Universidad Autónoma de Sinaloa

Colegio de Ciencias Agropecuarias

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Maestría en Ciencias Agropecuarias



EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE LA CERDA PRIMERIZA HIPERPROLÍFICA, CRIADA EN AMBIENTE CÁLIDO

Presenta:
Ulises López Arroyo

Director de Tesis
Dr. Juan Manuel Romo Valdez

Codirector de tesis:
Dr. Javier Alonso Romo Rubio

Culiacán Rosales, Sinaloa, México; noviembre del 2025

Universidad Autónoma de Sinaloa

Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International

Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd.
Universitarios
C.P. 80010 Culiacán Sin. Méx.
Tel (667) 713 78 32 y
(667) 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermano: María Ema Arroyo Beltrán, Samuel López López y Samuel López Arroyo, por su amor, paciencia y apoyo moral cuando lo necesitaba.

A mi novia: Laura Francisca Espinoza Aguirre, por haberme motivado a estudiar la maestría y a la nueva vida que viene en camino.

A mis maestros: Dr. Javier Alonso Romo Rubio y al Dr. Jesús José Portillo Loera, por dedicar horas de su tiempo para darme clases, orientarme y atenderme.

A mis asesores: Dr. Juan Manuel Romo Valdez, Dra. Ana Mireya Romo Valdez y la MC. Laura Francisca Espinoza Aguirre, por su ayuda y guía y motivación para llevar a cabo este trabajo.

Al propietario de la Granja Porcina “La Huerta”: MC Héctor Raúl Güémez Gaxiola, por la oportunidad y confianza brindada.

Al personal de la Granja “La Huerta”: por el apoyo brindado.

A mis compañeros de generación: especialmente a Célida, Wendy, Ramón Sánchez, Ramón Mendoza, Deremi, Sergio, Miguel Ángel y Juan Manuel Zamudio con quienes compartí horas de estudio y anécdotas divertidas.

A la SECIHTI, por la beca brindada para realizar este trabajo de investigación.

CONTENIDO

ÍNDICE	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS ……	III
RESUMEN……...	IV
ABSTRACT……	V
I. INTRODUCCIÓN…….	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA……..	3
2.1. Importancia del tejido adiposo en las cerdas hiperprolíficas…….	3
2.2. Importancia de la alimentación y el requerimiento de nutrientes de la cerda primeriza…….	5
2.3. Cerdas hiperprolíficas……..	5
2.3.1. Selección de cerdas primerizas……..……..	6
2.3.2. Importancia del peso al nacimiento en el desempeño de la cerda primeriza…….	7
2.3.3. Efecto de la composición de la camada (porcentaje de hembras y machos) en el desempeño de la hembra primeriza……	7
2.4. Efecto de la tasa de crecimiento en la presentación de la pubertad y desempeño reproductivo posterior……..…….	8
2.5. Importancia de la edad a la pubertad de la cerda primeriza en los días no productivos de la piara reproductora…….....	9
2.6. Efecto de la presencia del verraco en la presentación de la pubertad…	10
2.7. Importancia de la condición corporal en el desempeño reproductivo de por vida de la cerda primeriza……	11
2.7.1. Edad y peso para el apareamiento de la cerda primeriza…….	11
2.7.2. Condición corporal y medición del espesor de la grasa dorsal…….	13
2.7.2.1. Efecto del espesor de la grasa dorsal en la presentación de la pubertad en la cerda…….....	13
2.7.2.2. Efecto del espesor de la grasa dorsal en la ciclicidad estral…….....	16
2.7.2.3. Efecto del espesor de la grasa dorsal en el tamaño de la camada al nacimiento y al destete…….	16

2.7.2.4. Importancia de la condición corporal durante la gestación y la lactancia en el desempeño reproductivo de la cerda…….. 18
2.7.2.5. Efecto del espesor de grasa dorsal sobre el consumo de alimento durante la lactancia…….. 20
2.7.2.6. Metabolismo de los lípidos durante la gestación: efecto de la sobrealimentación en el desarrollo placentario…… 21
2.7.2.7. Efecto de la condición corporal en el intervalo destete celo…… 21
2.7.2.8. Efecto del espesor de la grasa dorsal en el desarrollo de la glándula mamaria…… 22
2.8. Índice de temperatura y humedad……... 23
2.8.1. Efecto del estrés calórico en la cerda primeriza y su desempeño reproductivo posterior…….. 24
III. HIPÓTESIS…….. 26
IV. OBJETIVOS……. 27
4.1. Objetivo General……..... 27
4.1.1. Objetivos Específicos……..... 27
V. MATERIAL Y MÉTODOS……..... 28
5.1. Ubicación del área donde se realizó estudio……. 28
5.2. Diseño del estudio……..... 28
5.3. Manejo de las cerdas primerizas……. 29
5.4. Registro de la información…… 30
5.5. Análisis estadístico……..... 30
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……..... 32
VII. CONCLUSIONES……. 46
VIII. LITERATURA CITADA…… 47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Efecto del espesor de grasa dorsal al momento del primer servicio en la tasa de gestación y parto…….	35
2	Efecto del espesor de grasa dorsal al momento del primer servicio en el tamaño y peso de la camada al nacimiento y al destete…….	36
3	Efecto del espesor de grasa dorsal a los 80 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento…….	38
4	Efecto del espesor de grasa dorsal a los 109 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento…….	38
5	Pérdida de EGD durante la lactancia respecto de la condición corporal a los 109 días de gestación…….	39
6	Efecto del espesor de grasa dorsal al destete de cerdas primíparas en el intervalo destete celo y tasa de presentación de celo…….	40
7	Índice de temperatura y humedad (ITH) en el que estuvieron las cerdas durante el periodo de estudio……...	42
8	Efecto del ITH 5 días antes y 15 días después del servicio en la tasa de gestación y tasa de parto…….	43
9	Efecto del índice de temperatura y humedad de los 80 a 109 días de gestación en la tasa de parto……...	44
10	Efecto del índice de temperatura y humedad (ITH) de 80 a 109 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento…….	44
11	Efecto del índice de temperatura y humedad durante la lactancia en el desempeño después del parto y el destete…….	45

RESUMEN

Para determinar el efecto de la condición corporal en el desempeño de la cerda primeriza hiperprolífica, criada en ambiente cálido, se utilizaron 387 primerizas de la línea PIC Camborough® en un estudio observacional prospectivo comparativo. Las cerdas fueron clasificadas en cinco categorías de espesor de grasa dorsal (EGD) al momento del servicio, a los 80 y 109 d de gestación (≤12, 12.5 a 14.5, 15 a 17, 17.5 a 19.5 y ≥20 mm); en cuatro categorías de EGD al momento del destete (≤10, 10.5 a 11.5, 12 a 13 y ≥13.5 mm) y en tres índices de temperatura y humedad (confort: ITH ≤74; alerta fisiológica: 74< ITH <79, y en peligro fisiológico: 79≤ ITH <84 en el que estuvieron durante el ciclo reproductivo. Las primerizas con EGD entre 15 a 17 mm tuvieron menos (p < 0.05) lechones con un peso ≤800 g y aquellas con EGD ≥20 mm tuvieron menos (p = 0.03) lechones nacidos muertos (LNM). Las cerdas con 80 d de gestación y un EGD ≤12 mm tendieron a tener menos lechones nacidos vivos (LNV; p = 0.11), más LNM (p = 0.06) y menor peso de la camada al nacimiento (PCN; p = 0.08). Las cerdas con EGD entre 17.5 a 19.5 mm a los 109 d de gestación tendieron a tener lechones con mayor peso al destete (PD; p = 0.08). Las cerdas primíparas con EGD ≥13.5 mm al momento del destete tuvieron menor tasa de desecho posdestete (p < 0.05) y mayor tasa de presentación de celo dentro de los primeros 10 d posdestete (p < 0.05). El ITH en el que estuvieron las cerdas 5 d antes y 15 días después del servicio no afectó (p > 0.05) la tasa de gestación. Sin embargo, las cerdas que estuvieron en estado de confort (ITH ≤74) y alerta fisiológica (74< ITH <79) desde los 80 a 109 d de gestación, tuvieron mayor tasa de parto (p = 0.01). Las cerdas que estuvieron en nivel de estrés de peligro fisiológico tuvieron mayor número de LNM (p = 0.05). Además, las cerdas que estuvieron en confort tuvieron lechones más pesados al nacimiento y mayor número de lechones destetados (LD) que aquellas que estuvieron en alerta y peligro fisiológico (p = 0.05). Los resultados obtenidos permiten concluir que las cerdas primerizas deben ser servidas con un EGD de, al menos, 15 mm, lograr y mantener un EGD de 17 a 20 mm entre los 80 y 109 días de gestación para lograr un buen desempeño al parto y durante la lactancia, y que la condición corporal al destete les permita tener un buen desempeño reproductivo posterior. Un ITH ≥79 reduce el desempeño de la cerda primeriza y su camada.

Palabras clave: Cerda primeriza, hiperprolífica, índice de temperatura y humedad, condición corporal, desempeño reproductivo.

ABSTRACT

To determine the effect of body condition on the performance of hyperprolific, warm-bred gilts, 387 PIC Camborough® gilts were used in an observational prospective comparative study. Sows were classified into five backfat thickness (BFT) categories at breeding, 80 and 109 d of gestation (≤12, 12.5 to 14.5, 15 to 17, 17.5 to 19.5, and ≥20 mm); in four BFT categories at weaning (≤10, 10.5 to 11.5, 12 to 13, and ≥13.5 mm) and in three temperature and humidity indices (comfort: THI ≤74; physiological alert: 74< THI <79, and physiologically endangered: 79≤ THI <84 in which they were during the reproductive cycle. Gilts with BFT between 15 and 17 mm had fewer ($p < 0.05$) piglets weighing ≤800 g and those with BFT ≥20 mm had fewer ($p = 0.03$) stillborn piglets (SBP). Sows with 80 d of gestation and an BFT ≤12 mm tended to have fewer live-born piglets (LBP; $p = 0.11$), more SBP ($p = 0.06$) and lower litter weight at birth (LWB; $p = 0.08$). Sows with BFT between 17.5 and 19.5 mm at 109 d of gestation tended to have piglets with higher weaning weight (WW; $p = 0.08$). Primiparous sows with BFT ≥13.5 mm at weaning had a lower post-weaning culling rate ($p < 0.05$) and a higher rate of estrus within the first 10 d post-weaning ($p < 0.05$). The THI in which sows were 5 d before and 15 d after breeding did not affect ($p > 0.05$) the pregnancy rate. However, sows that were in a state of comfort (THI ≤74) and physiological alertness (74 < THI <79) from 80 to 109 d of gestation, sows with physiologically endangered stress levels had a higher farrowing rate ($p = 0.01$). Sows with physiologically endangered stress levels had a higher SBP ($p = 0.05$). Furthermore, sows in comfort had heavier piglets at birth and a higher number of weaned piglets (WP) than those with alert and physiologically endangered levels ($p = 0.05$). The results allow us to conclude that gilts should be bred with an BFT of at least 15 mm, and that an BFT of 17 to 20 mm should be achieved and maintained between 80 and 109 d of gestation to achieve good performance at farrowing and during lactation, and that body condition at weaning allows for good subsequent reproductive performance. A THI ≥79 reduces the performance of the gilt and her litter.

Keywords: Gilt, hyperprolific, temperature and humidity index, body condition, performance reproductive.

I. INTRODUCCIÓN

La cerda primípara integra la mayor proporción de las cerdas del hato reproductor y su desempeño afecta la rentabilidad de la empresa porcina (Faccin *et al*., 2017); por lo tanto, el manejo de las cerdas primerizas tiene un impacto importante en el rendimiento reproductivo y, en consecuencia, en la economía de la explotación. Para un rendimiento óptimo, es necesario alcanzar la madurez suficiente y contar con reservas adecuadas de tejido magro y grasa corporal en la primera monta. La edad y el peso en la primera monta, junto con la medición del espesor de la grasa dorsal (EGD), son indicadores de la madurez necesaria para una buena fertilidad (Bocian *et al*., 2015). La determinación de la condición corporal de las cerdas puede realizarse por métodos directos (ecografías, peso de las cerdas, medida de perímetro) o indirectos (clasificación de 1 a 5, delgadas o gordas) (Palomo, 2011; Palomo, 2014). El EGD es un indicador de la condición corporal de la cerda (Kim *et al*., 2013); su medición constituye un método objetivo y preciso para evaluarla (Charette *et al.*, 1996). Serenius *et al.* (2006), observaron que el EGD en las cerdas jóvenes es un determinante clave del éxito de la primera camada y, en cierta medida, determina la duración de la vida productiva de la hembra. Además, indicaron que los factores que influyen decisivamente en la longevidad reproductiva de las cerdas son el consumo de alimento y la pérdida de reservas de grasa durante la lactancia. Koketsu *et al*. (2017) y Patterson y Foxcroft (2019), informaron otros factores que afectan la longevidad y el rendimiento reproductivo de las cerdas. Entre estos, se encuentran factores tanto a nivel de cerda como de rebaño. Sin embargo, la importancia de las reservas de grasa en la primera monta para el rendimiento reproductivo suele ser contradictoria en diferentes estudios. Amaral *et al*. (2010), observaron una primera camada más grande (+0.8 LNV) en cerdas primerizas con 16-17 mm de EGD al primer servicio, en comparación con las cerdas primerizas con 10-15 mm de EGD; asimismo, Gaughan *et al*. (1995) observaron que las cerdas primerizas servidas con EGD >17 mm tuvieron más camadas y produjeron más LNV (3.75 y 32.8, respectivamente) que las cerdas primerizas con EGD de 14 a 16 mm (3.47 y 30.86) y las primerizas con EGD de 9 a 13 mm (2.81 y 24.03, respectivamente). Otros autores, han sugerido un EGD entre 18.0 y 23.0 mm para las cerdas jóvenes en el primer servicio (Amaral Filha *et al*., 2010; Roongsitthichai y Tummaruk, 2014). Además, se ha observado que las cerdas primerizas

con alto EGD (17.8 mm) alcanzan la pubertad a los 198 d de edad, mientras que aquellas con menor EGD (14.7 mm) alcanzan la pubertad a los 203 d de edad (Rydhmer, 2000). Por el contrario, en algunos estudios se observó una relación deficiente entre la productividad a lo largo de la vida y el nivel de grasa corporal (Rozeboom *et al.*, 1996; Williams *et al*., 2005). Otros investigadores han sugerido que las cerdas primerizas se apareen a los 240 días de edad, con un peso corporal de 130 kg y con 17 mm de EGD, en el segundo o tercer celo observado (Tummaruk *et al*., 2009b). PIC (2022a), recomienda que el primer servicio de las cerdas primerizas de línea genética Camborough® se realice entre los 200 a 225 d de edad, con un peso objetivo entre 135 a 160 kg, con una tasa de crecimiento (TC) entre 600 a 800 g/d, en el segundo o tercer estro. Kim *et al.* (2015), sugirieron que mantener la condición corporal óptima en las cerdas de producción alta es importante para la eficiencia reproductiva y su longevidad. Además, se ha sugerido que mantener una condición corporal óptima durante la última etapa de la gestación y la lactación, es esencial para mejorar el bienestar animal, lograr una adecuada eficiencia reproductiva y longevidad de las cerdas (Maes *et al.*, 2004). Se ha observado, que la deficiencia en el consumo de alimento durante el período de lactancia resulta en una pérdida excesiva de peso corporal, lo que dificulta mantener la producción de leche, afectando el crecimiento de la camada (Kim *et al.*, 2015). También, la pérdida de peso y tejido adiposo antes del destete pueden tener influencia en el intervalo destete-celo (IDC) (Guedes y Nogueira, 2001). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la condición corporal en el desempeño reproductivo de la cerda primeriza hiperprolífica, criada en ambiente cálido.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importancia del tejido adiposo en las cerdas hiperprolíficas

Durante muchas décadas se consideró al tejido adiposo como un depósito inerte de triglicéridos, reconociendo como única función del adipocito la de participar en la regulación de la utilización de estas reservas energéticas por el organismo, vía lipogénesis y lipólisis (formación y rompimiento de moléculas de triglicéridos, respectivamente). Sin embargo, a mediados de la década de los 90's se identificó la leptina, un factor proteico producido en el tejido adiposo, pero con acción en el sistema nervioso central (Friedman, 2011). De esta manera, en la actualidad se considera al tejido adiposo como un tejido endocrino (Wozniak *et al*., 2009); importante en el metabolismo energético y en funcionamiento del eje reproductivo de la cerda (Campfield *et al*., 1995; Bidanel *et al*., 1996; Hausman *et al*., 2012).

