al.*, 2014, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

La producción de calostro se puede ver afectada por otros aspectos como la paridad o el número de partos, hay estudios que indican que cerdas primerizas producen menor cantidad que cerdas de 2.º y 3er parto (Devillers *et al.*, 2007, citado por Peltoniemi *et al.*, (2020)) mientras que otros estudios muestran que no hay diferencias (Quesnel, unpublished data, The gestating and lactating sow) e incluso se daría el caso de que un tercio de las cerdas no producen el calostro suficiente para su camada, según Quesnel *et al.*, (2012, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020).

Existen asociaciones entre los cambios en las reservas de energía y el rendimiento de calostro, ya que este último puede estar asociado negativamente con la pérdida tardía de la grasa dorsal en la gestación y, en consecuencia, con cerdas que llegan al remo con una condición corporal inadecuada (Decaluwé, *et al.*, 2013, citado en Peltoniemi, *et al.*, 2020). Por tanto, parece fundamental que las cerdas mejoren gradualmente su condición corporal durante toda la gestación, llegando al parto en buenas condiciones corporales para cumplir con el recambio proteico y la producción de calostro suficiente.

Dentro de los factores conocidos que influyen directamente en la producción de calostro, están:

- Genotipo de la cerda: no se disponen de datos publicados al respecto.
- Número de partos: la producción es mayor en cerdas multíparas que en cerdas primerizas, siendo las de 3o a 5o parto las mejores.
- Peso de la camada: aquí encontramos datos contradictorios en la literatura, de forma que, aunque el mayor peso medio de la camada al nacimiento no afecte a la producción de calostro, las cerdas con mayor producción de calostro tienen camadas de mayor peso al nacimiento. Por ello, desde mi punto de vista no hay en la práctica una correlación positiva entre mayor tamaño de camada, con mayor peso de la camada y con mayor producción de calostro; pero sí que influye la homogeneidad de la camada en cuanto a su peso en las variaciones dentro de la producción de calostro en cada cerda.
- Tamaño de camada: no influye en la producción de calostro en el primer día después del parto.
- Edad y condición corporal a la entrada de partos: no se han observado variaciones en cuanto a la producción de calostro por dichos factores (Palomo, 2011).

Para reducir la mortalidad, entonces, una ingesta mínima de 200gr/día de calostro debe ser lograda en las primeras 24 horas y un consumo de 250 g es deseable para promover un mejor estado de salud y evolución de peso en los lechones lactantes y posdestete. Ello representa un consumo de 180g/kg, si se considera una media de peso al nacimiento de 1.4 kg (Quesnel, et al., 2012; Theil, et al., 2014, citado en Oliviero, et al., 2019). Otros componentes importantes del calostro son los factores de crecimiento y las enzimas responsables del crecimiento y desarrollo del tracto gastrointestinal y de la adaptación fisiológica a su nuevo entorno (Quesnel, et al., 2015, citado en Oliviero, et al., 2019).

Medidas para mejorar la inmunidad en cerdas y lechones en grandes camadas y perspectivas futuras

Las camadas grandes representan un serio desafío para la inmunidad de la cerda y los lechones. En estas condiciones de alta competitividad, los lechones desfavorecidos, con bajo peso al nacer o con signos de neonatos con retraso del crecimiento intrauterino (IUGR), deben tener apoyo adicional para tener acceso a una cantidad adecuada de calostro de alta calidad. Para minimizar la competencia entre hermanos por la ingesta de calostro, la camada se divide en dos grupos. Los lechones más pesados y fuertes se mantienen en la zona de arrastre o en una caja separada, lo que permite a los lechones más pequeños mamar durante 60–90 min; luego, los grupos se cambian y el procedimiento se repite tantas veces dentro de las 12 a 16 horas desde el comienzo del parto (Oliviero. *et al.*, 2019)

También se deriva de ahí el impacto a largo plazo, según el cual, ingestas inferiores a 290g afectan la ganancia de peso corporal hasta en un 15% y las bajas ingestas se correlacionan con niveles de IgG sanguíneas menores en el periodo posterior al destete. Los niveles sub-óptimos de IgG pueden aumentar la susceptibilidad a infecciones y por consiguiente la necesidad de antibióticos (Devillers, *et al.*, 2012; Quesnel, *et al.*, 2015; Moreira, *et al.*, 2017, citado en Mira, 2017).

En el caso de lechones pequeños y / o lechones RCIU, que todavía no pueden amamantar con éxito, también se debe considerar la lactancia asistida. Recordando que estos lechones más pequeños tienen dificultades para mamar de los pezones grandes, se deben preferir los pezones funcionales más pequeños al ayudar a amamantar. Con el fin de proporcionar la mejor inmunidad pasiva, cuando sea posible, el procedimiento de lactancia dividida y asistida debe realizarse eficazmente dentro de las primeras 6 horas

desde el comienzo del parto, cuando el contenido de inmunoglobulina de calostro es máximo (Oliviero *et al.*, 2019)

El contenido de IgG del calostro se puede estimar fácilmente a nivel de granja usando un refractómetro Brix y una gota de calostro. Un valor Brix inferior al 20% representa un contenido deficiente de IgG, los valores que oscilan entre el 20% y el 24% se consideran en el límite y no óptimos (especialmente si se encuentran en el extremo inferior del rango) y los valores superiores al 24% se consideran de contenido adecuado de IgG (Hasan, *et al.*, 2016, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Facilitar el proceso de parto puede reducir la duración del parto y, por lo tanto, permitir lechones más vitales. Se considera que la reducción del intervalo de tiempo desde el inicio del parto hasta la ingesta de calostro, una mejor producción de calostro y una reducción del dolor / inflamación de la cerda apoyan el proceso del parto. Permitir a la cerda parir libremente, proporcionando un sustrato (paja, aserrín, papel) 1 a 2 días antes del parto, puede ayudar a la cerda a desarrollar el nido. Esto puede reducir la duración del parto y la tasa de mortinatos (Oliviero, *et al.*, 2008, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

El parto prolongado aumenta los riesgos de asfixia de los lechones durante el parto y la presencia de lechones menos vitales al nacer (Herpin, *et al.*, 2001, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Mientras que Yun *et al.* (2014, citado en Oliviero, *et al.*, 2019), demostraron que proporcionar espacio y abundante material de construcción de nidos antes del parto aumentaba la concentración de oxitocina en plasma de la cerda y tendía a aumentar las concentraciones de IgG e IgM en suero de los lechones durante la lactancia temprana.

Con la aparición cada vez mayor de camadas grandes, es fundamental proporcionar a la cerda una buena base para producir suficiente calostro. Dado que los lechones IUGR tienen hipotermia, hipoglucemia y una ingesta de calostro sustancialmente menor durante las primeras 24 h de vida en comparación con los cerdos normales (Amdi, *et al.*, 2013, 2016, citado en Oliviero, *et al.*, 2019). Esos mismos autores (Amdi, *et al.*, 2017, citado en Oliviero, *et al.*, 2019) demostraron en otro trabajo que los lechones pequeños pueden requerir intervenciones especiales como bolos de calostro durante las primeras 24 h de vida para sobrevivir.

El factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1), uno de los compuestos responsables de la maduración intestinal, está dos veces más concentrado en el calostro de las cerdas que en la leche, lo que destaca la importancia del calostro tanto para la supervivencia temprana como para el desarrollo regular (Ward, *et al.*, 2020).

Los neonatos con retraso del crecimiento intrauterino (IUGR) tienen una inmunidad celular más pobre, y el destete puede incluso agravar los efectos adversos de dicho crecimiento retardado sobre el desarrollo y la función del sistema inmunitario. En un estudio, se investigaron los efectos de la suplementación con glutamina sobre el estatus inmunitario en los intestinos de cerdos destetados con IUGR, haciendo especial énfasis en los mecanismos moleculares subyacentes a la respuesta inmune alterada. Se concluyó que la suplementación con glutamina estimuló la respuesta inmune en lechones destetados con IUGR. Los efectos de la glutamina en el retraso en el crecimiento intrauterino están asociados con una mayor expresión de Hsp70 y la supresión de la activación del factor NF- κ B (Zhong, *et al.*, 2012, citado en Oliviero, *et al.*, 2019).

Colocación de los lechones a mamar

Aunque un lechón sea más pequeño que los otros, si tiene un pezón propio tendrá igual oportunidad de alimentarse que los demás. Lo importante no es la diferencia de tamaño entre los lechones, sino que cada uno tenga una mama propia y productiva. Si hay más lechones que pezones, los más fuertes se adueñarán de los funcionales y los más débiles quedarán sin comer (Giraldo, 2004, citado en Pérez, 2010). Para ayudar a que los lechones pequeños accedan a las mamas más productivas, a medida que del escamoteador y luego de finalizado el parto se ponen los más débiles en los pezones y se

deja que los lechones restantes elijan su sitio libremente. Los lechones más débiles y pequeños deben ser ubicados en los pezones delanteros, que son los que producen mayor cantidad de leche. Es importante detectar a los lechones que cambian de mamas o que se alimentan de las mamas traseras o de las que no dan leche (Buxade y López, 2005, Pérez, 2010).