La grasa es importante en toda la producción ganadera ya que afecta la calidad del producto y la eficiencia de la producción y proporciona reservas de energía para la gestación y la lactancia (Wylie, 2010). Por lo tanto, la medición objetiva de la reserva de grasa en las hembras debe considerarse plenamente justificada (Bečková *et al*. 2005; Matoušek *et al*. 2011). En el caso de los hatos porcinos, debe llevarse a cabo y utilizarse no solo para determinar los caracteres productivos de las cerdas primerizas criadas en el hato de cría como parte de la prueba de rendimiento, sino también para continuar midiendo y evaluando la reserva de grasa de las cerdas en la primera monta, durante la gestación y en el destete de los lechones. Esto permitirá programar la alimentación para mantener puntuaciones de condición corporal aceptables en diferentes períodos fisiológicos. Es necesario monitorear y optimizar constantemente la condición de las cerdas durante su vida productiva a través de la nutrición, ya que este es un factor fundamental para garantizar un buen rendimiento reproductivo de las cerdas y su longevidad reproductiva. Cabe recordar que la duración de la vida productiva de una cerda no es solo una cuestión económica, sino que está estrechamente relacionada con su bienestar (Hoge y Bates, 2011). La persistencia productiva de las cerdas y su fertilidad en camadas sucesivas deben analizarse conjuntamente, ya que la clave para mejorar la

eficiencia general del rebaño reside en aumentar simultáneamente la vida productiva de las cerdas y el número de lechones criados en cada camada (Stalder *et al*., 2004).

Lavery *et al*. (2019) indicaron la necesidad, en los rebaños actuales, de monitorear el peso corporal de las cerdas y el EGD en los ciclos reproductivos sucesivos como posibles indicadores de productividad. Según Hu *et al*. (2016), el peso corporal, la edad al primer apareamiento y el EGD influyen en la longevidad de las cerdas; por lo tanto, estos autores recomendaron aparear cerdas primerizas con un espesor de grasa dorsal de aproximadamente 18 mm para cerdas Yorkshire y de 10.6 a 13 mm para cerdas Landrace; lo que sugiere que el EGD óptimo al momento del primer servicio, para su desempeño reproductivo posterior, difiere de acuerdo con el genotipo de la cerda.

Según Roongsitthichai *et al*. (2011), se puede esperar un mejor rendimiento en la cría de lechones en las cerdas primerizas con mayor EGD y menor carnosidad al inicio de la reproducción, pero esto no significa que las reservas de grasa deban ser muy altas; por su parte, Flisar *et al*. (2012), indicaron que la condición corporal adecuada de las cerdas en la primera monta, manifestada en un EGD y un peso corporal adecuados, previene problemas reproductivos.

Los resultados de varios estudios demuestran claramente la validez del uso reproductivo de cerdas primerizas con un EGD óptimo. El exceso de grasa, expresado en términos de EGD, reduce el apetito de las cerdas lactantes. Esto resulta en una menor ingesta de alimento y una mayor pérdida de reservas lipídicas del organismo durante la lactancia, un intervalo destete-estro (IDE) más largo, una disminución de la tasa de concepción, un aumento de la tasa de mortinatos en el siguiente parto, una disminución del número de lechones nacidos vivos y destetados, una mayor susceptibilidad al estrés y un deterioro de la salud de las cerdas (de Rensis *et al*. 2005; Lewis y Bunter, 2011), lo que lleva a su eliminación prematura del hato reproductor (Roongsitthichai *et al*. 2013; Wientjes *et al*. 2013). Sobczyńska y Blicharski (2015), observaron que la mayoría de las cerdas, en los hatos comerciales polacos, son generalmente sacrificadas después del nacimiento de la tercera o cuarta camada. La mayoría de los sacrificios no son planificados y la principal causa son trastornos reproductivos o problemas locomotores.

2.2. Importancia de la alimentación y el requerimiento de nutrientes de la cerda primeriza

La alimentación ocupa un lugar primordial en todos los procesos de la reproducción (Roppa, 2005). Se ha observado que la nutrición y la composición corporal pueden afectar la edad a la pubertad y la tasa ovulatoria, lo que a su vez puede influir en el rendimiento productivo de las cerdas primerizas (Kirkwood y Aherne, 1985). Asimismo, la nutrición de las hembras de reemplazo tiene un impacto significativo sobre el desempeño reproductivo en etapas tempranas al igual que durante toda la vida productiva de las cerdas (PIC, 2016). A causa de los estados carenciales, se provocan serios trastornos en el metabolismo y con su indudable repercusión en numerosos aspectos reproductivos (Roppa, 2005).

Con respecto a los requerimientos nutricionales de la cerda primeriza, Whitney y Masket (2010) observaron que uno de los objetivos principales para el desarrollo de cerdas primerizas es maximizar la mineralización ósea, por lo que deben ser alimentadas con niveles mayores de Ca y P que a los cerdos en crecimiento-finalización. Sin embrago, el propósito de esta fase es satisfacer las demandas de nutrientes para un crecimiento apropiado, un adecuado desarrollo del tracto reproductivo, y construir una estructura de locomoción sólida (PIC, 2016). Además, Vier *et al*. (2019) observaron que las concentraciones de P recomendadas para primerizas son aproximadamente 8 % más que las de hembras para abasto para maximizar la mineralización ósea. PIC (2022b), indicó que para cumplir con los objetivos de peso al primer servicio de cerdas primerizas la alimentación debe ser *ad libitum* desde su nacimiento.

2.3. Cerdas hiperprolíficas

La cerda hiperprolífica se define como aquella 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 (Caballer, 2017). Sin embargo, además del tamaño y peso de la camada, la longevidad es un indicador crucial de la rentabilidad en las piaras reproductoras. Por lo tanto, es importante crear condiciones

óptimas para las cerdas en las fases individuales de sus ciclos reproductivos (Belkova y Rozkot, 2021).

Existen muchos avances en selección genética, nutrición, alojamiento y control de enfermedades que se han incorporado a la producción porcina moderna desde la década de 1950, esto ha dado como resultado a hembras de alta prolificidad, prácticas y tecnologías, que aumentaron significativamente la eficiencia reproductiva en la piara reproductora (Kraeling y Webel, 2015). Sin embargo, es importante prestar atención a las primerizas mucho antes de incluirlas a la piara reproductora para garantizar un desarrollo corporal adecuado y el inicio de las funciones reproductivas (Belkova y Rozkot, 2021).

2.3.1. Selección de cerdas primerizas

En las últimas décadas los cerdos se han seleccionado genéticamente para la producción de carne magra y una alta eficiencia alimentaria durante la fase de crecimiento-finalización, lo que ha afectado la fisiología, la productividad y la eficiencia alimentaria de las hembras reproductoras (Theil *et al.*, 2023). Sin embargo, la selección de cerdas primerizas a menudo varía según los objetivos de la producción. Además, se debe realizar una preselección el día del destete. Esta selección brinda la oportunidad de elegir mejor a la cerda primeriza para ser incluida en la piara reproductora (Malopolska *et al.*, 2018). Es decir, se deben observar diversos caracteres de camada de origen y en la futura hembra de reemplazo, en los cuales se ha ejercido presión de selección en la actualidad como: nacidos totales, nacidos vivos, peso de la camada, mortalidad, número de lechones destetados/cerda, cantidad/distancia de las mamas y homogeneidad de pesos al nacimiento (Caballer, 2017). Por último, la selección final debe realizarse alrededor de los 140 días de edad y debe incluir una evaluación visual de la estructura con respecto a pezuñas y miembros, así como de los genitales externos (Malopolska *et al.*, 2018). Otra forma de seleccionar a las hembras de reemplazo se lleva a cabo entre los 5 y los 6 meses de edad. Durante este tiempo, se utilizan rasgos como el peso corporal, la condición corporal, la estructura, el EGD, el número de ciclos estrales y la tasa de crecimiento. Además del tamaño de la vulva, la cantidad de pezones, el peso corporal total y el tamaño de la camada al nacer (Malopolska *et al.*, 2018).

2.3.2. Importancia del peso al nacimiento en el desempeño de la cerda primeriza

Se ha observado que una selección para camadas más grandes da como resultado una reducción en el peso promedio al nacer, un aumento en el número de lechones pequeños y el aumento de la variación del peso al nacer de la camada en los cerdos (Foxcroft *et al*., 2009; Matheson *et al*., 2018). Además, las cerdas primerizas que pesan menos de 1.0 kg al nacer tienen menos cerdos nacidos vivos en el primer parto, menos cerdos producidos en tres partos y mayor eliminación debido al anestro, en comparación con las primerizas que pesan más de 1.0 kg (Magnabosco *et al*., 2016). Se ha observado, que el bajo peso individual al nacer y un crecimiento más lento afecta la respuesta a los estímulos de inducción de la pubertad. Las cerdas primerizas con un peso al nacer inferior a 1.20 kg muestran una respuesta tardía a la estimulación de la pubertad después de 21 días de contacto intensivo con los verracos (Calderón-Díaz *et al*., 2015). Además, una tasa crecimiento baja y menor peso al nacer, tiene impactos adversos sobre el desempeño reproductivo y la productividad a lo largo de la vida de las cerdas (Foxcroft *et al*., 2009; Da Silva *et al*., 2016; Magnabosco *et al*., 2016; Patterson *et al*., 2020). Es decir, las primerizas que pesan menos de 1.0 kg al nacer tienen mayores tasas de mortalidad antes del destete y tienen pocas posibilidades de sobrevivir hasta el destete (Magnabosco *et al*., 2015).

2.3.3. Efecto de la composición de la camada (porcentaje de hembras y machos) en el desempeño de la hembra primeriza

Se ha observado que la cerda de reemplazo que nace en una camada donde la proporción de sexos es muy notoria, puede afectar el desempeño y el comportamiento durante toda la vida (Seyfang *et al*., 2018a; Rekiel *et al*., 2012). Esto es, porque las hembras primerizas que han nacido en camadas con una alta proporción de machos están expuestas a mayores niveles de andrógenos en el útero, causando que las hembras de reemplazo desarrollen caracteres sexuales secundarios masculinos (Seyfang *et al*., 2018a; Seyfang *et al*., 2018b). En cambio, las cerdas primerizas que nacen en camadas donde predominan las hembras son potencialmente mejores cerdas de reemplazo que aquellas donde predominan los machos (Seyfang *et al*., 2018a). Lamberson *et al.* (1988), observaron que a medida que incrementaba el número de

machos en la camada, la edad de la pubertad disminuía. También, Drickamer *et al.* (1997) observaron que las cerdas primerizas proveniente de donde había camadas con mayor número de machos alcanzaron la pubertad más tarde. Además, las cerdas primerizas tenían más probabilidades de tener inseminaciones poco exitosas, menor éxito de apareamiento, menos cerdos nacidos y menos pezones comparadas con aquellas de camadas con predominio de hembras (Rekiel *et al*., 2012; Seyfang *et al*., 2018b). Asimismo, las hembras con caracteres masculinos tienen más probabilidades de tener menos miedo y a ser más agresivas que aquellas cerdas de camadas con mayor número de hembras (Seyfang *et al*., 2018b), lo que puede llevar a la retirada prematura de la piara, a reducir su vida productiva (Fitzgerald, 2009), y a tener implicaciones importantes para el bienestar (Drickamer *et al*., 1997).

Por otro lado, la distancia anogenital puede utilizarse como indicador de masculinización femenina en cerdos (Drickamer *et al*., 1997; Seyfang *et al*., 2018c). Se ha observado que las hembras de reemplazo que provienen de una camada predominantemente masculina (>67% de machos) tenían una distancia anogenital mayor, cuando se midió dentro de los cuatro días posteriores al nacimiento, en comparación con las primerizas de camadas con menores proporciones de machos en la camada. Por lo tanto, la proporción de sexos de la camada en la que nace la cerda de reemplazo y la distancia anogenital son características que se pueden considerar al momento de hacer la selección (Drickamer *et al*.,1997).

2.4. Efecto de la tasa de crecimiento en la presentación de la pubertad y desempeño reproductivo posterior

Se ha observado que la selección genética y el manejo nutricional para producir cerdos más magros pueden resultar en un retraso en el inicio de la pubertad (Evans y O'Doherty, 2001). Sin embargo, la tasa de crecimiento puede estar relacionada con el inicio de la pubertad; al respecto, Kummer *et al*. (2009) demostraron que las primerizas con tasas de crecimiento más rápidas en el momento de la exposición al verraco alcanzaron la pubertad antes que las contrapartes de crecimiento más lento; sin embargo, Patterson *et al*. (2002a), no observaron una respuesta similar con respecto al inicio de la pubertad al

alterar nutricionalmente las tasas de crecimiento magro en primerizas. En relación con esto, las primerizas contemporáneas con mayor peso corporal en el momento de la exposición al verraco llegaron a la pubertad a una edad más joven (King, 1989), lo que sugiere que el crecimiento rápido y, como resultado, el peso corporal en etapas específicas o edad de desarrollo podría ser predictivo de la edad de la pubertad.

La mayor tasa de crecimiento magro, menor EGD y mayores pesos al momento del primer servicio, observados en los genotipos actuales, dan como resultado primerizas más pesadas, pero con menores reservas de grasa, cuando se produce la estimulación de la pubertad (Van Wettere *et al*., 2006). Por lo tanto, los posibles efectos adversos de un EGD bajo en el logro de la pubertad de las cerdas primerizas actuales deben tenerse en cuenta en un programa de desarrollo de primerizas.

En el contexto de una mayor tasa de crecimiento de las nulíparas contemporáneas, se puede esperar lograr la pubertad y el primer servicio a una edad menor, si se estimula a la futura cerda de reemplazo con una exposición temprana (140 a 150 d edad) al verraco. De hecho, cuando el apareamiento se realiza entre los 185 y los 209 días de edad la tasa de parto, la tasa de descarte y el total de nacidos producidos en tres partos, no se vieron afectados negativamente en las cerdas primerizas con una tasa de crecimiento de más de 700 g por día (Kummer *et al*., 2006). La baja tasa de crecimiento y los retrasos innecesarios en la estimulación del celo puberal son factores importantes que contribuyen a los días no productivos (DNP) de la piara reproductora, como consecuencia de una pubertad retrasada (Patterson *et al*., 2002b; Patterson *et al*., 2020).

2.5. Importancia de la edad a la pubertad de la cerda primeriza en los días no productivos de la piara reproductora

La edad del primer estro, o inicio de la pubertad, tiene un valor predictivo positivo para el desempeño reproductivo futuro dentro de una piara reproductora (Patterson *et al*., 2010). Por lo tanto, este fenotipo puede estar asociado con la productividad de por vida de la cerda, o la cantidad de cerdos de calidad que produce una cerda desde el momento en que ingresa a la piara reproductora hasta el momento que se desecha.

El intervalo de entrada al servicio de la cerda primeriza es un factor importante que contribuye al total de DNP en la piara reproductora (Patterson *et al*., 2002b). La reducción de los DNP y, en consecuencia, la reducción de los costos de producción se puede obtener logrando cerdas primerizas con una edad más temprana a la pubertad (Evans y O'Doherty, 2001).

Las reservas corporales de las cerdas primerizas en el primer apareamiento pueden afectar el momento y el patrón de desecho de primerizas. Por lo tanto, la eficiencia de la piara reproductora puede mejorarse si las primerizas se introducen con un total de DNP mínimo, siempre que se garantice un peso mínimo en el primer servicio para mantener rendimiento y longevidad (Williams *et al*., 2005). Se ha observado que las cerdas primerizas que exhiben su primer celo conductual a edad menor (<153 d) en comparación con edades mayores (154 a 180 d) tienen menos días improductivos en la piara reproductora (Patterson *et al*., 2010); además, las cerdas primerizas que exhibieron estro después de los 180 d de edad tuvieron una tasa de servicio más baja que las primerizas cuyo primer estro se detectó antes de los 180 días de edad. Esta observación también ha sido corroborada por otros, en el sentido de que las cerdas primerizas que alcanzan su primer celo a una edad menor tienen una mayor probabilidad de producir un tercer parto (Engblom *et al*., 2008).

2.6. Efecto de la presencia del verraco en la presentación de la pubertad

El contacto con el verraco a una edad adecuada ejerce una gran influencia y juega un papel crítico para inducir el inicio de la pubertad. Una edad más temprana al inicio de la exposición al verraco corresponde a una edad menor a la pubertad, pero requiere más días de estimulación; por el contrario, las primerizas mayores al inicio de la exposición al verraco suelen ser mayores en la pubertad pero requieren menos días de estimulación (Patterson *et al*., 2002b, Van Wettere *et al*., 2006). El momento y la sincronía de la pubertad parecen tener mejores respuestas cuando las primerizas tienen más de 180 días, lo que sugiere que los genotipos modernos pueden tener una madurez fisiológica más tardía (Van Wettere *et al*., 2006). Sin embargo, se ha observado la posibilidad de que más del 75 % de las primerizas entren en celo hasta 40 días después de la

estimulación, cuando la exposición al verraco inicia alrededor de los 140 días de edad (Patterson *et al*., 2002b; Flowers, 2012).

2.7. Importancia de la condición corporal en el desempeño reproductivo de por vida de la cerda primeriza

Los criterios de selección para las primerizas de reemplazo incluyen la edad, el peso corporal, el espesor de la grasa dorsal, el número de ciclos estrales y el número de pezones. Los intentos de asociar la pubertad con un peso crítico (Newton y Mahan, 1992), tasa de crecimiento (Beltranena *et al*., 1993), espesor de grasa dorsal (Gaughan *et al*., 1995) o tejido magro (Patterson *et al*., 2002a) siguen siendo controvertidos, probablemente debido a una comprensión poco clara de la interacción entre las características corporales y otros factores como la raza , la edad, el efecto verraco, la estación y el entorno que también afectan el logro de la pubertad (Evans y O'Doherty, 2001); además, la activación del eje hipotalámico-pituitario-gonadal y el desarrollo folicular inicial que precede al inicio de la pubertad pueden ser bastante variables entre una cohorte de primerizas. La selección genética y el manejo nutricional para producir cerdos más magros también pueden resultar en un retraso en el inicio de la pubertad (Evans y O'Doherty, 2001).

2.7.1. Edad y peso para el apareamiento de la cerda primeriza

Las primerizas de reemplazo deben tener al menos seis a siete pares de pezones y se recomienda que se apareen a los 240 días de edad, a los 130 kg de peso corporal, con un grosor de grasa dorsal de 17 mm y al segundo o posterior celo observado (Tummaruk *et al*., 2009b). PIC (2022a) recomienda que el primer servicio de las cerdas primerizas Camborough® se realice entre los 200 a 225 d de edad, con un peso objetivo de 135 a 160 kg, con tasa crecimiento entre 600 a 800 g/d, y en el segundo o tercer estro. La edad al primer servicio en las cerdas primerizas influye en su rendimiento reproductivo posterior y en su longevidad (Koketsu *et al*., 1999; Tummaruk *et al*., 2001; Patterson *et al*., 2010).

En condiciones de campo, la edad observada al primer apareamiento en las cerdas primerizas varía considerablemente de 150 a 348 días (Tummaruk *et al*., 2000a), mientras que la edad promedio al primer apareamiento en primerizas varía entre explotaciones comerciales de 198 (Kummer *et al*., 2006) a 268 días (Tummaruk *et al*., 2009a).

El retraso en la edad de la primera cubrición de las cerdas primerizas aumenta los DNP desde la entrada hasta la concepción e influye en su desempeño reproductivo posterior (Tummaruk *et al*., 2007). Se ha observado que los problemas reproductivos contribuyen con el 47 % de las razones por las que se retiran las cerdas primerizas de las piaras de cerdas reproductoras (Tummaruk *et al*., 2006). Una proporción significativa (10 a 30 %) de primerizas que ingresan a piara reproductora nunca paren una camada (Nonneman *et al*., 2013). Los problemas reproductivos comunes incluyen anestro, inseminación repetida, no estar gestante, flujo vaginal anormal, aborto y problemas de parto (Tummaruk *et al*., 2009a).

Con base en la evaluación económica, Schukken *et al*. (1994) determinaron que las primerizas en América del Norte deben aparearse antes de los 220 días de edad. En Japón, Koketsu *et al*. (1999) observaron que las primerizas apareadas después de los 230 días de edad tuvieron bajo desempeño reproductivo posterior y menor longevidad. Así, las cerdas primerizas apareadas a una edad más avanzada tienen una vida reproductiva más corta y un mayor riesgo de ser sacrificadas debido a problemas de infertilidad (Young *et al*. 2008). Además, Tummaruk *et al*. (2007) observaron que las cerdas primerizas que exhibieron el primer estro permanente entre los 180 y 200 días de edad tuvieron un tamaño de camada más grande en los primeros tres partos que las que expresaron el primer estro entre 201 y 220 días de edad. Estos hallazgos indican la importancia del manejo de las cerdas primerizas, así como la primera decisión de apareamiento para su desempeño reproductivo posterior.

En la práctica, se sacrifica anualmente entre el 40 y 50 % de las cerdas de las piaras reproductoras y se reemplazan por primerizas; por lo tanto, el rendimiento reproductivo de las cerdas primerizas influye en gran medida en el rendimiento reproductivo general de una piara porcina (Roongsitthichai *et al*., 2013). Además, las tasas altas de reemplazo de las cerdas de uno y dos partos han sesgado la distribución de paridad en la mayoría

de las granjas de reproducción de América del Norte hacia las cerdas primerizas, provocando que la productividad general de la piara reproductora se vea limitada debido a que las cerdas se sacrifican antes de que alcancen sus períodos máximos de rendimiento reproductivo (Flowers, 2012).

2.7.2. Condición corporal y medición del espesor de la grasa dorsal

El EGD es un indicador de la condición corporal de las cerdas (Kim *et al*., 2013); su medición permite evaluar la condición corporal de las cerdas (Charette *et al*., 1996). Para medir el EGD en cerdos se utilizan básicamente dos tipos de sondas: sondas de tipo óptico y de tipo ultrasónico. La sonda óptica funciona sobre la base de la reflexión de la luz entre los músculos y la profundidad de la grasa, lo que implica el valor del EGD, mientras que la sonda ultrasónica funciona según el criterio del reflejo de la onda de sonido (Pomar *et al*., 2002). Se ha observado que los instrumentos ultrasónicos tienen consistencia y precisión en la medición del EGD en cerdos vivos para maximizar la productividad económica (Magowan y McCann, 2006). La posición P2 (aproximadamente a 6 a 8 cm de la línea media dorsal a nivel de la última costilla) es el sitio más apropiado para evaluar la profundidad de la grasa dorsal en cerdos vivos. En general, la medición del EGD se realiza mediante ultrasonografía en modo A. Se utiliza un valor promedio de ambos lados de la posición P2 como EGD (mm) de cada cerdo (Tummaruk *et al*., 2009b). Sin embargo, Suster *et al*. (2003) encontraron que la posición P2 sólo podía ser un predictor moderado del contenido de grasa en cerdos ya que la dispersión del contenido de grasa en el cuerpo del animal era considerablemente variable. No obstante, P2 es actualmente la posición más precisa para medir el EGD en cerdos (Magowan y McCann, 2006; Tummaruk *et al*., 2009b); además, se prefiere la sonda ultrasónica para la evaluación del EGD en cerdos vivos en la posición P2.

2.7.2.1. Efecto del espesor de la grasa dorsal en la presentación de la pubertad en la cerda. En las cerdas la presentación de la pubertad se reconoce cuando ocurre el primer celo y la primera ovulación. La pubertad en primerizas está determinada por factores tanto internos (raza, peso corporal, grasa dorsal), y de manejo (nutrición, contacto con el verraco, entorno), mediados por el eje endocrino-reproductivo (Evans y O'Doherty, 2001). Además, la edad de la pubertad determina el desempeño de por vida

de las cerdas; se ha observado que las cerdas primerizas que alcanzaron la pubertad tardía son desechadas primero que las que alcanzan la pubertad antes (Koketsu *et al*., 1999). Sin embargo, no se puede identificar con exactitud la edad de la pubertad; por lo tanto, la edad del primer estro observado se usa básicamente para definir la pubertad en las cerdas primerizas (Evans y O'Doherty, 2001; Tummaruk *et al*., 2009b). Generalmente, las cerdas primerizas expresan la edad del primer estro observado aproximadamente a los 200 días (Tummaruk *et al*., 2007; Roongsitthichai *et al*., 2013). Se ha demostrado que las primerizas con mayor EGD alcanzan la pubertad más rápido que aquellas con menor EGD (Nelson *et al*., 1990). Esto indica que las nulíparas con mayor EGD podrían ser servidas a más temprana edad que aquellas con menor EGD (Tummaruk *et al*., 2001). Además, se ha observado que las cerdas primerizas con alto EGD (17.8 mm), alimentadas *ad libitum*, alcanzan la pubertad a los 198 d de edad, mientras que aquellas con menor EGD (14.7 mm), restringidas al 80 % de alimento, alcanzan la pubertad a los 203 d de edad (Rydhmer, 2000); estos mismos autores indicaron que la edad a la pubertad tiene una heredabilidad ($h^2 = 0.30$), que es superior con respecto a otros rasgos reproductivos. Esto implica que la selección de cerdas primerizas de reemplazo con base en el EGD podría contribuir al mejor desempeño reproductivo de la piara. Además, las señales metabólicas son cruciales para el inicio de la pubertad (Barb *et al*., 1997). Se ha observado que algunas hormonas metabólicas están estrechamente relacionadas con la grasa dorsal y el logro de la pubertad (Rozeboom *et al*., 1995). La leptina y el factor I de crecimiento similar a la insulina (IGF-I) han sido reconocidos como reguladores del crecimiento y la diferenciación celular, el inicio de la pubertad y la composición corporal (Bidanel *et al*., 1996).

La leptina es reconocida como una de las hormonas metabólicas del tejido adiposo; importante en la homeostasis energética y el logro de la pubertad (Campfield *et al*., 1995). Los adipocitos son el mayor reservorio de producción de leptina, hormona proteica de 16 kDa (Barb y Kraeling, 2004). Se ha observado que la concentración sérica de leptina se eleva durante el desarrollo puberal en los cerdos (Qian *et al*., 1999), antes de un aumento en la hormona luteinizante (LH) y los estrógenos (Barb *et al*., 2000). Además, se ha observado que la concentración sérica de leptina aumenta durante la pubertad en las cerdas primerizas (Hausman *et al*., 2012). También, se ha observado que la leptina

funciona como una señal metabólica permisiva para el inicio de la pubertad a través de la secreción de LH (Barb *et al*., 2005). Este fenómeno no sólo ha sido observado en cerdos, sino que también ocurrió en ratones (Chehab *et al*., 1997) y vaquillas (Garcia *et al*., 2002). En consecuencia, la leptina podría ser una señal metabólica del estado nutricional que activa el eje reproductivo. Al respecto, se encontró que un aumento en la masa de adipocitos es proporcional a un aumento en la concentración sérica de leptina (Considine *et al*., 1995). Además, otro estudio demostró que la concentración sérica de leptina se relaciona positivamente con el EGD en la posición P2 (r = 0.476) (Berg *et al*., 2003). Se determinó también una asociación positiva entre el nivel de ARN mensajero de leptina y el EGD en cerdos (Robert *et al*., 1998). Esto explica por qué que los cerdos con alto EGD alcanzan la madurez sexual antes que aquellos con bajo EGD.