La leche de la cerda presenta un contenido relativamente alto en proteínas (30%) y cenizas (25%). Como el agua de bebida se necesita para la excreción por la orina del exceso de nitrógeno y minerales, una potencial carencia podría, al menos en teoría, reducir el consumo de leche y el crecimiento en los lechones lactantes. Es interesante observar que los cerdos recién nacidos son capaces de beber agua en las dos primeras horas después del nacimiento, lo que indica que necesitan más agua, además de la suministrada por el calostro o leche de la cerda. También es esencial suministrar agua a los lechones lactantes que consumen activamente alimento sólido. Se ha demostrado que los lechones con libre acceso al agua comen más que los lechones a los que no se les complementa con agua (3.215 vs 2.166 g/cerdo, respectivamente) (Mavromichalis, 2012).

Alimentación posparto y uso de nodrizas

Tras las 24 horas de encalostrado se deben coger a los más pequeños y ponerlos en una cerda de 2.^o parto cuya producción de leche es un 25 % mayor que una primeriza. En este momento se comenzaría a realizar adopciones para repartir el exceso de lechones. Nunca se realizan movimientos o adopciones antes de las 24 horas de vida. Se cargarán al máximo las cerdas con el mayor número de lechones según ciclos y mamas funcionales (además de historial previo), en cerdas de hasta el cuarto parto para favorecer el desarrollo de la mama y la capacidad de destete futura de la cerda y también para reducir al máximo los movimientos en la maternidad.

Es recomendable poner tantos lechones como mamas funcionales a las cerdas hasta el cuarto parto, por los siguientes motivos:

- Favorecer el desarrollo mamario desde el primer parto.
- Favorecer una mayor capacidad de destete de la cerda a lo largo de su vida productiva.
- Limitar el movimiento de lechones y reducir el número de cerdas nodrizas (independientemente del sistema que se elija).
- Y a partir del quinto parto se trabaja ajustándose más al historial de la cerda y al aspecto de las glándulas mamarias, que desde el día del parto nos pueden dar una idea de su potencial lechero (Caballer, 2017).

Cuando se crían camadas grandes, el espacio y el acceso a las ubres pueden volverse limitantes en la jaula de parto convencional, por lo tanto, puede ser necesario un alojamiento suelto para proporcionar suficiente espacio y reducir la competencia en la ubre (Pedersen, *et al.*, 2011, Kobek-Kjeldager, *et al.*, 2020, citado en Kobek-Kjeldager, *et al.*, 2021). Proporcionar sustituto de leche a las camadas estandarizadas para 14 o 17 lechones podrían reducir la mortalidad de los lechones independientemente del tamaño de la camada (Kobek-Kjeldager, *et al.*, 2020, citado en Kobek-Kjeldager, *et al.*, 2021). Sin embargo, el sustituto de leche no pudo compensar por completo el menor peso al destete en las camadas de 17 lechones al nivel encontrado en las camadas estandarizadas para 14 lechones.

Potencialmente, los lechones que se crían con la cerda pero que se alimentan principalmente con sustituto de leche pueden haber comprometido la retención de grasa comparable a los lechones criados artificialmente inicialmente. Una retención de grasa más baja puede constituir un problema, ya que 1 g de grasa transporta una cantidad mucho mayor de energía que 1 g de proteína (Theil, *et al.*, 2020, citado en Kobek-Kjeldager, *et al.*, 2021). Esta energía puede ser significativa y puede controlar el retraso del crecimiento

común que experimentan los lechones después del destete (Le Dividich y Sève, 2000, citado en Kobek- Kjeldager, *et al.*, (202). Sin embargo, dependiendo de la economía del agricultor y de las consecuencias para los lechones que exceden las tetinas, la estrategia de proporcionar sustituto de leche suplementario a las camadas grandes puede ser menos favorable en comparación con el uso de, por ejemplo, nodrizas (Kobek- Kjeldager, *et al.*, 2021).

Suministro de la primera ración

Para lograr un peso máximo al destete, es indispensable ofrecer durante la lactancia un alimento nutritivo y de sabor agradable desde la primera semana de vida. Si el lechón prueba el alimento y no le gusta, lo más probable es que no regrese al comedero durante algún tiempo. Para evitar esto, es necesario darle un alimento de su agrado (Giraldo, 2004, citado en Pérez, 2010), es decir, que lo importante en esta etapa preinicial de la alimentación es la palatabilidad de los alimentos.

Colocación de lechones a mamar, crianza de lechones con alimento artificial y transferencia de lechones

Los lechones toman calostro durante los primeros 2 a 3 días de vida. El lechón empieza a mamar entre 15 y 45 minutos después del nacimiento (Uribe, 1998, citado en Pérez, 2010) y lo hace cada 60 o 70 minutos, es decir, entre 20 a 22 veces por día. En las primeras 12 horas de vida mama unas 15 veces, ingiriendo aproximadamente entre 200 g (Quiles, 2004, Wittemore, 1996, citado en Pérez, 2010) y 600 g de calostro. Esta frecuencia disminuye a medida que van creciendo debido al aumento de la capacidad gástrica. Cada mamada dura de 20 a 30 segundos durante los cuales el lechón ingiere 20 a 60 g de leche (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010). Es necesario que el lechón consuma calostro al menos seis veces para que pueda recibir la cantidad adecuada de anticuerpos que lo protegen contra enfermedades (Giraldo, 2004, citado en Pérez, 2010).

Transferencia unilateral

Se realiza cuando el número de lechones nacidos vivos excede la capacidad de crianza de la madre. En estos casos se recomienda transferir algunos lechones a otras cerdas recién paridas. La técnica de adopción debe realizarse en la forma más conveniente para los lechones más débiles de la camada. Es decir, si éstos tienen mayor oportunidad de sobrevivir al dejarlos con su propia madre, entonces los más fuertes de la camada serán los adoptados. Por otra parte, pueden cambiarse los lechones más débiles a una cerda recién parida con una camada más chica si esto mejora las posibilidades de supervivencia (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010).

Transferencia cruzada

La crianza cruzada implica sacar algunos o todos los lechones de su cerda de nacimiento a una cerda de crianza o intercambiar lechones entre cerdas según su tamaño, vigor y sexo, así como las características físicas de la ubre de la cerda (es decir, los lechones RCIU se beneficiarán del acceso a una ubre con pezones más pequeños y distancia entre pezones, Vasdal y Andersen, 2012; Balzani *et al.*, 2016, citados por Baxter *et al.*, (2020)). El acogimiento cruzado puede ser muy exitoso si se realiza correctamente (Baxter *et al.*, 2013; Alexopoulos *et al.*, 2018, citado en Baxter, *et al.*, 2020).

Cuando los partos se concentran en un intervalo programado, o en rebaños grandes, se deben igualar los pesos de nacimiento dentro de las camadas por medio de la adopción cruzada tan pronto como sea posible después del parto. Entonces, los lechones más pesados son transferidos a una cerda y los más livianos a otra. Siempre hay que asegurarse que los más pequeños vayan a una cerda cuyos pezones sean delgados y de longitud mediana (Maqueda, 2007) para que puedan mamar bien (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010).

Amamantamiento dividido

El amamantamiento dividido ayuda a garantizar que todos los lechones hayan ingerido algo del calostro de su propia madre. Se utiliza en las primeras camadas nacidas en un lote cuando las oportunidades de crianza son limitadas. Implica dividir la camada en dos grupos, generalmente en función de su peso y / o vitalidad (Kyriazakis y Edwards, 1986; Donovan y Dritz, 2000, citado en Sanjoaquin, 2015). A los más livianos o débiles se le permite el acceso a la ubre primero, mientras que los más pesados o fuertes están encerrados en un área de arrastre calentada o una caja designada. Una vez que los lechones hayan amamantado con éxito varias veces (por ejemplo, 90 minutos deben garantizar al menos dos eyecciones de calostro exitosas si la bajada se ha vuelto cíclica), se marcan y se intercambian con el grupo más pesado. Alternar estos grupos durante las horas de trabajo del día y reunirlos por la noche es un patrón típico, pero la vigilancia de 24 h alrededor del parto y los primeros días posparto podría permitir protocolos de lactancia dividida de 24 h. (Sanjoaquin, 2015).

Lactancia Dividida (Split-suckling)

Esta herramienta de manejo es una forma efectiva para controlar diarreas, reducir la mortalidad pre-destete, aumentar los pesos al destete y reducir las variaciones de peso al destete. Para ser efectivo, se debe hacer lo más simple posible:

- Divida las camadas de 13+ lechones.
- Nunca separe las camadas cuando los lechones aún estén húmedos.
- Realice lactancia dividida en las mañanas para las camadas nacidas en la tarde o noche del día anterior. Haga la lactancia dividida en la tarde para las camadas nacidas esa mañana.
- Para iniciar la lactancia dividida, divida la camada en dos, coloque a los cerdos más pesados en la caja de calor y deje los pezones disponibles para los cerdos más livianos.
- Usualmente, los cerdos más pesados fueron los primeros en nacer y tuvieron mayores oportunidades de obtener calostro.
- Mantenga los dos grupos separados por 1.5 a 2 horas y luego lleve a todos los lechones con su madre.
- Lave, desinfecte y seque los materiales entre camadas (PIC, 2013).

Movimiento de lechones sobrantes al parto

De la misma manera que al igualar las camadas, se mueven los lechones sobrantes una vez encalostrados. Estos lechones extras al parto serán los de mayor tamaño e irán a cerdas nodrizas, las cuales deben reunir los siguientes requisitos: Cerda con temperamento dócil, con buena cantidad y calidad de pezones, con buena exposición de las líneas mamarias, con buen apetito, con buena camada original, sin síntomas de enfermedad, con buen parto y cerdas de primer o segundo parto (no desvieje).

Medidas para reducir el complejo hipotermia-hipoglucemia-aplastamiento

La termorregulación es el mecanismo fisiológico principal para la conservación de la temperatura, pero el calentamiento en la sala de maternidad y el secado rápido del recién nacido en el momento del nacimiento también ayudan a prevenir la hipotermia, especialmente en lechones con bajo peso al nacer (Kammersgaard, *et al.*, 2011; Panzardi, *et al.*, 2013, citado en Roldán, *et al.*, 2019). Detección rápida de hipotermia durante las primeras horas de vida, junto con las prácticas de cría adecuadas, ayudan a reducir la mortalidad de los lechones por pérdida de calor, aplastamiento y desnutrición (Mota-Rojas, *et al.*, 2005a, b, c; Decaluwe, *et al.*, 2014, citado en Roldán, *et al.*, 2019).

Debido a la estrecha relación entre el tamaño de la camada, el peso al nacer y el riesgo de hipotermia, es importante prevenir esta inmediatamente al nacer para las camadas de hembras hiperprolíficas. Muchas granjas proporcionan un área separada

térmicamente confortable para los lechones lejos de la cerda. Sin embargo, los lechones se sienten fuertemente atraídos por la ubre de las cerdas al nacer para ingerir calostro y calentarse (Baxter *et al.*, 2020).

Los intentos de atraer lechones recién nacidos al área de fluencia dentro de las primeras 24 h después del nacimiento no han tenido éxito, ya sea proporcionando un gran gradiente de temperatura entre el interior y el exterior del creep-feeding (Pedersen, *et al.*, 2013, citado en Baxter, *et al.*, 2020), al proporcionar luz dentro del área de fluencia (Larsen *et al.*, 2015, citado en Baxter, *et al.*, 2020), o proporcionando un suelo blando (Vasdal, *et al.*, 2010, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Por lo tanto, es necesario utilizar otras medidas de manejo para prevenir el estado de hipotermia inmediatamente en el momento del nacimiento. Una solución es agregar calor adicional en el momento del nacimiento. Andersen y Pedersen (2016, citado en Baxter, *et al.*, 2020), investigaron los efectos sobre la temperatura corporal de los lechones y el tiempo para ingerir calostro de colocar un calentador radiante detrás de la cerda.

Como alternativa a proporcionar calor adicional en el lugar de nacimiento, la vigilancia del parto combinada con acciones para secar y mover los lechones a una lámpara de calor o ubre inmediatamente después del nacimiento ha demostrado mejorar la supervivencia y el rendimiento del crecimiento (Christison, *et al.*, 1997; Andersen, *et al.*, 2009; Vasdal, *et al.*, 2011; Rosvold, *et al.*, 2017, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Asegurar el confort térmico es un precursor importante para garantizar que todos los lechones obtengan el calostro adecuado. Estos elementos están intrínsecamente vinculados, ya que la digestión por calostro inicia y ayuda a mantener los procesos termorreguladores y es primordial en los factores conductuales y fisiológicos, tanto directos como indirectos, que pueden influir en la aparición de hipotermia en el lechón recién nacido. No obstante, el conjunto de trabajos disponibles permite identificar algunos factores de éxito:

- Primero, los lechones deben estar calientes cuando reciben suplementos (Englesmann, *et al.*, 2019, citado en Baxter, *et al.*, 2020).
- En segundo lugar, la cantidad de producto energético suplementado debe proporcionar suficiente energía a los lechones sin dejarlos letárgicos y sin darles una sensación prolongada de saciedad que pueda alterar los patrones normales de lactancia (Benevenga, *et al.*, 1989; Lepine, *et al.*, 1989, citado en Baxter, *et al.*, 2020).
- En tercer lugar, la suplementación debe ocurrir mientras la cerda todavía produce calostro para promover la ingesta de éste, lo que significa que la suplementación administrada dentro de las 12 horas posteriores al parto debe ser eficaz (Declerck *et al.*, 2016; Muns *et al.*, 2017, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Cuanto antes en esta ventana de tiempo de 12 h, mejor dada la caída significativa en la temperatura corporal de los lechones en la primera hora posparto.

Prevención de enfriamiento

Es necesario secar a los lechones inmediatamente al nacer frotándolos manualmente. Use un paño de género, toalla de papel, polvos secantes, una caja de calor o alguna combinación de lo anterior para secar a los lechones. Esto reducirá la cantidad de lechones letárgicos. La implementación de estas prácticas, junto a otras prácticas de manejo, reducirán la mortalidad pre-destete. Es importante tener en cuenta que colocar los lechones en una caja caliente no es lo mismo que split-suckling (lactancia dividida). Secar a los lechones los ayudará a mantenerse calientes y activos hasta que consuman calostro (PIC, 2013).

En general, los lechones que nacen en jaulas húmedas, sin tapete, sin fuentes de calor suplementarias o en condiciones de corrientes de aire (**Figura 8**) debido a la configuración de la ventilación, están predispuestos a una mayor mortalidad pre-destete.



Figura 8. Lechones amontonados y bajo la fuente de calor.

Las primeras ocho horas de vida son las más difíciles para un lechón en maternidad. Este tiempo puede definir los cerdos que vivirán Vs los que morirán y cuánto pesarán al destete. El microambiente bajo la lámpara de calor o sobre la carpeta de calor debe ser de 32-35 °C. El comportamiento de los lechones debería indicar si ellos están cómodos, acostados lejos de su madre y acostados a no más de 1 ½ de profundidad (cabeza sobre flanco, etc.).

Manejo de cerdos con bajo peso al nacimiento

Los cerdos con bajo peso al nacimiento tienen pocas posibilidades de convertirse en cerdos de Valor Total de mercado. Estos cerdos tienen problemas compitiendo con sus compañeros de camada, lo cual los pone en desventaja posdestete.

Se pueden crear camadas de bajo peso dentro de las primeras 24 horas de vida, antes de que se establezca el orden social. Una buena regla general es tener menos del 10% de camadas livianas en cada sala. Se deben colocar los lechones livianos en una hembra de segundo o tercer parto (P2 o P3). Evite usar primerizas (P1s) a menos que no tenga otra opción, como en granjas nuevas o en granjas de P1 con un sistema de segregación de partos. Evite usar hembras P3+. Determine qué hembras deberían amamantar las camadas livianas contando y registrando en su tarjeta de identificación el número de pezones funcionales. Use hembras que destetaron 11 lechones o más en su lactancia anterior. Posponer cualquier procedimiento a las “camadas livianas” por 3-5 días (PIC, 2013).

Los lechones nacidos con bajo peso deben considerarse casos especiales que requieren de cuidados especiales, ya que necesitan el doble de tiempo entre el nacimiento y la primera incorporación, el tiempo es 3.5 mayor entre el nacimiento y primer contacto con la ubre, 4 veces mayor entre el nacimiento y la primera ingesta de calostro, y el descenso de su temperatura rectal es de 2- 4 °C en la primera hora de vida (Ledezma, 2016, citado en Salazar, 2021).

Con relación a lo anterior Paramio *et al.* (2000, citado en Salazar, 2021), plantean que el manejo de lechones en general inmediatamente ocurrido su nacimiento contempla realizar los siguientes procedimientos:

- Limpieza y Secado
- Corte y desinfección del cordón umbilical
- Identificación
- Colocación del lechón en una fuente de calor
- Suministro de calostro

Los lechones que, a pesar de su bajo peso, tienen una elevada vitalidad y son capaces de encalostrarse perfectamente por sí solos. La intención es que no compitan por las mamas con lechones de un tamaño muy superior al suyo en las diferentes cerdas. Para evitar esto se recogen una vez encalostrados y se ponen con una cerda de segundo parto.

Se pueden elegir también cerdas de primer parto para estos lechones, pero es preferible ponerlos con cerdas de segundo parto, ya que la capacidad lechera es mayor y el tamaño del pezón y la distancia entre las dos hileras de mamas todavía es accesible para lechones de bajo peso. Es muy importante que estos lechones sean vitales porque si no el porcentaje de mortalidad será muy alto y habrá cerdas elegidas como muy buenas por su carácter maternal y capacidad lechera con una mala lactación con bajos consumos de pienso y podrían comprometerse sus ciclos posteriores (Sanjoaquin, 2015).

También se puede observar que los animales con menor peso al nacimiento necesitan más días para alcanzar el peso de destete y lo hacen con pesos inferiores. La manipulación y suplementación de la alimentación del lechón en paridera es una de las posibles prácticas que pueden ayudar al aumento del peso al destete (Wolter, *et al.*, 2002; Houben, *et al.*, 2017, citado en Crespo y Gadea, 2020).