Adicionalmente, se ha demostrado que el IGF-I es uno de los factores metabólicos significativos que afectan el inicio de la pubertad en los cerdos (te Pas *et al*., 2004). Esto implica que las primerizas con alto nivel de IGF-I alcanzan la pubertad más rápido que aquellas con bajo nivel de IGF-I. Se ha observado una relación entre el EGD, la concentración sérica de IGF-I y la edad puberal en las nulíparas. Las cerdas nulíparas con alto EGD (≥ 17.0 mm) en el día del apareamiento tuvieron un nivel sérico de IGF-I más alto (31.1 ± 1.1 *vs.* 26.0 ± 1.4 nmol/L, $p = 0.008$) que aquellas con bajo EGD (≤ 13.5 mm) (Roongsitthichai *et al*., 2013). Además, las primerizas con alta concentración sérica de IGF-I alcanzaron el inicio de la pubertad más rápido que aquellas con un nivel sérico bajo de IGF-I (< 153 *vs.* 168 a180 días, $p < 0.05$) (Patterson *et al*., 2010). También, se ha observado que no se podría producir una ovulación en los ratones hembra con mutación nula de IGF-I, incluso si se administrará gonadotropinas (Baker *et al*., 1996). Por el contrario, un estudio cuestionó que no se encontró asociación entre el nivel plasmático de IGF-I y la edad de la pubertad en cerdos en crecimiento (Lamberson *et al*., 1995). Sin embargo, en un estudio posterior, se encontró que el IGF-I, en la mayoría de las especies de mamíferos, promueve la proliferación de células de la granulosa, la producción de esteroides y el desarrollo del crecimiento de los ovocitos (Silva *et al*., 2009). Esta información refleja las razones por las cuales las cerdas nulíparas con alto EGD adquieren la madurez sexual antes que aquellas con bajo EGD.

2.7.2.2. Efecto del espesor de la grasa dorsal en la ciclicidad estral. No sólo las hormonas metabólicas relacionadas con la grasa dorsal afectan el eje reproductivo en los cerdos. La grasa es el reservorio de una importante hormona esteroide sexual, la progesterona (P4) (Hillbrand y Elsaesser, 1983). Debido a la propiedad lipofílica de la P4, la deposición de P4 en el tejido adiposo se ha encontrado en vacas (McCracken, 1964) y cerdos (Hillbrand y Elsaesser, 1983). Además, una alteración en la cantidad de grasa dorsal evidentemente afecta la concentración de P4 durante el ciclo estral de los cerdos. Resultados de la biopsia de grasa dorsal en cerdas primerizas, entre 2 a 5 cm de la línea media dorsal por encima del músculo *longissimus dorsi*, revelaron una estrecha relación entre los niveles plasmático de P4 y grasa dorsal (Hillbrand y Elsaesser, 1983). Naturalmente, el cuerpo lúteo alcanza la máxima capacidad secretora de P4 entre los días 8 y 12 del ciclo estral (de aproximadamente 21 días) y comienza a declinar a partir del día 13 (Foxcroft y Van de Wiel, 1982); además, durante la fase lútea (día 11), la concentración de P4 almacenada en el tejido graso fue de 36 mg/100 mg de grasa dorsal, mientras que en el plasma se detectó aproximadamente 0.2 mg de P4. Esto refleja que la cantidad de P4 se almacena en el tejido adiposo casi 200 veces más en comparación con la sangre. Hillbrand y Elsaesser (1983) observaron una relación entre las concentraciones de P4 en la sangre y el EGD durante el ciclo estral. Estos autores observaron un alto almacenamiento de progesterona en la grasa dorsal (aproximadamente 0.9 ng/mg de grasa) que mostró un retraso de 2 días en la reducción de las concentraciones de P4 después de la luteólisis en comparación con las concentraciones plasmáticas; la vida media inicial de la P4 plasmática es de 2 h, mientras que el de la P4 almacenada en la grasa dorsal es de 34 h. Estas diferencias implican la importante función del tejido adiposo como un almacén para evitar el catabolismo de P4; cuya liberación por parte de las cerdas primerizas más gordas puede tener efectos potencialmente negativos en su rendimiento reproductivo posterior (Thitachot *et al.*, 2021).

2.7.2.3. Efecto del espesor de la grasa dorsal en el tamaño de la camada al nacimiento y al destete. Los indicadores para medir el tamaño de la camada al nacimiento en las cerdas incluyen el número total de lechones nacidos por camada (TLN), el número de lechones nacidos vivos por camada (LNV), los fetos momificados por

camada (FM) y los lechones nacidos muertos por camada (LNM). Generalmente, el tamaño de la camada es menor en el primer parto y es mayor durante el parto 3 a 6; posteriormente, declina continuamente de acuerdo con el aumento del número de partos (Tummaruk *et al*., 2000a). Se ha determinado que el EGD en el primer estro observado afecta el TLN y los LNV en los tres primeros partos. Al respecto, se ha observado que las cerdas nulíparas con EGD de 13.1 a 15 mm tienen un promedio de TLN (10.6 *vs.* 9.4) y un número de LNV (9.8 *vs.* 8.8), significativamente mayores que aquellas con un EGD de 11.1 a 13 mm durante los primeros tres partos (Tummaruk *et al*., 2007). Además, Roongsitthichai *et al*. (2010) observaron que las cerdas primerizas con un EGD igual o mayor que 17.0 mm en la primera inseminación parieron 13.1 ± 0.4 LNV, mientras que aquellas con un EGD de 14 a 16.5 mm parieron 12 ± 0.4 LNV ($p < 0.05$). Amaral Filha *et al*. (2010) demostraron que en la primera cubrición las primerizas con un EGD de 18 a 23 mm parieron significativamente casi un LNV más que las primeras cubiertas con un EGD de 10 a 15 mm (12.9 ± 0.16 *vs.* 12 ± 0.16 LNV); sin embargo, no se encontró diferencia significativa en LNV entre los grupos. Cechova y Tvrdon (2006) observaron que las cerdas primíparas con mayor EGD a los 90 kg de peso corporal lograban camadas de mayor tamaño y rendimiento.

Por otro lado, aquellas cerdas con excesivo EGD podrían parir más LNM (Roongsitthichai *et al*., 2010). Al respecto, se ha observado que el porcentaje mayor de LNM proviene de las cerdas primerizas con un EGD entre18 a 23 mm en el primer servicio que el de aquellas con un EGD con 10 a 15 mm (8.7 ± 0.83 % *vs.* 5.5 ± 0.61 %) (Amaral Filha *et al*., 2010); además, se observó una correlación positiva entre el EGD en la primera inseminación y el peso corporal de la cerda ($r = 0.21$; $p < 0.05$), esto significa que las cerdas con sobrepeso podrían estar en el mismo grupo que los cerdos con alto contenido de grasa dorsal.

El exceso de EGD al final de la gestación se asoció a disgalactia posparto, dificultades de locomoción y mayor tasa de sacrificio de las cerdas (Dourmad *et al*., 2001). Así, aumentar la cantidad de alimento durante la gestación para alcanzar la condición corporal deseada, sin fundamento en el EGD, contribuye al estado de sobrealimentación, lo que resulta en una acumulación excesiva de grasa dorsal en las cerdas gestantes (Roongsitthichai *et al*., 2010). Por otro lado, la cantidad de alimento durante el período de

gestación afecta la supervivencia del embrión porcino y la concentración de hormona progesterona (P4), importante para el mantenimiento de la gestación; ya que, en las cerdas sobrealimentadas durante gestación se observó el 71.9 % de supervivencia embrionaria y 11.8 ng/mL de P4; sin embargo, si se administraba la menor cantidad de alimento gestante, la supervivencia embrionaria fue del 82.8 % y 71.9 ng/mL de P4 (Aherne y Kirkwood, 1985).

Maes *et al*. (2004) encontraron una asociación negativa entre el cambio porcentual en el EGD durante la lactancia y el tamaño de la camada al destete. En ese estudio, independientemente del EGD de la cerda, el tamaño de camada más bajo (10.6 LNV) se observó en las cerdas de primer parto, mientras que el más alto (12 LNV) en las cerdas de tercer parto. En un estudio similar, Cechova y Tvrdon (2006) encontraron que el tamaño de camada más bajo (10.5 LNV) ocurrió en el primer parto y el tamaño de camada más alto (12.1 LNV) se observó durante el quinto parto. Kim *et al*. (2015) observaron que en las cerdas con un EGD muy alto (más de 25 mm), en el día 109 de gestación, los lechones tuvieron un menor aumento de peso y menor tamaño de la camada al destete que las cerdas con un EGD moderado (20 a 24 mm); sin embargo, un EGD de 17 a 21 mm se asocia con un mayor tamaño de la camada al destete; además, un aumento en el EGD en la cerda en el día 109 de gestación se asoció con un incremento lineal en la cantidad de grasa dorsal desde el destete hasta el día 109 de la siguiente gestación. Otro estudio reveló que los LNV de cerdas primerizas con 19 mm EGD a los 110 días de gestación tuvieron una mayor tasa de crecimiento durante la lactancia (214.3 frente a 202.4 g/día, p = 0.05), junto con un mayor peso al destete (7.43 *vs.* 7.03 kg, p = 0.04), que aquellos nacidos de primerizas con 14.4 mm de EGD (Amdi *et al*., 2013). Estas observaciones indican que un EGD demasiado bajo o alto tiene efectos adversos en la eficiencia reproductiva de las cerdas. Por lo tanto, mantener el grosor moderado de la grasa dorsal durante todo el ciclo reproductivo de la cerda es importante para obtener una mayor eficiencia reproductiva.

2.7.2.4. Importancia de la condición corporal durante la gestación y la lactancia en el desempeño reproductivo de la cerda. Durante la última etapa de la gestación y la lactación, mantener una condición corporal óptima de las cerdas es esencial para mejorar el bienestar animal, lograr una adecuada eficiencia reproductiva y longevidad de las

cerdas (Maes *et al*., 2004; Houde *et al*., 2010). La condición corporal de la cerda se puede juzgar midiendo el EGD durante varias etapas de gestación y lactancia (Charette *et al*., 1996). Está bien establecido que mantener un EGD y una condición corporal óptimos durante el último tercio de la gestación y la lactancia temprana es crucial para el desempeño reproductivo posterior (Tummaruk *et al*., 2000a, 2001, 2007; Houde *et al*., 2010). Kim *et al*. (2015), observaron una asociación positiva entre el EGD en el día 109 de gestación y el EGD de la cerda al destete y la pérdida de grasa dorsal durante la lactancia. Kim *et al*. (2016) no observaron efectos del EGD a los 107 días de gestación sobre el consumo de alimento de las cerdas durante la lactancia, pero las pérdidas de grasa dorsal durante la lactancia fueron menores en las cerdas con menos de 20 mm de EGD que en las cerdas con 20 mm o más; sin embargo, el peso corporal, la tasa de crecimiento y el número de lechones destetados fueron mayores en las cerdas con un EGD de 20 mm o más que en las cerdas con un EGD menor de 20 mm, lo que pudiera explicar la mayor pérdida de grasa durante la lactancia en las cerdas con un EGD de 20 mm o más a los 107 d de gestación. Sin embargo, también se ha observado que las cerdas con menor EGD destetan menos lechones por camada (McKay, 1993). Whittemore *et al*. (1995) observaron que las cerdas con mayor EGD tuvieron mayor tamaño de camada y mayor rendimiento de camada que las cerdas con menor EGD. Por otro lado, Maes *et al*. (2004) observaron una asociación negativa entre el EGD y el tamaño de la camada al destete. Maes *et al*. (2004) y Houde *et al*. (2010) observaron que la pérdida de EGD en cerdas primerizas y cerdas multíparas se producía principalmente durante la lactancia. Al respecto, se ha observado que la pérdida de grasa dorsal es proporcional al número de lechones destetados (Maes *et al*., 2004) y las cerdas con menor EGD destetaron menos lechones por camada (McKay, 1993). De Rensis *et al*. (2005), determinaron una relación positiva entre el EGD al parto y la pérdida de grasa dorsal durante la lactancia, pero los intervalos del destete al celo no estaban asociados con el EGD al parto. Se ha sugerido que, para un desempeño eficiente, mantener el EGD a lo largo del ciclo reproductivo es más importante que fijar el EGD en el servicio o en la última fase de la gestación (Houde *et al*., 2010). Las variaciones en el consumo de alimento, el patrón de alimentación y la producción de leche entre cerdas durante la

lactancia, son probablemente responsables de la variación en el EGD y las pérdidas de grasa dorsal al destete (Maes *et al*., 2004).

2.7.2.5. Efecto del espesor de grasa dorsal sobre el consumo de alimento durante la lactancia. La deficiencia en el consumo de alimento durante el período de lactancia resulta en una pérdida excesiva de peso corporal y dificultades para mantener la producción de leche y el crecimiento de la camada (Kim *et al*., 2015); sin embargo, un excesivo aumento en el EGD a los 109 días de gestación da como resultado una reducción en el consumo de alimento. Al respecto, Estienne *et al*. (2003) observaron, que durante la lactación las cerdas obesas consumían menos alimento en comparación con las cerdas delgadas y medianas. También, O'Grady *et al*. (1985) demostraron que la condición corporal al momento del parto influyó en el consumo de alimento durante la lactación, con cerdas consumiendo 4.9, 4.7 y 4.5 kg por día para cerdas flacas, gordas y muy gordas, respectivamente; además, el aumento de un milímetro de EGD en el día 109 de gestación se asoció con una reducción de 60 a 120 g de ingesta diaria de alimento; en concordancia con lo anterior, Mullan y Williams (1989) observaron que una disminución de un milímetro en el EGD en el parto se asoció con un aumento de 0.1 kg en el consumo de alimento voluntario durante la lactancia. La ingesta reducida de alimento y el mayor tamaño de camada al destete son probablemente responsables de mayores pérdidas de EGD durante la lactancia.

Se ha demostrado que el consumo excesivo de alimento durante la gestación temprana aumenta la muerte embrionaria en cerdas primerizas (Jindal *et al*., 1996) y disminuye el consumo de alimento durante la lactancia (Weldon *et al*., 1994). En general, el consumo de alimento durante la lactancia está influenciado por numerosos factores como la paridad, la temperatura ambiental y el nivel de alimentación durante la gestación, a través de la integración de señales neuronales, hormonales y de nutrientes. La leptina, una hormona secretada por las células del tejido adiposo, puede modular el apetito y el metabolismo (Barb *et al*., 2001); esta hormona está altamente relacionada con la masa grasa corporal y puede suprimir el consumo de alimento en el cerdo (Estienne *et al*., 2000). Kim *et al*. (2015) sugirieron que la reducción del consumo de alimento con el aumento del EGD en el día 109 de gestación podría deberse en parte al alto nivel de leptina en las cerdas gordas.