Prácticas de manejo: supervivencia del lechón y productividad

Limpieza y secado

El mantenimiento de la limpieza continua de la parte posterior de la cerda ayuda en la higiene de los lechones al momento del parto (Cordovín, 2004, citado en Nava, 2020). No obstante, el lechón al nacer presenta restos de membranas fetales adheridas a su cuerpo y ollares (Vieites, 1997, citado en Nava, 2020). Además, se encuentra mojado (Vieites, 1997; Faccenda, 2005, citado en Nava, 2020) y en un ambiente con una temperatura más fría respecto a la del cuerpo materno (Faccenda, 2005, citado en Nava, 2020)) por lo que se expone rápidamente a la pérdida de calor. A medida que los lechones nacen es una buena práctica secarlos con toallas descartables, un lienzo limpio (FAO) o papel (Buxade y López, 2005, citado en Nava, 2020). Deben examinarse las fosas nasales para determinar que no se encuentre bloqueada la respiración por la presencia de restos de membranas fetales (Tocagni, 1993; Vieites, 1997, citado en Nava, 2020), meconio o líquidos placentarios (Faccenda, 2005, citado en Nava, (2020). Se recomienda no muesquear y castrar, a los lechones livianos hasta que alcancen un mayor peso (Nava, 2020).

Optimice el uso de los pezones de la hembra y la producción de leche

Una hembra altamente productiva es en parte el resultado del manejo durante su primera lactancia, en términos de consumo de alimento, número y calidad de los cerdos amamantados. Desafíe a la hembra P1 con 13-14 lechones fuertes para desarrollar y estimular adecuadamente todas las glándulas mamarias.

Tome la temperatura de las hembras para detectar fiebre al día siguiente del parto. Las hembras con más de 104°F (40°C) deben ser tratadas con un antibiótico más un antipirético. En general, se debe minimizar el uso de adopciones después de las 24 horas desde el parto y trate de mantener un mínimo de 70% de camadas intactas (sin cerdos en adopción). Las interrupciones frecuentes tendrán un efecto negativo, ya que la hembra se pone nerviosa (a veces agresiva), lo que interrumpe la bajada de la leche. En general, camadas con 12-14 lechones deberían ser dejadas intactas, de modo que los candidatos para adopciones, dar y recibir, son las que tiene menos de 12 y más de 14 lechones (PIC, 2013).

El volumen de leche producido por la cerda está relacionado positivamente con el número de lechones, y la fase ascendente de la producción está relacionada con la raza, la paridad, la nutrición y el método usado para estimar su producción, siendo de vital importancia ajustar las calorías y nutrientes en la alimentación de la cerda para responder adecuadamente a las demandas de su camada (Quesnel, *et al.*, 2015, citado en Mira, 2017).

Se puede retrasar una semana el destete de 21 a 28 días, siempre y cuando el manejo en la sala de maternidad lo permita. Hacer lactancias de 28 días, esto se ha demostrado en diversas investigaciones que el pico productivo de leche se da de los 21 a

26 días postparto, esto permite la recuperación de la hembra para su siguiente parto y el aprovechamiento de los lechones del pico productivo de leche (Nava, 2020).

Crianza artificial

La crianza artificial hace referencia a la separación de los lechones de su madre o destete temprano acompañado de alimentación con algún sustituto de leche o lactorreemplazante.

Las discusiones sobre el destete temprano y las estrategias de la cerda nodriza continúan cuando analizamos la crianza artificial, que es un método que ya se usa en algunas granjas comerciales y que se afirma que salva a los lechones que sus madres no pueden criar (**Figura 9**). Estos sistemas implican separar a los lechones de su madre y asignarlos a recintos especializados, generalmente ubicados en una habitación separada o sentados encima de la jaula de partos, donde serán alimentados con sustituto de leche hasta la edad del destete (generalmente 28 días de edad) (Baxter, *et al.*, 2013, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Los recintos también contienen una lámpara de calor para garantizar el confort térmico de los lechones, comederos con leche y agua que se pueden activar empujando con el hocico, y comida sólida que se arrastra. Esta estrategia de manejo se puede utilizar como sustituto de una cerda nodriza, ya sea para criar lechones supernumerarios de camadas grandes después de la ingesta de calostro, o para retirar una camada completa de lechones de 2 a 7 días de una cerda que se convertirá en una nodriza para lechones supernumerarios de camadas grandes (estrategia de dos pasos para la cerda nodriza). Estos sistemas también se pueden utilizar como criaderos para lechones enfermos y hambrientos recolectados durante la lactancia.



Figura 9. Suministro manual de sustitutos lácteos durante la lactancia.

(Referencia: https://www.3tres3.com/articulos/lactacion-artificial_35858/)

El hecho de que los lechones se alimenten *ad libitum* en un ambiente controlado, donde se elimina el riesgo de aplastamiento, es bastante atractivo para los agricultores que quizás no puedan implementar estrategias de siembra nodriza. Sin embargo, los sistemas de cría artificial representan una inversión financiera sustancial para el recinto, el sistema de reemplazo de leche y el sistema de entrega de leche y sus productos asociados de lavado de tuberías (Baxter *et al.*, 2020)

La discrepancia entre los estudios sobre el rendimiento del crecimiento de lechones criados artificialmente podría deberse a varios factores, entre los que se incluyen:

- La edad del lechón al inicio de la cría artificial (de dos a 14 días de edad)
- Formulación de sustituto de la leche (por ejemplo, nivel de proteína, inclusión o no de antibióticos o hemoderivados)

- Tipos de encierro (p. Ej., permanecer en la paridera sin la cerda (Cabrera *et al.*, 2010, citado en Baxter, *et al.*, 2020) frente a Rescue Decks® (Rzezniczek *et al.*, 2015, citado en Baxter, *et al.*, 2020)
- Sistema de suministro de leche pezones (De Voset *et al.*, 2014, citado en Baxter, *et al.*, 2020) vs copas (Cabrera *et al.*, 2010; Rzezniczek *et al.*, 2015, citado en Baxter, *et al.*, 2020) y
- Si los lechones son mixtos (Rzezniczek, *et al.*, 2015, Baxter, *et al.*, (2020)) o no (De Vos *et al.*, 2014, citado en Baxter, *et al.*, 2020) en el momento de la transferencia.

Hay pocos estudios que hayan investigado los efectos de la cría artificial sobre la función del tracto gastrointestinal y la microbiota de los lechones, que pueden estar interrelacionados. De Vos, *et al.* (2014) observaron una mayor capacidad de absorción intestinal en lechones criados artificialmente y sugirieron que la cría artificial mejoraba el crecimiento intestinal y la maduración funcional, lo que debería ayudar a hacer frente al destete (es decir, la adaptación a los alimentos sólidos). Otros estudios observaron un deterioro transitorio de la microbiota intestinal (es decir, población predominante de cepas bacterianas Gram negativas en lugar de cepas Gram positivas a los 10 días de edad, restauradas a los 28 días de edad (Prims, *et al.*, 2017, citado en Baxter, *et al.*, 2020) y de morfología y permeabilidad del tracto gastrointestinal de los lechones (Vergauwen, *et al.*, 2017, citado en Baxter, *et al.*, 2020). El último efecto fue similar al observado en el destete de la madre (temprano, es decir, el día tres posparto) (Vergauwen, *et al.*, 2017, citado en Baxter, *et al.*, 2020), y podría deberse al estrés crónico relacionado con la separación temprana de la madre (Smith, *et al.*, 2009, citado en Baxter, *et al.*, 2020). Además, varios estudios mostraron una microbiota duodenal e ileal más rica y diversa en lechones neonatales criados por cerdas en comparación con lechones neonatales criados artificialmente (Yeruva, *et al.*, 2016; Piccolo, *et al.*, 2017, citado en Baxter, *et al.*, 2020), incluso si el efecto de la dieta no pudiera separarse de los efectos del medio ambiente (corral de parto convencional vs recintos de cría artificial controlada) en el análisis de las diferencias microbianas (Piccolo, *et al.*, 2017, citado en Baxter, *et al.*, 2020).

Dado que los cerdos desfavorecidos de camadas grandes tienden a recibir menos leche, el destete temprano combinado con el suministro de sustituto de leche podría ser una forma de mejorar la tasa de supervivencia y el peso al destete (Zijlstra, *et al.*, 1996, citado en Madsen, *et al.*, 2018). Recientemente, las funciones reguladoras de los aminoácidos en la síntesis de proteínas musculares en cerdos jóvenes (Davis, *et al.*, 2010, citado en Madsen, *et al.*, 2018), y la optimización del sustituto de leche con suplementos ha ganado interés (De Vos, *et al.*, 2014, citado en Madsen, *et al.*, 2018).

En un estudio de Madsen *et al.*, (2017, citado en Madsen, *et al.*, 2018), donde suplementaron con l-Arginina (ARG) y l-Carnitina (CAR) a lechones con bajo peso al nacer y se llegó a la conclusión, de que los lechones suplementados con CAR mostraron mejoras menores con un mayor rendimiento numérico de crecimiento periódico. Se observó una cierta indicación de una expresión alterada de un gen relacionado con la síntesis de proteínas en cerdos alimentados con sustituto de leche suplementado con ARG, mientras que tanto los suplementos de CAR como los de ARG parecían promover la maduración muscular.

Actualmente, existen numerosos productos nutracéuticos indicados para lechones nacidos con bajo peso que conseguirían una rápida activación metabólica del lechón neonato, proporcionándoles más vigor e incrementando el número de tomas de calostro materno en el primer día de vida. Debido a su pequeño tamaño y bajo peso molecular, los ácidos grasos de cadena media (AGCM) son más solubles en agua y en los líquidos biológicos que los ácidos grasos de cadena larga (AGCL), sin tener que ser necesariamente emulsionados por la bilis. Mientras que los AGCL son re-asimilados como fosfolípidos y triglicéridos de cadena larga, los de cadena media son absorbidos

directamente a la circulación portal y transportados al hígado para una rápida oxidación (Odle, 1997, citado en Nava, 2020). Esto le proporciona al lechón energía rápidamente disponible. Es buena opción administrar energéticos vía oral los primeros 3 días de vida cada 12 horas (Nava, 2020).

El aceite de soya se muestra como un suplemento energético, el que podrá funcionar como una fuente energética importante para estos fines, cada kilogramo genera hasta 7690 kcal de EM, y está formado por una considerable cantidad de ácidos grasos de cadena media (Parsi *et al.*, 2001, citado en Cancino, 2017), sin embargo, no ha podido ser demostrada su eficiencia en la mejora de los parámetros productivos, como el peso al destete, la ganancia diaria de peso y no afecta la mortalidad (Cancino, 2017).

La levadura constituye uno de los aditivos creados por la industria alimenticia para la dieta de los animales en sus diferentes etapas que causan un efecto positivo en el desarrollo de los mismos. Varios microorganismos tienen una influencia benéfica en el ambiente gastrointestinal, debido a que ayudan a descomponer sustancias complejas en otras simples, facilitando su absorción en el tubo digestivo. La levadura aumenta la acidez del tracto intestinal, aporta vitamina B y enzimas que ayudan al proceso de la digestión, además ayuda a eliminar especies patógenas de la flora intestinal, las que atacan a la mucosa gastrointestinal y producen toxinas. La acción competitiva de especies no patógenas para ocupar la citada ubicación evita así, la formación de toxinas (Betancur, 2018).

Lactorreemplazante

Se denomina lactorreemplazante al alimento ofrecido a los lechones que por algún motivo no pueden consumir leche materna o ven dificultada esa opción, siendo adicionalmente empleado para estimular el consumo de alimento sólido, el cual ofrece ventajas adicionales como mejorar el rendimiento de las crías, reducir incidencia de diarreas, estimular el desarrollo inmunológico en el lechón, reducir mortalidad y primordialmente conseguir un aumento de peso del lechón al destete (Casco, 2020, citado en Salazar, 2021).

Leche suplementaria

Una estrategia alternativa a las cerdas nodrizas y la cría artificial de lechones supernumerarios es alimentar con leche suplementaria en el corral de partos. Este método de manejo se utiliza cada vez más en hatos comerciales con cerdas hiperprolíficas para sustituir o reducir la necesidad de nodrizas. Las tazas de leche se instalan en el corral de partos y la leche se entrega a la taza a través de un sistema de tuberías. El sistema de tuberías está conectado a un tanque donde se mezcla el suplemento de leche, generalmente dos veces al día, para asegurar un suministro fresco de leche. Se recomienda y es necesario limpiar el sistema de tuberías con frecuencia con una mezcla alcalina o agua ácida y luego enjuagar con agua dulce para evitar el crecimiento de bacterias en la tubería (Sanjoaquin, 2015).

Se encuentran disponibles en el mercado diferentes diseños de vasos de leche; o la taza se llena cuando los lechones empujan una válvula dentro de la taza o la taza se llena automáticamente con regularidad o cuando está vacía. El último método significa que la leche siempre está disponible para que la ingieran los lechones sin que los lechones tengan que activar la taza manualmente. Es común cambiar el tipo de sustituto de leche utilizado durante el período de lactancia. Por lo general, el primer sustituto de leche se basa en leche en polvo como ingrediente principal, mientras que el segundo es un suplemento más a base de granos (Sanjoaquin, 2015).

Corte y desinfección del ombligo

El corte y desinfección de ombligo se debe realizar inmediatamente después del nacimiento, para evitar procesos infecciosos. En el útero de la cerda, la lechigada se alimenta de sangre materna a través del cordón umbilical, el cual va desde el ombligo hasta la placenta. El cordón umbilical es una estructura bastante elástica y su ruptura ocurre en aproximadamente el 20-28% de los partos, siendo los lechones que nacen

últimos los que presentan un mayor índice con respecto a los que nacen primero. Cuando la ruptura ocurre después del nacimiento, ésta se produce por el esfuerzo del lechón para alcanzar la ubre de la cerda (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010).

Provisión de calor suplementario

El lechón en su vida intrauterina tiene una temperatura alta y constante. Sin embargo, en el exterior no encuentra esas mismas condiciones y pierde calor por diferentes causas, entre las que se encuentran la incapacidad para regular la temperatura corporal y la escasez de pelos y de tejido subcutáneo para reducir el flujo de calor desde los vasos sanguíneos (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010).

En las horas sucesivas al parto es importante que se les garantice a los lechones un microclima ideal para que puedan alcanzar las mamas sin padecer frío (Faccenda, 2005, citado en Pérez, 2010). Durante el parto se puede mantener a los lechones en un cajón con lámpara u otra fuente de calor (FAO, 1989, citado en Pérez, 2010) hasta que haya nacido el último animal (Koeslag y Castellanos, 1989, citado en Pérez, 2010). El mejor indicador de la eficacia de la fuente de calor es el propio lechón (Giraldo, 2004, Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010).

Inyección de hierro

El hierro es esencial para la formación de la hemoglobina de la sangre, la cual transporta el oxígeno (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010). Los lechones nacen con escasas reservas de hierro (40 a 50 mg), lo cual puede provocar anemia (Koeslag y Castellanos, 1989, citado en Pérez, 2010). El lechón recibe a través de la leche materna 1 mg/día y sus necesidades son de 7 mg de hierro, en promedio. Por lo tanto, esto implica que en pocos días las reservas se consumirán y los lechones sufrirán de anemia nutricional por falta de este mineral (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010).

La incorporación oral produce trastornos digestivos como vómitos y diarrea, por lo que la absorción no es completa (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010). Al segundo o tercer día de edad (Brown *et al.*, 1996, Velasquez, 2006, citado en Pérez, 2010), se procede a la aplicación intramuscular de 200 mg de hierro dextrano con aguja descartable (Brown, *et al.*, 1996, citado en Pérez, 2010). Se puede adelantar la aplicación de hierro y repetirla al séptimo día de vida (Nava, 2020).

Corte de colmillos

Al primer o al segundo día de edad (Koeslag y Castellanos, 1989, citados por Pérez (2010)), se deben despuntar los ocho dientes con el objeto de que no logren lastimar los pezones de la madre (FAO, Tocagni, 1993, citado en Pérez, 2010). Cuando se comparan camadas a las cuales se les ha realizado el corte de colmillos con otras cuyos dientes permanecen intactos, es evidente que éstos últimos tienen una mayor habilidad para competir por los pezones, obteniendo mayores ganancias de peso y menor mortalidad predestete. Se sugiere que en lechones con bajo peso al nacimiento no se practique el descolmillado hasta que ganen el peso necesario (American Association of Swine Veterinarians, 2002, citado en Pérez, 2010).

Corte de cola

El corte de cola debe realizarse a la semana de vida. Esto se debe a que el cerdo es pequeño, fácil de sostener, la acción es menos estresante, los compañeros de camada a esa edad muerden menos la herida de la cola que ha sido cortada y el lechón es protegido por los anticuerpos provenientes del calostro de la cerda (Davis, 2007, citado en Pérez, 2010).

La cría en confinamiento produce manifestaciones anormales en el comportamiento de los animales, como el canibalismo, que se presenta cuando los cerdos se muerden las colas entre sí (Vieites, 1997, citado en Pérez, 2010). Los cerdos están en contacto

continuo unos con otros; por lo tanto, es común que en ocasiones intentan masticar o morder a sus compañeros. Una cola no cortada es un blanco común. Cuando la cola de un cerdo presenta una herida sangrante, éste puede ser mordido por otros animales del grupo, lo cual en ciertas ocasiones puede conducir al canibalismo (Davis, 2007, citado en Pérez, 2010).

Hipoplasia miofibrilar (Splay leg)

Una de las malformaciones más comunes es la hipoplasia miofibrilar conocida también como "síndrome de abducción de las patas" o "splay leg". En los lechones nacidos con splay leg, es decir con las extremidades abiertas, es importante actuar rápidamente para que logren tener una autonomía suficiente de movimiento y así puedan alimentarse por sus medios. El método más popular es unir las extremidades posteriores con una cinta para evitar o reducir su abertura (Faccenda, 2005, citado en Pérez, 2010). La cinta no debe quedar demasiado apretada para que no impida la circulación (Giraldo, 2004). Una práctica poco difundida, aunque eficaz, es el masaje de los muslos de los lechones afectados por splay leg. Este método se basa en el principio de tonificar la musculatura de las extremidades posteriores. Normalmente, el splay leg suele ser reversible (Faccenda, 2005, citado en Pérez, 2010). Los lechones que logran sobrevivir durante los primeros 4 a 5 días generalmente recuperan el control muscular que les permite pararse normalmente (Giraldo, 2004, citado en Pérez, 2010).