2.7.2.6. Metabolismo de los lípidos durante la gestación: efecto de la sobrealimentación en el desarrollo placentario. Durante la gestación ocurren dos cambios principales en el metabolismo de los lípidos: la acumulación de grasa en los depósitos maternos durante los dos primeros tercios de la gestación y la inhibición de la acumulación de depósitos de grasa como resultado del aumento de la lipólisis y la movilización de lípidos durante el último tercio de gestación (Herrera y Ortega-Senovilla, 2014). La obesidad de la cerda durante la gestación da como resultado una absorción y almacenamiento reducidos de ácidos grasos junto con aumento en la lipólisis (Jarvie *et al*., 2010); también se promueve la acumulación de grasa ectópica en los tejidos placentarios, lo que se asocia con un ambiente placentario lipotóxico (Saben *et al*., 2013; 2014). Zhou *et al*. (2018) observaron que el aumento en el EGD a los 109 días de gestación resultó en una mayor concentración de lípidos placentarios; en este sentido se observó que la placenta de mujeres obesas contenía 50 % más de lípidos que la placenta de mujeres delgadas (Saben *et al*., 2014). En un modelo murino de obesidad materna inducida por una dieta alta en grasas, los lípidos placentarios fueron notablemente más altos que en los controles (Qiao *et al*., 2015). Zhou *et al*. (2018) observaron una asociación negativa entre los lípidos placentarios y el peso del lechón al nacimiento, el peso de la camada al nacimiento y el peso de los lechones al destete. Por el contrario, existía una relación positiva entre el lípido placentario y el número de lechones con peso menor a 800 g; sugiriendo que las cerdas con un EGD de 25 mm o más al final de la gestación resulta en un menor rendimiento de la camada, lo que ejerce un efecto positivo sobre el número de lechones con restricción del crecimiento intrauterino (RCIU), asociado con el ambiente placentario lipotóxico. Otros estudios han demostrado que la obesidad materna aumenta los lipotóxicos en el entorno de la placenta, lo que se asocia con un aumento de la inflamación y el estrés oxidativo (Oliva *et al*., 2012; Saben *et al*., 2014) que, en consecuencia, pueden contribuir al deterioro del desarrollo y la función vascular de la placenta, así como bloqueo del transporte de nutrientes placentarios y alteración del crecimiento fetal.

2.7.2.7. Efecto de la condición corporal en el intervalo destete celo. Se sabe que una adecuada reserva de grasa puede tener un impacto favorable sobre la eficiencia del apareamiento y la fertilidad de las cerdas (Bocian *et al*., 2010). Se ha observado que el

EGD entre 15 y 18 mm al empadre es el nivel recomendado para alcanzar un rendimiento reproductivo óptimo (Dourmad *et al*., 2001). Guedes y Nogueira (2001) observaron que las cerdas de primer parto son más susceptibles a la pérdida de grasa dorsal durante la lactancia que las cerdas multíparas. Es bien sabido que las cerdas primíparas tienden a entrar en un estado catabólico al final de la gestación porque tienen altos requerimientos de energía tanto para sus fetos en desarrollo como para su propio crecimiento y desarrollo (Cole, 1990).

Zak *et al*. (1997) observaron un IDC más prolongado para las cerdas que habían aumentado el catabolismo antes del destete. Houde *et al*. (2010) observaron que el IDC de primer y segundo parto fue ligeramente diferente al de los del tercer parto y más (IDC de 7.04, 5.96 y 5.36 d para los partos 1, 2 y 3 y más, respectivamente). El IDC con aumentos modestos puede tener un efecto significativo en el rendimiento reproductivo posterior de las cerdas; al respecto, se observó una disminución de 1.5 a 2 lechones por camada para un IDC de 7 a 10 d, en comparación con un IDC de menos de 4 d (Le Cozler *et al*. 1998). Houde *et al*. (2010) observaron que el 65 % de las cerdas de primero y segundo parto que tuvieron una mayor movilización de tejido adiposo repitieron celo. Las pérdidas de peso y tejido antes del destete pueden tener gran influencia en el rendimiento reproductivo posterior (Guedes y Nogueira 2001; Thaker y Bilkei 2005). De Rensis *et al*. (2005) observaron que la mayor pérdida de grasa dorsal durante la lactancia se asoció con menor tasa de gestación posterior.

2.7.2.8. Efecto del espesor de la grasa dorsal en el desarrollo de la glándula mamaria. La producción de leche de las cerdas es un factor determinante en la tasa de crecimiento de los lechones lactantes. Puede verse afectada por varios factores y uno que requiere más atención es la condición corporal de las cerdas primerizas. Se sabe que el acondicionamiento de las cerdas nulíparas puede afectar el desempeño reproductivo de por vida y, por lo tanto, la longevidad (Rozeboom, 2015). Se ha sugerido lograr un EGD entre 16 y 19 mm (Tarrés *et al*., 2006) o entre 18 y 20 mm (Yang *et al*., 1989) en el primer parto para optimizar la fertilidad, productividad, supervivencia y reducir la incidencia de problemas en las patas. Un estudio longitudinal realizado en cinco partos con cerdas que mostraban un amplio rango de EGD indicó una ventaja, en términos de rendimiento de por vida, para las cerdas genéticamente más gordas (Lewis y Bunter,

2013). Sin embargo, la obesidad (EGD de 36 mm) tiene un impacto negativo en el desarrollo mamario (Head y Williams, 1991), lo que potencialmente se traduce en una menor producción de leche (Head *et al*., 1991). Farmer *et al*. (2017) sugirieron que es beneficioso para las cerdas primíparas tener un EGD entre 20 a 26 mm al final de la gestación para mostrar un desarrollo mamario óptimo y una mayor ganancia de peso corporal de la camada en la lactancia posterior; sin embargo, el punto de corte exacto no está claro y probablemente se verá afectado por la raza. Cuando se usó un punto de corte de 18 mm de EGD para comparar los rendimientos de lactancia de las cerdas primíparas, y se usó 20 mm como punto de corte para las cerdas multíparas, no se observaron diferencias en la tasa de crecimiento de los lechones (Rekiel *et al*., 2015). Kim *et al*. (2015) compararon rangos pequeños de EGD en el día 109 de gestación y concluyeron que, independientemente de la paridad, la ganancia de peso de la camada aumenta en forma cuadrática con el EGD para alcanzar un punto de corte óptimo entre 17 y 21 mm, por encima del cual no hay más aumento en la ganancia de peso corporal. De hecho, las cerdas con EGD muy alto (> 25 mm) tuvieron camadas con menor ganancia de peso corporal en comparación con las cerdas con EGD de 20 a 24 mm. En general, la información disponible indica que un EGD muy bajo (< 15 mm) o demasiado alto (> 26 mm) al final de la gestación puede conducir a una tasa de crecimiento reducida de los lechones; por lo tanto, mantener una condición corporal moderada parece ser la mejor estrategia.

2.8. Índice de temperatura y humedad (ITH)

El índice de temperatura y humedad es un parámetro que se usa para saber el grado de estrés calórico (EC) que se presenta en el animal. Es decir, este parámetro relaciona la temperatura del aire y la humedad relativa (Licona, 2020). En comparación con otros animales, los cerdos son más sensibles a EC debido a su alta producción de calor metabólico, la deposición rápida de grasa y la falta de glándulas sudoríparas (Baumgard y Rhoads, 2013). Los cerdos experimentan EC cuando la temperatura ambiente excede su zona térmica neutral (16 a 22 °C y 50 a 75% de HR; Botto *et al*., 2014).

2.8.1. Efecto del estrés calórico en la cerda primeriza y su desempeño reproductivo

El EC se refiere a la respuesta biológica a un evento que se percibe como amenaza para mantener la homeostasis; está comúnmente relacionado con una mayor actividad del eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA) y la activación del Sistema Simpático Adreno-Medular (Joseph y Whirledge, 2017). La activación del eje HPA da como resultado la liberación de una variedad de péptidos, principalmente hormona liberadora de corticotropina (CRH) y vasopresina desde el hipotálamo; la secreción de CRH estimula la liberación de la hormona adrenocorticótropa (ACTH) y betaendorfinas. La ACTH induce la secreción de corticosteroides de la corteza suprarrenal, provocando también la liberación de progesterona, posiblemente prostaglandina F2α e incluso inhibina α (Herman *et al*., 2016). Los glucocorticoides estimulan la lipólisis y la gluconeogénesis, lo que conduce a un aumento del metabolismo que promueve la capacidad de afrontar el estrés; la activación del Sistema Nervioso Simpático (SNS) y la médula suprarrenal provocan la liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) en el torrente sanguíneo, lo que ocasiona un aumento en el suministro de glucosa, al acelerar la degradación del glucógeno hepático (Webster y Glaser, 2008).

Se ha observado que las cerdas hiperprolíficas poseen un gran potencial reproductivo, por lo tanto, es necesario optimizar las condiciones ambientales y de manejo en las que se crían (Chansomboon *et al*., 2010 y Tummaruk *et al*., 2010). Sin embargo, hay muchos factores ambientales que afectan la reproducción y el bienestar de las cerdas, incluyendo la temperatura interior, la humedad, la luz y la ventilación (Peltoniemi y Virolainen, 2006; Jardine, 2007).

Como mamífero homeotérmico, la temperatura corporal y la función fisiológica de la cerda se ve afectadas significativamente por la carga de calor ambiental. En concreto, cuando las cerdas sufren EC provocado por la alta temperatura, sus índices fisiológicos y hormonales cambian y empiezan a jadear y alterar su comportamiento para liberar más calor (Ma *et al*., 2023). Sin embargo, el efecto de la alta temperatura en las cerdas primerizas se manifiesta principalmente en el retraso del tiempo de estro y la reducción de la tasa de estro de las primerizas (Ma *et al*., 2023). Por otra parte, el largo IDE de cerdas primíparas en verano se debe a que la capacidad secretora del eje hipotalámico-hipofisario de la cerda es alterada por las altas temperaturas, lo que resulta en una

disminución en la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) (Tantasuparuk *et al*., 2000).

Las cerdas responden al EC con un aumento de la temperatura rectal, la frecuencia respiratoria y la temperatura de la piel, y tienden a reducir su actividad, lo que puede cambiar su composición corporal, aumentando la proporción adiposa respecto de la muscular (Lucy y Safranski, 2017). Por otro lado, las cerdas bajo EC reducen su consumo de alimento, lo que produce un balance energético negativo, pérdida de la condición corporal y problemas reproductivos asociados a una función ovárica inadecuada, que se manifiesta en anestro, expresión débil o irregular del estro, ciclos estrales irregulares, pubertad retrasada, IDC prolongado, mayores tasas de aborto, bajo índice de partos y tamaño pequeño de camada al nacimiento y al destete; así como, una disminución en la producción de leche, que puede afectar negativamente el crecimiento de los lechones durante la lactancia y su peso al destete (Renaudeau *et al*., 2012).

En la etapa temprana de gestación, el EC aumenta la mortalidad embrionaria, aumenta la cantidad de lechones nacidos muertos y reduce el peso de los lechones al nacimiento (Wegner *et al*., 2016; Lucy y Safranski, 2017). La exposición materna al EC parece tener consecuencias duraderas en el desempeño futuro de la descendencia, que pueden influir negativamente en la productividad y rentabilidad de los animales (Mayorga *et al*., 2020).

III. HIPÓTESIS

La condición corporal afecta el desempeño reproductivo de la cerda primeriza hiperprolífica, criada en ambiente cálido.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la condición corporal en el desempeño reproductivo de la cerda primeriza hiperprolífica, criada en ambiente cálido.

4.1.1. Objetivos Específicos

4.1.1.1. Determinar el efecto del espesor de la grasa dorsal al momento del servicio en la tasa de gestación y parto.

4.1.1.2. Determinar el efecto del espesor de la grasa dorsal al momento del primer servicio en el tamaño y peso de la camada al nacimiento.

4.1.1.3. Determinar el efecto del espesor de grasa de dorsal a los 80 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento

4.1.1.4. Determinar el efecto del espesor de la grasa dorsal a los 109 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento y al destete.

4.1.1.5. Determinar el efecto del espesor de grasa dorsal al destete en el intervalo destete a celo.

4.1.1.6. Determinar el efecto del espesor de grasa dorsal al primer servicio en la tasa de desecho.

4.1.1.7. Determinar el efecto del espesor de grasa dorsal al primer servicio en el tamaño y peso de la camada al destete.

4.1.1.8. Determinar el efecto del ITH en el desempeño reproductivo de la cerda.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del área donde se realizó el estudio

El estudio se realizó en la Granja Porcina “La Huerta”, durante el periodo de abril de 2023 a septiembre de 2024. La granja está ubicada en la sindicatura de Culiacancito, Culiacán, Sinaloa, en el noroeste de México, con coordenadas geográficas: 24° 49’ 38’ latitud Norte y 107° 22’ 47’ longitud Oeste, con una altitud de 60 msnm. El clima se clasifica como semiseco muy cálido (BS1(h’)), con temperatura media anual de 24.9 °C, con máximas de 45 ºC en los meses de julio y agosto, y mínimas de 7 °C en diciembre y enero. La precipitación pluvial es de 671.4 mm, con precipitaciones máximas en los meses de julio, agosto y septiembre (García, 2004)



5.2. Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional, prospectivo y comparativo (Méndez *et al*., 1990), en el que se utilizaron 387 cerdas primerizas de la línea PIC Camborough®, que fueron clasificadas en cinco categorías de EGD al momento de primer servicio, a los 80 y 109 días de gestación (≤ 12, 12.5 a 14.5, 15 a 17, 17.5 a 19.5 y ≥ 20 mm); en cuatro categorías de EGD al momento del destete (≤ 10, 10.5 a 11.5, 12 a 13 y ≥ 13.5 mm) y en tres índices

de temperatura y humedad (confort: ITH ≤74, alerta fisiológica: 74< ITH <79, y en peligro fisiológico: 79≤ ITH <84; niveles de estrés propuestos por Mader *et al*. (2006), en el que estuvieron las cerdas durante el ciclo reproductivo.

5.3. Manejo de las cerdas primerizas

Las cerdas primerizas fueron servidas cuando presentaron al menos dos celos observados y tuvieron un peso corporal mínimo de 130 kg. Recibieron tres inseminaciones artificiales post cervicales (IAPC); la primera IAPC fue al momento de la detección del celo y después cada 12 h. Se utilizaron dosis de semen fresco, con 1500 millones de espermatozoides viables en 40 mL de diluyente y adicionadas con 4 UI de oxitocina previo a la IAPC. Las dosis de semen se conservaron entre 15 a 18 °C y no se utilizó ninguna dosis de semen después de 72 h de almacenamiento. Una vez servidas, las cerdas primerizas permanecieron en jaulas de gestación individuales (0.6 x 2.2 m), con piso de concreto. Durante la preñez, las cerdas nulíparas fueron alimentadas una vez al día (0600 h), con 2.0 y 2.5 kg de alimento diario de los 0 a 50 y 51 a 80 días de gestación (día 0 = día de la primera IAPC), respectivamente; con una dieta de maíz y pasta de soya (2,900 kcal de EM/kg, 14 % de PC y 0.77 % de lisina). Desde los 81 hasta los 109 días de gestación recibieron 3.0 kg de alimento (3,153 kcal de EM/kg, 17.0 % de PC y 0.9 % de lisina), con una reducción gradual de la cantidad suministrada, de 3 kg (cinco días antes de la fecha probable de parto) a un kg (un día antes de la fecha probable de parto).