A continuación, se sintetizan las principales practicas o acciones para reducir la mortalidad en lechones (**Tabla 3**):

Tabla 3. Prácticas para reducir la mortalidad

Prácticas para reducir la mortalidad	Aplicadas a los lechones	Aplicadas a las reproductoras
Alimentación	<ul style="list-style-type: none"> -Correcto encalostramiento (250-300 ml/lechón) -Propiciar el acceso al pezón -Amamantamiento dividido -Uso de nodrizas -Crianza artificial -Aporte de vitaminas y minerales -Suministro de la primera ración -Aporte de agua 	<ul style="list-style-type: none"> -Correcta alimentación en la gestación (AA, energía) -Aporte de Ácidos grasos, fibra, Vit. E, Selenio, Hierro orgánico, probióticos, prebióticos, etc. -Alimentación rápida (>90 días gestación)
Manejo	<ul style="list-style-type: none"> -Atención durante el parto -Homogenización de camadas -Limpieza y secado -Prevención del enfriamiento -Corte y desinfección de ombligo -Identificación -Inyección de hierro 	<ul style="list-style-type: none"> -Correcta adaptación productiva de los reemplazos -Atención al parto -Suministro de material para construcción de nidos -Estimulación, alimentación y motricidad durante la lactancia (prevenir aplastamientos)

Instalaciones	-Adecuado espacio para los lechones (Dos pasillos de 30 cm) -Uso de barras antiplastamiento	-Espacio adecuado durante la gestación y lactancia (3.5 m ² en gestación y jaulas de 1.5m x 90cm en lactancia)
Sanidad	-Limpieza y desinfección de instalaciones -Vacunaciones	-Vacunación durante la gestación -Adaptación sanitaria de los reemplazos
Medio ambiente	-Temperatura posparto de 32-35 °C para los lechones -Evitar humedad y corrientes de aire	-Temperatura óptima durante la gestación y la lactancia (18-20 °C para las cerdas).

Tabla 4. Principales estrategias para reducir la mortalidad en lechones

Estrategia	Ventajas	Desventajas	Consecuencias
Buena alimentación durante la gestación	-Correcto desarrollo embrionario y fetal -Evitar reabsorción embrionaria, problemas al parto y dificultades en la lactancia	-Mayores costos -Supervisión de la cantidad de energía, proteína, etc. -Mayor manejo	Mejor desarrollo fetal y embrionario, evitando engrasamiento excesivo en las cerdas, dificultades al parto y teniendo más rendimiento en la lactancia
Atención durante el parto	-Menor mortalidad neonatal -Menor riesgo de distocias, retención placentaria y aplastamientos	-Mayor manejo y uso del personal -Más costos por uso de materiales (gel, toallas, guantes)	Reducción de la mortalidad neonatal, problemas al parto y agravamiento de partos distócicos
Ingesta de calostro	-Correcto aporte de energía e inmunidad pasiva hacia los lechones	-Mayor supervisión en las horas posteriores al parto -Mayor necesidad de personal	Correcta inmunización de los lechones y aporte de energía necesaria para sobrevivir e integrarse al ambiente extrauterino
Prevención del enfriamiento	-Menor mortalidad predestete -Mayor vitalidad en los lechones	-Uso de infraestructura como lechoneras -Mayor manejo y uso de materiales (paja, aserrín, toallas,	Evitar la pérdida de calor y su subsecuente hipoglucemia e inanición, reduciendo así la mortalidad y aumentando la

		lámparas de calor)	sobrevivencia y crecimiento de los lechones.
Uso de nodrizas	-Mejor alimentación de los lechones -Reducir la mortalidad predestete	-Mayor movilización de lechones -Mayor manejo y uso del personal	Mejorar la alimentación durante la lactancia, reduciendo la competencia por los pezones y favoreciendo el desarrollo de los lechones.
Crianza artificial	-Mayor sobrevivencia predestete -Menor uso de nodrizas	-Costos ocasionados por el sustituto de leche, sistema de tuberías y lavado de las mismas.	Destete temprano (2-14 días de edad) y alimentación de los lechones con algún sustituto de leche, aumentando su supervivencia y desarrollo.

Otras prácticas útiles para reducir la mortalidad

La gestión de la información, es un punto de extrema importancia y que en las granjas de alta productividad es prioridad. Este proceso se inicia en la recolección de los datos en el día a día de la granja. En esta etapa es necesario que el equipo sepa la importancia, que debemos tener datos de calidad y que sean confiables. Pues a partir de ellos será hecho el almacenamiento, los análisis técnicos y lo más importante, tomaremos decisiones priorizando las oportunidades diagnosticadas (Zenatti, et al.,2019). La aplicación de otras tecnologías, por ejemplo, el uso de cámaras infrarrojas, pueden ser útiles para detectar lechones que necesitan ayuda (PIC, 2013).

Percepciones a futuro de la producción porcina

El crecimiento de la población mundial aumenta de manera constante. Se prevé que para el año 2050 habrá 9.100 millones de personas en la tierra. Esto irá acompañado de una creciente riqueza para muchos. Es un hecho establecido que el aumento de los ingresos va de la mano de un aumento del consumo de carne, aunque este desarrollo no es ilimitado. Mientras tanto, hay países, especialmente en el noroeste de Europa, que no tienen carne en el plato todos los días. Y también está aumentando el número de consumidores que quieren comer menos carne o que incluso tienden a una dieta vegetariana. Sin embargo, la demanda mundial de carne está aumentando, junto con la producción de carne. En 2006, la OCDE esperaba que la demanda de carne de cerdo aumentará en un 14 por ciento hasta el año 2014. Al mismo tiempo, los alimentos para animales se volvieron escasos y costosos. Entre el otoño de 2006 y el verano de 2008, los precios de los piensos aumentaron en un 50 %. Esta situación se vio agravada por la creciente demanda en el área pienso-alimento-combustible (Hostel, 2010).

Una de las principales dificultades que enfrentan los productores porcinos (pequeños y medianos) en México es que las economías de escala, en relación con la producción de carne de cerdo, están sacando del mercado a los pequeños productores, pues no son capaces de competir con los precios de importaciones provenientes de los Estados Unidos de América, lo que los ha orientado a la descapitalización. De manera que

la única forma de impulsar el crecimiento y desarrollo de esta industria es por medio de la innovación de tecnología en mejoramiento genético, así como modernizar los sistemas de producción e incorporar nuevas tecnologías y el uso de técnicas de reproducción asistida que permita mejorar genéticamente a los cerdos en las pequeñas y grandes producciones, tales como la inseminación artificial, en donde el uso de semen conservado mediante la utilización de bajas temperaturas logra reanimar las células después de un largo periodo, sin perder su capacidad fecundativa y, posteriormente, hacer una inseminación artificial efectiva; así mismo lograr el ingreso en los mercados extranjeros como estrategia para asegurar la sobrevivencia de la empresa, además de competir y generar riqueza social (Zavala, 2001; Gadea, 2004; Torres, et al., 2014; Yan, et al., 2017, citado en Iglesias, et al., 2017).

La porcicultura intensiva se encuentra altamente influenciada por las consecuencias, por un lado, de una progresiva y creciente globalización del mercado y, por otro, de la intensificación de las restricciones medioambientales. Paralelamente, se va incrementando la presión social para evolucionar hacia sistemas de producción más sostenibles, más respetuosos con el medio ambiente y de mayor bienestar animal. Desde la perspectiva económica, los costes asociados a la implementación de estos cambios son a costa, mayoritariamente, del productor, lo que provoca un estrechamiento de los márgenes entre ingresos y gastos. Estos hechos, consciente o inconscientemente, llevan a esperar que surjan innovaciones tecnológicas que proporcionen una tabla de salvación que permita mirar al futuro con esperanza (Pomar y López, 2018).

La porcicultura de precisión la podemos definir como un enfoque novedoso de la producción porcina, basado en la consideración de la existencia de variabilidad (heterogeneidad) entre el conjunto de los animales de una granja, es decir, que no todos los animales tienen las mismas necesidades, velocidad de crecimiento, rendimiento o comportamiento.

Considerando este hecho se orienta a aspectos claves para el sector:

- Aumentar la eficiencia en el uso de los recursos productivos, especialmente en los alimentos y en reducir los costos de producción.
- Minimizar el impacto medioambiental y aumentar la seguridad alimentaria.
- Aumentar el nivel de automatización en las granjas para optimizar la disponibilidad de mano de obra.
- Introducir la gestión avanzada e inteligente (Pomar y López; 2018).

Incluso se llegó a ofrecer la quimera de crear una granja totalmente automatizada, con robots para una buena parte de las tareas y gestionada a distancia desde un despacho. Otras iniciativas fueron más modestas y realistas, y lograron su introducción en las granjas. Como ejemplo de estas últimas podemos citar la automatización de las tareas de distribución de alimentos dentro de la granja, el control ambiental, algún sistema robotizado de limpieza, detección automática del celo, etc. (Pomar y López, 2018).

Conclusión

La producción porcina crece continuamente y de manera acelerada, cada vez hay una mayor exigencia hacia los animales y en lapsos de tiempo menores, como es el caso de las cerdas reproductoras, se debe tomar en cuenta que hay un límite fisiológico que es sustentable y rentable económicamente, y así como cada vez se le exige más a los animales se les deben brindar mejores herramientas para poder expresar estos avances genéticos de manera correcta, es por ello que se deben tener nuevas técnicas productivas y conocimiento para su manejo, alimentación, salud, reproducción y bienestar animal. Se concluye que entre los principales aspectos a cuidar para evitar altas mortalidades se encuentran:

- Correcta adaptación sanitaria y productiva de los reemplazos
- Adecuada alimentación de las cerdas gestantes
- Buena atención durante el parto
- Asegurar una teta funcional para cada lechón y un correcto encalostramiento.
- Homogenización de camadas
- Uso de nodrizas
- Crianza artificial
- Y prácticas de manejo en los lechones (corte y desinfección de ombligo, aplicación de hierro, etc.)