Las cerdas fueron trasladadas a la sala de maternidad cuatro días antes de la fecha probable de parto. Las salas de parto contaron con jaulas de maternidad (1.5 x 2.2 m), que contempla área para la cerda (0.6 x 2.2 m) y área lechonera a cada costado (0.45 x 2.2 m); equipada con fuente de calor (lámpara), bebederos de chupón metálicos, comederos para servir alimento manualmente, y piso de rejilla de plástico. Las salas contaron de ventilación forzada y mangueras con goteros sobre la cabeza de la cerda. Las cerdas fueron alimentadas de acuerdo con la demanda de alimento, con servidas múltiples al día.

5.4. Registro de la información

La medición del EGD fue realizado por el equipo de investigación. La recopilación de la información de las variables estudiadas se realizó por el equipo de investigación con la ayuda del personal de la granja. El EGD se midió al momento del primer servicio, a los 80 d, 109 d de gestación y al momento del destete. La medición del EGD se realizó a nivel de la última costilla, aproximadamente 6 a 8 cm de la línea media (P2), mediante ultrasonografía en modo A (Renco lean meter—Renco Corporation, Minneapolis, MN), en ambos lados de la hembra (Tummaruk *et al*., 2007).

El diagnóstico de preñez se realizó mediante retorno al estro (tres semanas post IAPC) y por ecografía a los 35 d post IAPC. La tasa de parto se calculó con base en las cerdas primerizas servidas en razón a las que llegaron a parto.

Se supervisaron los partos. Los LNV se contaron y pesaron individualmente dentro de las 12 h posteriores al nacimiento. Los LNM y los fetos momificados se contaron e incluyeron en el total de lechones nacidos. Al momento del destete se registró el número de lechones destetados/cerda, peso individual del lechón y el peso de la camada. Se registró la fecha de destete de la cerda, así como la presentación de celo posdestete y con base en esa información se determinó el intervalo destete-celo.

Para determinar el índice de temperatura y humedad (ITH) en el que estuvieron las cerdas durante el ciclo reproductivo se registró la fecha de servicio, fecha de parto y fecha de destete. Con base en la información del tiempo, registrado en la Estación Meteorológica de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa (https://www.uas.edu.mx/servicios/clima/), ubicada a 20 km del lugar donde se realizó el estudio, se determinó el ITH con la fórmula propuesta por Mader *et al.* (2006).

5.5. Análisis estadístico

Los datos en los grupos de clasificación de EGD se probaron para normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov corregida por Lilliefors (Lilliefors, 1967) para n ≥ 50 datos mediante la librería nortest en el paquete R (Gross y Ligges, 2015), o Shapiro-Wilk

(n < 50) en el paquete base de R, y homogeneidad de las varianzas con la prueba de Levene de la librería car (Fox y Weisberg, 2019).

A los datos de total de lechones nacidos (TLN), lechones nacidos vivos (LNV), lechones nacidos muertos (LNM), peso del lechón al nacimiento (PLN), peso de la camada al nacimiento (PCN), lechones destetados (LD), peso del lechón al destete (PLD), peso de la camada al destete (PCD) e intervalo destete-celo (IDC), se le aplicó un análisis de la varianza con el procedimiento para modelos lineales generales (GLM) en SAS 9.0 (SAS, 2002), con el siguiente modelo lineal general: $\boldsymbol{y_{ij} = \mu + EGC_i + \varepsilon_{ij}}$; donde: y_{ij} = la variable de respuesta; μ = la media general; EGC_i = el efecto del nivel del grupo de clasificación (EGD o ITH) y ε_{ij} = el error aleatorio. La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Para evaluar la tendencia en la respuesta de la pérdida de espesor de grasa dorsal durante el periodo de lactancia, se utilizó regresión lineal simple. A los datos de tasa de gestación y de parto se les aplicó análisis de ji-cuadrada (χ^2). El nivel de alfa para considerar diferencia estadística entre medias o asociación entre categorías fue máximo de 0.05. Se consideró una tendencia estadística cundo el nivel de alfa fue ≤ 0.15. La unidad observacional fue la cerda. Los resultados se presentan con media ± desviación estándar o porcentajes para las tasas.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del efecto del EGD en la tasa de gestación y parto de la cerda primeriza se presentan en el Cuadro 1. El EGD de la cerda al momento del servicio no modificó la tasa de gestación, tasa de parto y tasa de desecho al primer parto; la tasa general en las cerdas estudiadas fue de 93.54, 76.74 y 41.08 %, respectivamente. Los resultados del presente estudio son similares a lo informado por Amaral Filha *et al*. (2010), quienes no observaron efecto del EGD (10 a 15, 16 a 17 y 18 a 23 mm) al momento del primer servicio sobre la tasa de parto (90.4, 92.6 y 92.1 %), respectivamente. El menor porcentaje de cerdas primerizas que llegaron a parto en el presente estudio, respecto de lo observado por los autores anteriores, pudo deberse a diferentes condiciones climáticas en las que estuvieron las cerdas durante el periodo de estudio. En el presente estudio, las cerdas estuvieron la mayor parte del ciclo reproductivo en un índice de temperatura y humedad superior a 74 (74 < ITH ≤ 84.22; Cuadro 6); lo que, de acuerdo con Mader *et al*. (2006), indica que las cerdas estuvieron en un nivel de estrés desde alerta a emergencia fisiológica. La tasa de desecho al primer parto es similar a la informada por Masaka *et al.* (2014), quienes observaron una tasa de descarte del 38.5 % de las cerdas primíparas. En otros estudios, se ha observado que la frecuencia de descarte por razones reproductivas fue mayor durante las estaciones cálidas y húmedas; lo que se ha atribuido a la infertilidad estacional (Auvigne *et al*., 2010; Bertoldo *et al*., 2012).

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del efecto del EGD al primer servicio en el tamaño y peso de la camada al nacimiento. Las cerdas primerizas que llegaron a parto recibieron su primer servicio cuando tenían un EGD promedio de 10.85 ± 1.01, 13.54 ± 0.69, 15.95 ± 0.74, 18.20 ± 0.69 y 21.52 ± 1 mm, de acuerdo con el grupo en el que fueron clasificadas. El EGD no modificó el número total de lechones nacidos, nacidos vivos, el peso de la camada al nacimiento, lechones destetados y peso de la camada al destete. Więcek *et al*. (2023), observaron que las cerdas primerizas con EGD ≤10 mm al momento del primer servicio tuvieron más lechones nacidos vivos y criados hasta los 21 días de edad por camada frente a las cerdas con EGD >10 mm; sin embargo, tuvieron una mayor tasa de desecho, una vida en el hato tres meses menor y parieron menos camadas y lechones en su vida productiva; lo que indica que el nivel de reservas de grasa

determinado *In vivo* en cerdas primerizas puede constituir una información preliminar sobre el potencial reproductivo de éstas y su predisposición a la longevidad. Por su parte, Roongsitthichai y Tummaruk (2014) indicaron, que, para lograr un buen rendimiento en los ciclos reproductivos posteriores, las cerdas primerizas deben tener un EGD de 18 a 23 mm en la primera inseminación, mientras que las reservas de grasa deben monitorearse durante la vida productiva para prevenir la pérdida excesiva de grasa. Fernández de Sevilla *et al*. (2008), determinaron un rango de EGD, al final del período de crecimiento de las cerdas primerizas Duroc, de 16 a 19 mm como el rango óptimo. Además, observaron que las cerdas con un EGD de más de 19 mm mostraron un mayor riesgo de descarte debido a un bajo rendimiento reproductivo. Estos estudios muestran que, para optimizar la longevidad de las cerdas, el EGD debe monitorearse al final del período de crecimiento, evitando valores no solo inferiores a 16 mm, sino también que no sean superiores a 19 mm. Según Serenius *et al*. (2006), un elemento importante para asegurar una larga vida productiva para las cerdas es monitorear los parámetros que influyen positivamente en su apetito y consumo de alimento, porque el consumo de alimento y la pérdida de tejido graso durante la lactancia son los principales factores asociados con la longevidad de las cerdas. En tanto que, Lavery *et al.* (2019) enfatizaron la necesidad, en los hatos actuales, de monitorear el peso corporal de las cerdas y el EGD en ciclos de producción sucesivos como posibles indicadores de productividad. Según Hu *et al*. (2016), el peso corporal, la edad al primer apareamiento y el EGD influyen en la longevidad de las cerdas; por lo tanto, estos autores recomendaron aparear cerdas jóvenes con un EGD de aproximadamente 18 mm para cerdas Yorkshire y de 10.6 a 13 mm para cerdas Landrace, lo que indica diferencias en la respuesta al EGD entre los diferentes genotipos.

Sobczyńska y Blicharski (2015), observaron que al seleccionar cerdas primerizas con un índice de rendimiento muy alto (crecimiento rápido, alta carnosidad, bajo EGD) como futuras madres, se puede esperar un buen rendimiento reproductivo en camadas individuales pero una vida reproductiva corta de las cerdas. Esto es antieconómico; ya que, según un estudio de Stalder *et al*. (2003), los costos de criar y mantener una cerda primeriza se recuperan después de que haya parido de 3 a 4 camadas. Por otro lado, el aumento de peso corporal de las hembras primerizas en la madurez reproductiva se

asocia con mayores requisitos de alojamiento (McGlone *et al*. 2004), mientras que la reducción del EGD resulta en una menor tolerancia a las deficiencias nutricionales y a los cambios ambientales y de alojamiento. Además, como resultado de una mayor carnosidad y menores reservas de grasa, la condición corporal de las cerdas se deteriora (Young y Aherne, 2005).

Las cerdas primerizas con EGD entre 12.5 a 14.5 mm tuvieron lechones más pesados respecto de las cerdas que tuvieron 17.5 a 19.5 mm (1.36 ± 0.21 *vs.* 1.27 ± 0.21 kg; $p \leq 0.05$); aunque el tamaño de la camada no fue modificado por el EGD al primer servicio, el número de lechones nacidos vivos fue menor numéricamente en las cerdas con EGD entre 12.5 a 14.5 mm, lo que puede estar asociado con un mayor peso del lechón al nacimiento (Cuadro 2). Al respecto se sabe, que la cría de cerdas altamente productivas provoca un aumento en el número de lechones nacidos (Koketsu *et al*., 2017). Sin embargo, un gran número de lechones nacidos provoca una disminución del peso al nacer y una mayor variación intra camada (Charneca *et al*., 2021; Peltoniemi *et al*., 2021; Nam y Sukon, 2022); lo anterior, puede explicar la razón del mayor peso al nacimiento observado en los lechones de las cerdas que tuvieron menos lechones por camada.

Las cerdas primerizas con EGD entre 15 a 17 mm al momento del servicio (Cuadro 2) tuvieron menos lechones nacidos con un peso ≤ 800 g respecto de aquellas con EGD de 17.5 a 19.5 mm (0.5 ± 1.0 *vs.* 1.1 ± 1.4; $p \leq 0.05$). Es sabido, que el EGD durante el último tercio de gestación y la capacidad uterina pueden afectar la variación del peso del lechón al nacimiento dentro de la camada. Si bien, las cerdas hiperprolíficas pueden parir camadas numerosas, la condición corporal de la cerda durante la gestación pueden afectar el tamaño y peso de la camada al nacimiento (Zhou *et al*., 2018); también, el espacio uterino y el aporte de fluidos corporales limitados (Pardo *et al*., 2013; Madsen y Bee; 2015; Langendijk *et al*., 2016) pueden afectar el desarrollo fetal. Se ha observado, que cuando el número de fetos supera la capacidad normal del útero, cada lechón adicional provoca una disminución del crecimiento fetal individual (Ward *et al*., 2020). Como resultado, un mayor tamaño de camada está estrechamente relacionado con lechones que nacen con bajo peso (Madsen y Bee, 2015; Schmitt *et al*., 2019); lo que indica, que además del efecto que pudiera tener el EGD sobre el nacimiento de lechones livianos, también la capacidad uterina es determinante.

Las cerdas primerizas con EGD ≥20 mm tuvieron menos LNM que las cerdas con EGD ≤ 12, 15 a 17 y 17.5 a 19.5 mm (1.2 *vs.* 2.2, 2.3 y 2.2; p = 0.03), respectivamente (Cuadro 2). La diferencia en esta variable pudiera deberse también al EGD dorsal de la cerda durante el último tercio de gestación (Cuadro 4). En contraste con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se ha observado que el porcentaje mayor de LNM proviene de las cerdas primerizas con un EGD entre18 a 23 mm en el primer servicio que el de aquellas con un EGD con 10 a 15 mm (8.7 ± 0.83 % *vs.* 5.5 ± 0.61 %) (Amaral Filha *et al*., 2010). También, se ha observado que las cerdas con excesivo EGD podrían parir más LNM (Roongsitthichai *et al*., 2010). Debido a que el porcentaje máximo aceptable de LNM debe ser inferior al 7 % (Muirhead y Alexander, 2000), se debe tener en cuenta el porcentaje de LNM de las cerdas primerizas con alto EGD. El fenómeno de un número sustancial de LNM podría deberse al problema de la obstrucción del canal de parto por la acumulación de grasa, lo que causa dificultad en el parto (Muirhead y Alexander, 2000). Además, el exceso de EGD al final de la gestación se asocia a disgalactia posparto, dificultades de locomoción y mayor tasa de sacrificio de las cerdas (Dourmad *et al*., 2001).

Cuadro 1. Efecto del espesor de grasa dorsal al momento del primer servicio en la tasa de gestación y parto.

Variable	Espesor de grasa dorsal, mm					Valor de p
	≤12	12.5-14.5	15-17	17.5-19.5	≥20	
Cerdas, n	94	108	99	46	40	
EGD, mm	10.8±1.0[a]	13.6±0.7[b]	15.9±0.7[c]	18.3±0.7[d]	21.9±2.3[e]	0.01
Cerdas gestantes, n	86	104	92	41	39	
Tasa de gestación, %	91.49	96.29	92.92	89.13	97.6	0.33*
Cerdas paridas, n	75	85	74	35	28	
Tasa de parto, %	79.78	78.70	74.74	76.08	70.00	0.74*
Cerdas desechadas, n	32	43	44	21	19	
Tasa de desecho, %	34.04	39.81	44.44	45.65	47.50	0.47*

[a-e] Literales diferentes en renglón, indican diferencia estadística (Tukey; $p \leq 0.05$); *Ji-cuadrada ($p \leq 0.05$)

En el Cuadro 3 se muestra el efecto del EGD a los 80 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento. El EGD a los 80 d de gestación no modificó LNT, PLN, ni el número de lechones con un peso ≤ 800 g. Sin embargo, las cerdas con un EGD ≤ 12 mm tendieron a tener menos lechones nacidos vivos (11.71 *vs.* 12.91, 13.15, 13.00 y 13.24; p = 0.11), más lechones nacidos muertos (2.44 *vs.* 1.82, 1.59, 2.40 y 1.38; p = 0.06) y menor peso de la camada al nacimiento (15.4 *vs.* 17.3, 17.0, 16.6 y 17.3 kg; p =

0.08) frente a las cerdas con EGD de 12.5 a 14.5, 15 a 17, 17.5 a 19.5 y ≥ 20 mm, respectivamente. El EGD a los 109 días de gestación no modificó el tamaño y peso de la camada al nacimiento (Cuadro 4). Lo que sugiere, que es más importante lograr un adecuado EGD en la cerda al inicio del último tercio de gestación, ya que durante la última etapa de gestación los fetos tienen mayor demanda energética para su crecimiento (Tummaruk *et al*., 2000a, 2001; Maes *et al*., 2004; Tummaruk *et al*., 2007; Houde *et al*., 2010).

Cuadro 2. Efecto del espesor de grasa dorsal al momento del primer servicio en el tamaño y peso de la camada al nacimiento y al destete.

Variable	Espesor de grasa dorsal, mm					Valor de
	≤12	12.5-14.5	15-17	17.5-19.5	≥20	*p*
Cerdas, n	75	85	74	35	28	
EGD, mm	10.85±1.01^{a}	13.54±0.69^{b}	15.95±0.74^{c}	18.20±0.69^{d}	21.52±1.79^{e}	0.01
LNT, n	14.84±2.80	14.04±3.58	15.31±2.76	15.03±3.10	14.61±3.36	0.13
LNV, n	12.61±2.99	12.49±3.84	13.05±3.35	12.91±3.14	13.46±3.58	0.66
PLN, kg	1.31±0.15^{ab}	1.36±0.20^{a}	1.30±0.17^{ab}	1.27±0.21^{b}	1.29±0.17^{ab}	0.05
LN <800 g, n	0.80±1.20^{ab}	0.76±1.27^{ab}	0.55±1.03^{a}	1.09±1.44^{b}	0.71±0.85^{ab}	0.05
LNM, n	2.23±2.25^{b}	1.53±2.16^{ab}	2.26±2.50^{b}	2.11±2.18^{b}	1.14±1.33^{a}	0.03
PCN, kg	16.61±3.46	16.83±4.46	16.74±4.16	16.32±4.43	17.46±5.03	0.86
LD, n	11.07±1.58	10.81±1.74	10.78±1.47	10.54±1.95	11.37±2.11	0.30
PCD, kg	63.31±11.07	62.30±11.45	60.01±10.37	60.56±12.04	60.53±13.61	0.43

$^{a-e}$ Literales diferentes en renglón, indican diferencia estadística (Tukey; $p \leq 0.05$). LNT= Total de lechones nacidos; LNV = Lechones nacidos vivos; PLN= Peso del lechón al nacimiento; LN= Lechón nacido; LNM = Lechones nacidos muertos; PCN = Peso de la camada al nacimiento; LD = Lechones destetados; PCD= Pesos de la camada al destete.

De acuerdo con los resultados de este estudio, la cerda debe lograr entre 13 y 22 mm de EGD a los 80 días de gestación para tener un mayor tamaño y peso de la camada al nacimiento. Sin embargo, las cerdas primerizas con EGD de 17.5 a 19.5 mm a los 109 días de gestación tendieron a tener lechones con mayor peso al destete, respecto de las cerdas con EGD ≤ 12, 12.5 a 14.5, 15 a 17 y ≥ 20 mm (5.90 vs. 5.65, 5.72, 5.66 y 5.27; $p = 0.08$). Al igual que durante el último tercio de gestación, en el periodo de lactación la cerda demanda una alta cantidad de energía para la producción de leche y manutención de una camada numerosa, lo que requiere que la cerda tenga la suficiente reserva energética para no perder condición corporal y pueda retornar a estro en un intervalo corto después del destete. Se ha sugerido lograr un EGD entre 16 y 19 mm (Tarrés *et al*., 2006) o entre 18 y 20 mm (Yang *et al*., 1989) en el primer parto para optimizar la fertilidad,

productividad, supervivencia y reducir la incidencia de problemas en las patas. Por su parte, Farmer *et al*. (2017) sugirieron un EGD entre 20 a 26 mm al final de la gestación para mostrar un desarrollo mamario óptimo y mayor ganancia de peso corporal de la camada en la lactancia posterior; sin embargo, indicaron que el punto de corte exacto no está claro y probablemente se verá afectado por la raza. En otro estudio, cuando se usó un punto de corte de 18 mm de EGD para comparar los rendimientos de lactancia de las cerdas primíparas, y 20 mm como punto de corte para las cerdas multíparas, no se observaron diferencias en la tasa de crecimiento de los lechones (Rekiel *et al*., 2015). Kim *et al*. (2015), compararon rangos pequeños de EGD en el día 109 de gestación y concluyeron que, independientemente de la paridad, la ganancia de peso de la camada aumenta en forma cuadrática con el EGD para alcanzar un punto de corte óptimo entre 17 y 21 mm, por encima del cual no hay más aumento en la ganancia de peso corporal. De hecho, las cerdas con EGD muy alto (> 25 mm) tuvieron camadas con menor ganancia de peso corporal en comparación con las cerdas con EGD de 20 a 24 mm, lo que es congruente con los resultados del presente estudio. Además, observaron que un aumento en el EGD en la cerda en el día 109 de gestación se asoció con un incremento lineal en la cantidad de grasa dorsal desde el destete hasta el día 109 de la siguiente gestación. Otro estudio reveló que los LNV de cerdas primerizas con 19 mm de EGD a los 110 días de gestación tuvieron mayor tasa de crecimiento durante la lactancia (214.3 *vs.* 202.4 g/día; p = 0.05), junto con un mayor peso al destete (7.43 *vs*. 7.03 kg; p = 0.04), que aquellos nacidos de primerizas con 14.4 mm de EGD (Amdi *et al*., 2013). En un estudio reciente, Mun *et al*. (2024), observaron que el peso de la camada fue similar en cerdas con un EGD entre 16 y 20.5 mm al final de la gestación. Los resultados del presente estudio indican que un EGD entre 17.5 a 19.5 mm al final de la gestación tiene un efecto positivo sobre el peso de la camada destetada por la cerda primípara. Sin embargo, las cerdas con mayor EGD a los 109 días de gestación redujeron la grasa dorsal durante la lactancia de forma lineal (2.38, 3.40, 4.54, 5.28, y 7.68 mm; p = 0.0001), para las categorías de EGD de ≤ 12, 12.5 a 14.5, 15 a 17, 17.5 a 19 y ≥ 20 mm, respectivamente (Cuadro 5); lo que puede estar asociado a una mayor producción de leche y disminución en el consumo de alimento en las cerdas con mayor EGD; esto último, sobre todo en las cerdas con un EGD ≥20 mm al final de la gestación, ya que esto no estuvo asociado con

un mayor peso del lechón al destete. En una revisión realizada por Romo *et al.* (2025), concluyeron que un EGD menor de 15 mm o mayor de 26 mm al final de la gestación puede afectar el desempeño reproductivo de la cerda.

Cuadro 3. Efecto del espesor de grasa dorsal a los 80 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento.

Variable	Espesor de grasa dorsal, mm					Valor de *p*
	≤12	12.5-14.5	15-17	17.5-19.5	≥20	
Cerdas, n	55	78	85	50	29	
EGD, mm	11.15±0.94[a]	13.71±0.61[b]	15.89±0.74[c]	18.25±0.63[d]	20.89±1.63[e]	0.01
LNT, n	14.15±3.32	14.73±2.62	14.74±3.24	15.40±3.73	14.63±2.83	0.38
LNV, n	11.71±3.55	12.91±3.23	13.15±3.10	13.00±3.86	13.24±3.40	0.11
PLN, kg	1.32±0.18	1.34±0.17	1.31±0.19	1.28±0.18	1.32±0.18	0.62
LN ≤800 g, n	0.91±1.34	0.58±1.00	0.71±1.12	0.92±1.38	0.76±1.12	0.46
LNM, n	2.44±2.58	1.82±2.20	1.59±1.65	2.40±2.76	1.38±1.84	0.06
PCN, kg	15.34±3.92	17.36±4.11	16.96±3.65	16.63±5.20	17.30±4.08	0.08

[a-e] Literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística (Tukey; p ≤ 0.05); EGD= Espesor de grasa dorsal; LNT= Total de lechones nacidos; LNV = Lechones nacidos vivos; PLN= Peso del lechón al nacimiento; LN= Lechón nacido; LNM = Lechones nacidos muertos; PCN = Peso de la camada al nacimiento.

Cuadro 4. Efecto del espesor de grasa dorsal a los 109 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento.

Variable	Espesor de grasa dorsal, mm					Valor de *p*
	≤12	12.5-14.5	15-17	17.5-19.5	≥20	
Cerdas, n	53	88	94	41	21	
EGD, mm	10.92±1.07[a]	13.60±0.62[b]	15.93±0.74[c]	18.33±0.63[d]	21.61±2.56[e]	0.01
LNT, n	14.81±3.08	14.88±3.23	14.61±3.06	14.34±3.19	15.19±3.37	0.84
LNV, n	12.55±3.33	12.89±3.71	12.82±3.16	12.80±3.39	13.05±3.58	0.98
PLN, kg	1.33±0.17	1.31±0.18	1.32±0.17	1.33±0.22	1.27±0.18	0.68
LN <800 g, n	0.77±1.02	0.85±1.38	0.60±1.0	0.80±1.31	0.90±1.22	0.61
LNM, n	2.26±2.24	1.99±2.41	1.79±2.05	1.54±1.86	2.14±2.87	0.54
PCN, kg	16.46±4.29	17.05±4.10	16.79±4.22	16.65±4.44	16.25±3.95	0.91
LD, n	10.96±1,90	10.99±1.72	10.73±1.42	11.0±1.88	10.80±1.60	0.80
PLD, kg	5.65±0.94[ab]	5.72±0.74[ab]	5.66±0.71[ab]	5.90±1.0[a]	5.27±0.77[b]	0.08

[a-e] Literales diferentes en renglón, indican diferencia estadística (Tukey; *p* ≤0.05); EGD= Espesor de grasa dorsal; LNT= Total de lechones nacidos; LNV = Lechones nacidos vivos; PLN= Peso del lechón al nacimiento; LN= Lechón nacido; LNM = Lechones nacidos muertos; PCN = Peso de la camada al nacimiento; PLD = Peso del lechón al destete.

Cuadro 5. Pérdida de EGD durante la lactancia respecto de la condición corporal a los 109 días de gestación

Variable	Espesor de grasa dorsal a los 109 d de gestación, mm					Valor de *p*
	≤12	12.5-14.5	15-17	17.5-19.5	≥20	
Cerdas, n	50	81	88	40	20	
EGD a 109 d de gestación mm	10.87±1.08[a]	13.56±0.62[b]	15.92±0.75[c]	18.30±0.61[d]	21.53±2.47[e]	0.0001
EGD al destete, mm	8.49±1.18[a]	10.16±1.38[b]	11.38±1.60[c]	13.01±1.53[d]	13.85±2.84[d]	0.0001
EGD reducido en la lactancia, mm**	2.38±1.15[a]	3.40±1.36[b]	4.54±1.165[c]	5.28±1.48[c]	7.68±2.12[d]	0.0001

[a-e] Literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística (Tukey; $p \leq 0.05$). **Efecto lineal ($p < 0.0001$); LNT= Total de lechones nacidos; LNV = Lechones nacidos vivos; PLN= Peso del lechón al nacimiento; LN= Lechón nacido; LNM = Lechones nacidos muertos; PCN = Peso de la camada al nacimiento; LD = Lechones destetados; PCD= Pesos de la camada al destete.

Los resultados del efecto del EGD en el intervalo destete celo en la tasa de presentación de celo antes de 10 d posdestete, así como en la tasa de desecho posdestete de las cerdas primíparas se muestran en el Cuadro 6. Las cerdas primíparas con EGD ≥ 13.5 mm al momento del destete tuvieron menor tasa de desecho posdestete (10.2 *vs*. 23.2, 16.2, 22.9 %; $p < 0.05$); así como, mayor tasa de presentación de celos dentro de los primeros 10 d posdestete (94.3 *vs.* 68.7, 73.7 y 80.8 %; $p < 0.05$), respecto de las cerdas destetadas con EGD ≤ 10, 10.5 a 11.5 y 12 a 13 mm. Al respecto, Zak *et al*. (1997) observaron un IDC más prolongado en las cerdas que habían aumentado el catabolismo antes del destete. Además, De Rensis *et al*. (2005) observaron que la mayor pérdida de grasa dorsal durante la lactancia se asoció con menor tasa de gestación posterior. Mun *et al*. (2024), observaron efecto del EGD antes del parto (< 17.00, 17.00 a 17.99, 18.00 a 18.99 y ≥ 19.00 mm; $p \leq 0.05$) sobre el IDC (7.17 ± 0.218, 6.25 ± 0.218, 5.31 ± 0.218 y 5.00 ± 0.218 d), respectivamente; siendo las de mayor EGD las que tuvieron menor IDC. Las pérdidas de peso y tejido antes del destete pueden tener gran influencia en el rendimiento reproductivo posterior (Guedes y Nogueira 2001; Thaker y Bilkei 2005). Se ha sugerido que un EGD entre 15 y 18 mm al empadre es el nivel adecuado para alcanzar un rendimiento reproductivo óptimo (Dourmad *et al*., 2001).

La temperatura ambiental, humedad relativa y el índice de temperatura y humedad (ITH) en el que estuvieron las cerdas durante el estudio se muestran en el Cuadro 7. La temperatura ambiental promedio durante el periodo de estudio fue de 26.9 °C, con una humedad relativa promedio del 68 % (ITH = 76.42; lo que indica un nivel de estrés en alerta fisiológica). Los meses de junio a septiembre, donde ocurre la mayor precipitación pluvial en la zona geográfica donde se realizó el estudio, se registró una temperatura promedio de 30.5 °C y una humedad relativa de 74 % (ITH = 82.7; peligro fisiológico) y durante el resto del año (octubre a mayo) la temperatura promedio fue de 23.6 °C y una

humedad relativa de 65.14 % (ITH = 71.2; confort); lo que indica, que las cerdas estuvieron durante al menos cuatro meses, en estrés calórico permanente; sin considerar, que en los meses frescos del año la temperatura se eleva entre las 1100 y 1700 h, periodo durante el cual la cerda sale de su zona de confort, pero puede ser compensado durante el resto del día.