Los avances futuros deben enfocarse en el cuidado de los lechones con bajo peso al nacimiento y a la capacidad de las reproductoras para criarlos, para así lograr que sea rentable el hecho de que éstos sean cada vez más numerosos en las camadas hiperprolíficas y lograr que obtengan los mismos resultados de sus congéneres con mayor peso.

Hay una fuerte interrelación entre las variables zootécnicas como: genética, reproducción, alimentación, manejo, salud animal y bioseguridad, todas se deben cuidar para obtener los resultados productivos adecuados. Así como se debe analizar cada producción y saber que tan viable es tener líneas genéticas hiperprolíficas, ya que no solamente representan mayores cuidados y manejos, sino también se ven afectados los factores económico-administrativos al tener mayor número de animales en todas las etapas productivas, más instalaciones, y al aumentar los riesgos sanitarios no solo para la granja, sino también para las producciones aledañas e inclusive para la salud humana debido a posibles enfermedades zoonóticas.

Literatura citada

- 1) 3Tres3, Comunidad Profesional Porcina. 2020. *México: mejores perspectivas para la industria porcina en 2021*. Disponible en: <https://www.3tres3.com/ultima-hora/mexico-mejores-perspectivas-para-la-industria-porcina-en-2021>. [Acceso 27 de mayo 2021]
- 2) Antonides, A., Anne, Schoonderwoerd, C., Nordquist R.E. and Staay F.J.V. 2015. Very low birth weight piglets show improved cognitive performance in the spatial cognitive holeboard task. *Front. Behav. Neurosci.* Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbeh.2015.00043/full>. (Acceso: 01 septiembre 2021).
- 3) Baxter, E.M.; Schmitt, O.; Pedersen, L.J. 2020. Managing the litter from hyperprolific sows. *In C. Farmer (Ed.), The suckling and weaned piglet.* (pp. 71-106). Wageningen Academic Publishers. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-894-0_3.
- 4) Beek V.T. 2016. Defining the minimum birth weight for piglets. *PigProgress.net*. Disponible en: <https://www.pigprogress.net/Piglets/Articles/2016/8/Defining-the-minimum-birth-weight-for-piglets2850631W/#:~:text=On%20average%2C%20litter%20size%20was,chances%2C%20also%20see%20Figure%201>. (Acceso: 14 Agosto 2021).
- 5) Beltrán R.G.E. 2018. El impacto que tiene el peso del lechón al nacer y el tamaño de la camada, sobre su desempeño productivo. *Porcicultura.com*. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/El-impacto-que-tiene-el-peso-del-lech%C3%B3n-al-nacer-y-el-tama%C3%B1o-de-la-camada,-sobre-su-desempe%C3%B1o-productivo>. (Acceso: 09 agosto 2021).
- 6) Betancur V. M. 2018. *Análisis del coeficiente de variación y peso promedio al nacimiento y al destete de los lechones de la granja el recreo, con el uso de una levadura en el alimento de gestación y lactancia*. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad Ciencias Administrativas y Agropecuarias Zootecnia Caldas-Antioquia.
- 7) Borelli V.S. y Gonzalez M.A. 2015. Factores que influyen en la productividad numérica de hembras porcinas. *Engormix.com*. Disponible en: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/factores-influyen-productividad-numerica-t32738.htm>. (Acceso: 12 agosto 2021).
- 8) Caballer E. 2017. Avances genéticos y manejo de la cerda hiperprolífica. *Albóitar PV*. Sitio Argentino de Producción Animal. 202, 1-6.
- 9) Cancino M.KJ. 2017. *Efecto de la suplementación con aceite de soya a lechones recién nacidos con bajo peso*. PhD Thesis. Universidad Privada Antenor Orrego Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- 10) Crespo y Gadea. 2020. Relación entre el peso al nacimiento de los lechones de cerdas hiperprolíficas y los parámetros productivos y económicos en los cerdos de engorde. *Información Técnica Económica Agraria*. Vol. xx: 1-18.
- 11) El Sitio Porcino. 2015. *Tamaño de camada y supervivencia del lechón*. Disponible en: <https://www.elsitioporcino.com/articles/2661/tamaao-de-camada-y-supervivencia-del-lechan/>. [Acceso 27 mayo 2021].
- 12) Feldpausch J.A., Jourquin J., Bergstrom J.R., Bargaen J.L. Bokenkroger C.D., Davis D.L., Gonzalez J.M., Nelssen J.L., Puls C.L., Trout W.E.. 2019. Birth weight threshold for identifying piglets at risk for preweaning mortality. *Published by Oxford University Press on behalf of the American Society of Animal Science*.3: 633–640.

- 13) Ferrara C.V., Sbardella P.E., Bernardi M.L., Coutinho M.L., Vaz Jr. I.S., Wentz I., Bortolozzo F.P. 2014. Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. *Preventive Veterinary Medicine*. 114, pag: 259–266.
- 14) Ferreira S.V., Rodrigues L.A., Ferreira M.A., Alkmin D.V., Dementshuk J.M., Almeida F.R.C.L., Fontes D.O. 2021. Plane of nutrition during gestation affects reproductive performance and retention rate of hyperprolific sows under commercial conditions. *Animal*. 15, 100153.
- 15) García A. M.J., Villa R.R., Hurtado V. J. 2019. Evaluation of Weight Gain in Piglets during Lactation in Technical and Traditional Farrowing Rooms. *Ciencia y Agricultura*. Vol. 16, núm. 3, pp. 7-16.
- 16) García G.J.S., Herradora L.M.A., Martínez G.R.G. 2011. Effect of sow's parity number, farrowing room, litter size and individual birth weight on the main causes of piglet mortality. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2(4), 403-414.
- 17) Giraldo M. E. 2018. *Evaluación de la viabilidad del lechón con bajo peso al nacimiento mediante la aplicación parenteral de productos modificadores orgánicos*. PhD Thesis. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias.
- 18) Greenwood E. C. November 2012. *Improving piglet birth weight and survival through better maternal hygiene and nutrition in gestation*. PhD Thesis. The University of Adelaide Faculty of Sciences School of Animal and Veterinary Sciences Roseworthy Campus. Disponible en: <http://porkcrc.com.au/wp-content/uploads/2014/04/121211-E-Greenwood-Thesis.pdf>. (Acceso 12 agosto 2021).
- 19) González G.J.M.; Lozan H.M.A., Martínez G. R. G. 2011. Efecto del número de parto de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechones. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 2, núm. 4, pp. 403-414.
- 20) Gutierrez E. 2019. Lechones: Maximizar la supervivencia y crecimiento desde el nacimiento. *Engormix.com*. Disponible en: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/lechones-maximizar-supervivencia-crecimiento-t44537.htm>. (Acceso 11 agosto 2021).
- 21) Halesa J., Moustsen V.A., Nielsen M.B.F., Hansena C.F. 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.
- 22) Hostel R. 2010. Perspectivas de la cría de cerdos en Europa: desafíos y oportunidades. *LEI Wageningen UR*. 10, 126.
- 23) Iachetta O., 2018. Manejo en cerdas hiperprolíficas. *Todocerdos.com*. Disponible en: <http://www.todocerdos.com.ar/notas.asp?nid=1386&fbclid=IwAR1FVDKaEPn-1IajUGSdL7rleDY2uoQgkLnEuXqpe31I3CZkMqeSb4bBXS8>. (Acceso 10 agosto 2021).
- 24) Iglesias A.E., Ortiz M.A.R., Juárez M.M.L., Guevara G.J.A. y Córdova I.A. 2017. Comportamiento de la porcicultura mexicana de los años 1970 a 2017. Una revisión documental sobre su desempeño. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. Vol.17 Num. 34.
- 25) Kemp and Soede N.M. 2012. Should Weaning be the Start of the Reproductive Cycle in Hyper-prolific Sows? A Physiological View. *Reprod Dom Anim*. 47 (Suppl. 4), 320–326; doi: 10.1111/j.1439-0531.2012.02092.x ISSN 0936-6768.

- 26) Kobek-Kjeldager C., Moustsen V.A., Pedersen L.J., Theil P.K. 2021. Impact of litter size, supplementary milk replacer and housing on the body composition of piglets from hyperprolific sows at weaning. *Animal*. 15, 100007.
- 27) Koketsu Y. and Lida R. 2020. Farm data analysis for lifetime performance components of sows and their predictors in breeding herds. *Porcine Health Management*. 6:24.
- 28) Lanferdinia E., Andrettab I., Fonseca L.S., Moreirad R.H.R., Cantarellid V.S., Ferreirad R.A., Saraivae A., Abreud M.L.T. 2018. Piglet birth weight, subsequent performance, carcass traits and pork quality: A meta-analytical study. *Livestock Science*. 214, 175–179.
- 29) Llibertad T. 2016. *Genética Porcina entre la genealogía y la genómica*. PorciNews/ Genealogía y Genómica. Pag: 68-73.
- 30) Madsen J.G., Mueller S., Kreuzer M., Bigler M.B., Silacci P. and Bee G. 2018. Milk replacers supplemented with either L-arginine or L-carnitine potentially improve muscle maturation of early reared low birth weight piglets from hyperprolific sows. *Animal*. 12: 1, pág.43-53.
- 31) Mainau, E., Temple, D., Manteca, X. 2015. *Mortalidad neonatal en lechones*. FAWEC, Farm Animal Welfare Education Centre. Disponible en: https://www.fawec.org/media/com_lazy/pdf/pdf/fs11-es.pdf. [Acceso 27 mayo 2021].
- 32) Martínez G. R.G. 2017. La dispersión de pesos en camadas numerosas: un problema actual. *Porcicultura.com*. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/La-dispersi%C3%B3n-de-pesos-en-camadas-numerosas%3A-un-problema-actual>. (Acceso: 09 agosto 21).
- 33) Mavromichalis I. 2012. Agua para los lechones. Suis. Pag. (6-8). SUIS N° 91.
- 34) Mejia S. M. 2019. Reducción de la mortalidad en lechones neonatos con bajo peso al nacer, mediante el uso de diferentes tratamientos y/o técnicas. PhD Thesis. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias.
- 35) Mira L.A.D. 2017. *Estrategias zootécnicas para reducir la mortalidad de lechones lactantes*. PhD Thesis. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Zootecnia Corporación Universitaria Lasallista Caldas – Antioquia.
- 36) Mota R. D. y Trujillo O. M.E. 2010. *El lechón recién nacido: factores que afectan su vitalidad*. Universidad Autónoma Metropolitana. Campus Xochimilco. México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México. FMVZ.
- 37) Nava A. A.G. 2020. Puntos clave para el manejo de la cerda y su camada durante el parto. *Porcicultura.com*. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/Puntos-clave-para-el-manejo-de-la-cerda-y-su-camada-durante-el-parto>. (Acceso 10 agosto 2021).
- 38) Noguera J.L. 2011. Mejora genética de los caracteres reproductivos en el porcino. *Genética y Mejora Animal-Suis*. 191 - 25198 Lleida. SUIS N° 78.
- 39) Oliviero C., Junnikkala S., Peltoniemi O. 2019. The challenge of large litters on the immune system of the sow and the piglets. *Reprod Dom Anim*. 54 (Supl. 3): 12–21.
- 40) Palomo Y. 2021. Estrategias de Alimentación en cerdas altas productoras. *BMEditores.mx*. Disponible en: <https://bmeditores.mx/porcicultura/estrategias-de-alimentacion-en-cerdas-de-alta-prolificidad/>. (Acceso 11 agosto 2021).
- 41) Peltoniemi O., Oliviero C., Yun J., Grahofer A., Bjorkman S. 2020. Management practices to optimize the parturition process in the hyperprolific sow. *Journal of Animal Science*. Vol. 98, No. Suppl. 1, S96–S106.

- 42) Pérez F.A. 2010. Prácticas de manejo del lechón en maternidad: estrategias para mejorar su sobrevivencia y aumentar la productividad. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 11, núm. 1, pp. 1-21.
- 43) PIC, El equipo de servicios técnicos. 2013. Manual de Manejo de Hembras y Primerizas. Camborough.
- 44) Pighin, J. I., Amanto F., Giordano A. 2018. *Tratamientos para mejorar la supervivencia de lechones nacidos con bajo peso*. PhD Thesis. Facultad de Ciencias Veterinarias -UNCPBA-Tandil.
- 45) Pomar J. y López V. 2018. La porcicultura de precisión es una perspectiva innovadora para el futuro de la producción porcina (I). *Albeitar*. Vol. 217 (pag.18-19).
- 46) Porcicultura.com. 2020. *La producción de carne de cerdo a nivel mundial caerá este año 8%*. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/La-produccion-de-carne-de-cerdo-a-nivel-mundial-caera-este-ano>. [Acceso 27 mayo 2021]
- 47) Porcicultura.com. 2021. *El precio del cerdo en China se mantendrá a la baja al menos hasta 2023, anticipan en Muyuan Foods*. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/El-precio-del-cerdo-en-China-se-mantendra-a-la-baja-al-menos-hasta-2023%2C-anticipan-en-Muyuan-Foods>. [Acceso 27 mayo 2021].
- 48) Quirós R.X.M. 2016. Evaluación de los métodos de inseminación artificial intracervical e intrauterina, sobre parámetros productivos y reproductivos en cerdas primíparas y múltiparas en condiciones tropicales. PhD Thesis. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional de San Carlos.
- 49) Quisirumbay G. J. 2018. Low-birthweight piglets in pig production. Review. *REDVET - Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504*. Volumen 19 N° 2.
- 50) Rehfeldt C., Hartung M., Kuhn G. 2010. El peso al nacimiento de los cerdos influye en la calidad de la canal y la carne. PV Albeitar 27. Unidad de Investigación en Biología, Músculo y Crecimiento, Instituto de Investigación para la Biotecnología de los Animales de Producción (FBN).
- 51) Rendón del Águila J.U., Martínez G. R.G., Herradora L. M.A., Alonso S.M. 2017. Effect of birth weight, litter size and nipple position on growth of pigs during lactation and fattening. *Rev Mex Cienc Pecu*. 8(1):75-81.
- 52) Roldán S. P., Martínez B.J., López M.A., Ramírez N.R., Mota R. D. 2019. Ciencias del ganado. Relationship of vitality and weight with the temperature of newborn piglets born to sows of different parity. 220, 26–31.
- 53) Rufino M.R.H., Pérez P.J.Y., Cardoso M.V.H., Santiago C.L.S., Saraiva A., Andretta I., Ferreira R.A. 2020. Variability of piglet birth weights: A systematic review and meta-analysis. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 104:657–666.
- 54) Salazar J.M.M. 2021. *Evaluación de la factibilidad del manejo de recría de lechones de bajo peso durante el periodo de lactancia*. PhD Thesis. Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- 55) Sanjoaquin R.L. 2015. Manejo de la cerda hiperprolífica. *Suis*. 14 n SUIS N° 116.
- 56) Seoane S., De Palo P., Lorenzo J.M., Maggiolino A., González P., Pérez-C. L.4 and Latorre M.A. 2020. Effect of Increasing Dietary Aminoacid Concentration in Late Gestation on Body Condition and Reproductive Performance of Hyperprolific Sows. *Animales*. 10, 99; doi: 10.3390 / ani10010099.
- 57) Škorput D., Dujmovic Z. Karolyi D. y Lukovic Z. 2018. Variability of birth weight and growth of piglets in highly prolific sows. *Revista de Agricultura de Europa Central*. 19 (4), p.823-828.

- 58) Surek D., Almeida L.M., Panisson J.C., Krabbe E.L., Oliveira S.G., Alberton G.C., Maiorka A. 2019. Impact of birth weight and daily weight gain during suckling on the weight gain of weaning piglets. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* v.71, n.6, p.2034-2040.
- 59) Thompson B.P. 2018. Manual de cuidado de los cerdos. Universidad Estatal de Michigan, East Lansing, Michigan.
- 60) Trolliet J.C. 2005. Productividad numérica de la cerda, factores y componentes que la afectan. *Producción- animal.com*. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/09-productividad_numerica_cerda.pdf. (Acceso 26 noviembre 2021).
- 61) Tusell P.L. 2016. Genética porcina entre la genealogía y la genómica. *PorciNews*. No. 6, pag. 68-73.
- 62) Václavková E., Daněk P., Rozkot M. 2012. The influence of Piglet birth weight on growth performance. *Research in Pig Breeding*. 6 (1).
- 63) Vizcaíno E., De Andres M.A., Aparicio M., Piñeiro C., 2017. Hiperprolíficas? Sí, pero no tanto. *3tres3.com*. Disponible en: https://www.3tres3.com/articulos/%C2%BFhiperprolíficas-si-pero-no-tanto_37613/. (Acceso: 09 agosto 2021).
- 64) Ward S.A., Kirkwood R.N., Felpa K.J. 2020. ¿Las camadas más grandes son una preocupación para la supervivencia de los lechones o un rasgo eficazmente manejable? *PorciNews Latam. Animals*, 10, 309; doi:10.3390/ani10020309. Disponible en: <https://porcino.info/cerdas-hiperprolíficas-i-problemas-que-rodean-a-la-camada-de-mayor-tamano/>. (Acceso: 09 agosto 2021).
- 65) Ward S.A., Kirkwood R.N., Felpa K.J. 2020. ¿Las camadas más grandes son una preocupación para la supervivencia de los lechones o un rasgo eficazmente manejable?. *PorciNews Latam. Animals*, 10, 309; doi:10.3390/ani10020309. Disponible en: <https://porcino.info/cerdas-hiperprolíficas-ii-estrategias-para-mejorar-la-supervivencia-en-camadas-grandes/>. (Acceso 09- agosto 2021).
- 66) Wittenburg D., Guiard V., Teuscher F. & Reinsch N. 2011. Analysis of birth weight variability in pigs with respect to liveborn and total born offspring. *Journal Breeding and Genetics*. 128, 35–43.
- 67) Zenatti J., Maggi P., Amaziles R., Leite S. 2019. Los puntos claves para destetar 35 lechones por cerda año. *Engormix.com*. Disponible en: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/los-puntos-claves-destetar-t43225.htm>. (Acceso 12 agosto 2021).