Cuadro 6. Efecto del espesor de grasa dorsal al destete de cerdas primíparas en el intervalo destete celo y tasa de presentación de celo.

Variable	Espesor de grasa dorsal, mm				Valor de *p*
	≤10	10.5-11.5	12-13	≥13.5	
Cerdas destetadas, n	112	68	61	39	
EGD, mm	8.8±1.0[a]	10.9±0.4[b]	12.4±0.4[c]	14.7±1.3[d]	0.01
Cerdas servidas posdestete, n	86	57	47	35	
Cerdas desechadas posdestete, n	26	11	14	4	
Tasa de desecho posdestete, %	23.2[a]	16.2[ab]	22.9[ab]	10.2[b]	0.05*
Intervalo destete celo	11.55±10.8	10.14±8.9	9.77±12.9	6.74±8.5	0.16
Intervalo destete-celo <10 d	5.2±0.9	5.4±1.2	4.9±1.3	4.9±1.3	0.19
Tasa de celo en el IDC <10 d, n (%)	59 (68.7)[a]	42 (73.7)[a]	38 (80.8)[a]	33 (94.3)[b]	0.05*

[a-d] Literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística (Tukey; $p \leq 0.05$) (*Ji-cuadrada; $p \leq 0.05$).

El estrés térmico se define como el exceso de la temperatura crítica por encima de la zona termoneutral (Black *et al*., 1993). Se ha observado que los cerdos experimentan estrés calórico cuando la temperatura ambiente excede su zona térmica neutral (16 a 22 °C y 50 a 75 % de HR; Botto *et al*., 2014). Sin embargo, Bloemhof *et al*. (2013) estimaron en 21.7 °C el umbral para el número total de lechones nacidos y en 19.2 °C para la tasa de partos. Incluso en condiciones templadas, este umbral se supera en las granjas convencionales durante los meses de verano (Wegner *et al*., 2014). Sin embargo, la temperatura por sí sola no describe suficientemente el entorno climático de un animal (Nardone *et al*., 2006). Dentro de la zona termoneutral, la humedad relativa es insignificante, pero se convierte en un factor determinante en condiciones de estrés térmico (Huynh *et al*., 2005). Para describir los efectos ambientales en el animal, se han desarrollado varios índices, incluido el índice de temperatura-humedad (ITH), que se aplican ampliamente (Dikmen y Hansen, 2009; Brügemann *et al*., 2012). Sin embargo, los efectos se describen principalmente en el ganado lechero y son muy limitados en el ganado porcino. En el presente estudio se utilizó el ITH propuesto por Mader *et al*. (2006).

Los resultados del estudio indican que el ITH en el que estuvieron las cerdas primerizas 5 días antes y 15 días después del servicio no afectó la tasa de gestación (Cuadro 8). Sin embargo, las cerdas primerizas que estuvieron en estado de confort (ITH ≤74) y alerta fisiológica (74< ITH <79) desde los 80 a 109 días de gestación, tuvieron una tasa de parto mayor (Cuadro 9), respecto de aquellas que estuvieron en peligro fisiológico (79≤ ITH <84) (87.41 y 83.83 *vs.* 63.79 %; $p = 0.003$). La tasa de descarte posdestete también fue menor en las cerdas que estuvieron en estado de confort y alerta fisiológica respecto de aquellas que estuvieron en peligro fisiológico en el último tercio de gestación (29.37 y 36.36 *vs.* 52.87 %; $p = 0.0001$); lo anterior indica, que la cerda es más sensible al estrés calórico durante el último tercio de gestación.

El efecto del ITH entre los 80 a 109 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento se muestran en el Cuadro 10. Las cerdas primerizas que estuvieron en peligro fisiológico tuvieron una tendencia a tener más lechones nacidos totales respecto de cerdas que estuvieron en confort y alerta fisiológica (15.24 *vs.* 14.26 y 14.64; $p = 0.051$). Sin embargo, las cerdas primíparas que estuvieron en confort (ITH ≤74) tendieron a tener lechones más pesados que aquellas que estuvieron en alerta y peligro fisiológico (1.340 *vs.* 1.298 y 1.295 kg; $p = 0.09$), respectivamente.

Los resultados del efecto del ITH durante la lactancia en el desempeño después del parto se muestran en el Cuadro 11. Las cerdas primíparas que estuvieron en confort (ITH ≤74) tuvieron más lechones destetados respecto de aquellas que estuvieron en alerta y peligro fisiológico (11.31 *vs.* 10.52 y 10.48; $p = 0.0002$); las cerdas en confort y alerta fisiológica tuvieron menor pérdida de grasa dorsal respecto de las que estuvieron en peligro fisiológico (3.5 y 4.08 *vs.* 5.21 mm; $p = 0.001$), con efecto lineal ($p < 0.0001$). La tasa de descarte posdestete tendió a ser menor en la cerdas que estuvieron en estado de confort durante la lactancia respecto de las que estuvieron en alerta y peligro fisiológico (16.08 *vs.* 26.66 y 28.26 %; $p = 0.06$); sin embargo, la tasa de presentación de celo posdestete con un IDC menor a 10 d fue mayor en las cerdas que estuvieron en alerta y peligro fisiológico durante la lactancia respecto de las que estuvieron en estado de confort (90.91 y 75.76 *vs.* 62.85 %; $p = 0.03$). El ITH no afectó el peso del lechón al destete.

Las altas temperaturas ambientales tienen efectos negativos en el rendimiento reproductivo de las cerdas (Almond y Bilkei, 2005; Auvigne *et al*., 2010; Bloemhof *et al*.,

2013). Las mejoras en el rendimiento reproductivo de las cerdas observadas en los últimos años (Boulot *et al*., 2008), ha elevado la producción de calor metabólico de las cerdas; por lo que, éstas son más sensibles a los efectos del estrés térmico, incluso en condiciones de clima templado (Bloemhof *et al*., 2013). Ante el cambio climático previsto por el Panel de Expertos en Cambio Climático (IPCC, 2007), las temperaturas están aumentando a nivel mundial y la incidencia de olas de calor es cada vez más probable. Las olas de calor, en particular, tienen posibles efectos perjudiciales en la salud, el bienestar y la productividad animal (Renaudeau *et al*., 2012; Sanker *et al*., 2013).

Cuadro 7. Índice de temperatura y humedad (ITH) en el que estuvieron las cerdas durante el periodo de estudio.

Mes	2023			2024		
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
E	20.21	69.53	66.81	20.58	68.37	67.28
F	20.22	66.75	66.66	20.94	70.01	67.93
M	21.99	63.86	69.04	21.87	61.32	68.68
A	24.44	60.24	72.21	24.83	53.59	72.05
M	27.53	55.09	75.86	28.12	56.05	76.79
J	29.72	67.46	80.72	30.12	71.15	81.88
J	30.88	74.30	83.55	30.88	74.30	83.55
A	30.34	75.65	82.93	30.34	75.65	82.93
S	31.05	76.68	84.22	31.05	76.68	84.22
O	25.46	71.20	74.85	25.46	71.20	74.85
N	25.46	71.20	74.85	25.46	71.20	74.85
D	22.48	66.36	69.94	22.48	66.36	69.94

Nota. La temperatura y humedad relativa fueron tomadas de la estación meteorológica de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada a 20 km del lugar donde se realizó el estudio. Fuente: López *et al*. (2025).

Almond y Bilkei (2005) y Suriyasomboon *et al.* (2006), observaron una reducción del tamaño de la camada en cerdas con estrés térmico. Sin embargo, el momento del estrés térmico juega un papel importante. Bloemhof *et al.* (2013), observaron que el periodo comprendido entre 7 días antes y 12 días después de la inseminación tuvo el mayor efecto en el número total de lechones nacidos. Asimismo, Omtvedt *et al.* (1971), observaron que los efectos del estrés térmico eran mayores entre los 8 y los 16 días posteriores al servicio, concluyendo que la implantación era el período más sensible. En el estudio presente, el ITH en el que estuvieron las cerdas 5 días antes y 15 días después

del servicio tendió a modificar la tasa de gestación (p = 0.09) y la tasa de parto (p = 0.07); sin embargo, la tasa de desecho al primer parto fue mayor (p = 0.006) en las cerdas que fueron servidas cuando estuvieron en un ITH ≤74 (Cuadro 8). Estos resultados indican, que aquellas cerdas que son servidas durante los meses más frescos del año y que paren durante los meses más cálidos se reduce la tasa de parto y aumenta su tasa de desecho, debido probablemente al estrés térmico en el que están durante el último tercio de gestación y durante la lactancia, cuando las cerdas están con mayor demanda metabólica para el crecimiento fetal y la producción láctea.

Cuadro 8. Efecto del ITH 5 días antes y 15 días después del servicio en la tasa de gestación y tasa de parto.

Variable	Índice de temperatura y humedad			Valor de p
	ITH ≤74	74< ITH <79	79≤ ITH <84	
ITH	69.75±2.34[a]	75.99±1.31[b]	82.25±1.32[c]	0.0001
Cerdas servidas, n	170	83	130	
Cerdas gestantes, n	159	82	119	
Tasa de gestación, %	93.52	98.79	91.53	0.09*
Cerdas paridas, n	122	68	106	
Tasa de parto, %	71.76	81.93	81.54	0.07*
Cerdas desechadas al primer parto, n	86	26	43	
Tasa de desecho al primer parto, %	50.59[a]	31.32[b]	33.07[b]	0.006*

[a-c] Literales diferentes en el mismo renglón, indican diferencia estadística (Tukey p < 0.05); *Ji-cuadrada, (p ≤ 0.05); ITH = temperatura ambiental * 0.8 + [(humedad relativa/100) * (temperatura ambiental – 14.4)] + 46.4 (Mader *et al*., 2006); ITH≤74 (Confort); 74< ITH <79 (Alerta fisiológica); 79≤ ITH <84 (Peligro fisiológico); ITH ≥84 (Emergencia fisiológica). Fuente López *el al* (2025).

Las cerdas que estuvieron en un ITH de 69.24 (confort) a 75.7 (alerta fisiológica) del día 80 a 109 de gestación tuvieron una mayor tasa de parto (p = 0.003) y la tasa de desecho al primer parto fue menor (p = 0.0001; Cuadro 9). Además, en las cerdas que estuvieron en un ITH de 82.61 (peligro fisiológico; Cuadro 10) del día 80 a 109 de gestación tendieron (p = 0.057) a tener mayor número total de lechones nacidos; esto pudo deberse, a que estas cerdas fueron servidas durante los meses frescos del año. Sin embargo, el número de lechones nacidos vivos no fue modificado por el ITH en el que estuvieron las cerdas durante dicho periodo de gestación. También, se observó que las cerdas que estuvieron en un ITH de 69.24 (confort) a 75.7 (alerta fisiológica) del día 80 a 109 de gestación tendieron a tener lechones más pesados al nacimiento y menor cantidad de lechones con

un peso al nacimiento ≤800 g (Cuadro 10). Lo que sugiere que la cerda es más susceptible al estrés calórico durante el último tercio de gestación, cuando mayor demanda metabólica hay para el crecimiento fetal y la preparación para la producción láctea posterior.

Cuadro 9. Efecto del índice de temperatura y humedad de los 80 a 109 días de gestación en la tasa de parto.

Variable	Índice de temperatura y humedad			Valor de p
	ITH ≤74	74< ITH <79	79≤ ITH <84	
ITH	69.2±2.2[a]	75.7±1.5[b]	82.6±1.1[c]	0.0001
Cerdas gestantes, n	143	66	174	
Cerdas paridas, n	125	55	111	
Tasa de parto, %	87.41[a]	83.83[a]	63.79[b]	0.003*
Cerdas desechadas al primer parto, n	42	24	92	
Tasa de desecho al primer parto, %	29.37[a]	36.36[a]	52.87[b]	0.0001*

[abc] Literales diferentes en renglón, indican diferencia estadística (Tukey; p ≤ 0.05); *Ji-cuadrada; *p* ≤ 0.05. ITH = temperatura ambiental * 0.8 + [(humedad relativa/100) x (temperatura ambiental – 14.4)] + 46.4 (Mader *et al*., 2006); ITH≤74 (Confort fisiológico); 74< ITH <79 (Alerta fisiológica); 79≤ ITH <84 (Peligro fisiológico); ITH ≥84 (Emergencia fisiológica). Fuente: López *et al.* (2025)

Cuadro 10. Efecto del índice de temperatura y humedad (ITH) de 80 a 109 días de gestación en el tamaño y peso de la camada al nacimiento.

Variable	ITH			Valor de *p*
	ITH ≤74	74< ITH <79	79≤ ITH <84	
ITH	69.2±2.2[a]	75.7±1.5[b]	82.6±1.1[c]	
Cerdas, n	127	55	112	
Lechones nacidos totales, n	14.26±3.30	14.64±2.85	15.24±2.97	0.051
Lechones nacidos muertos, n	1.74±2.22	1.78±2.15	2.16±2.24	0.31
Lechones nacidos vivos, n	12.52±3.59	12.85±3.49	13.08±3.02	0.43
Peso lechón al nacimiento, kg	1.340±0.90	1.298±0.18	1.295±0.17	0.09
Peso camada al nacimiento, kg	16.881±0.433	16.687±0.480	16.655±0.363	0.91
Lechones nacidos con peso ≤800 g, n	0.60±0.96	0.64±0.85	0.96±1.47	0.06

[ab] Literales diferentes en renglón, indican diferencia estadística (LSD; *p*≤0.05); ITH = temperatura ambiental * 0.8 + [(humedad relativa/100) * (temperatura ambiental – 14.4)] + 46.4 (Mader *et al*., 2006); ITH≤74 (Confort fisiológico); 74< ITH <79 (Alerta fisiológica); 79≤ ITH <84 (Peligro fisiológico); ITH ≥84 (Emergencia fisiológica). Fuente: López *et al*. (2025).

También, se observó que las cerdas que estuvieron en un ITH de 69.82 (confort) durante el periodo de lactación tuvieron más lechones destetados (*p* = 0.0002), perdieron menos EGD (*p* = 0.001) y tendieron a tener menor tasa de desecho posdestete (*p* = 0.06) ; sin embargo, aunque no se observó diferencia en el IDC, la tasa de presentación de celos <10 d fue menor en las cerdas que estuvieron en confort durante este periodo (*p* = 0.03; Cuadro 11); esto pudo deberse al menor EGD que tuvieron estas cerdas al momento del

destete, como se puede corroborar en el Cuadro 5; también pudo deberse, a la mayor tasa de desecho posdestete de las cerdas que estuvieron en un nivel de estrés de alerta y peligro fisiológico.

Cuadro 11. Efecto del índice de temperatura y humedad durante la lactancia en el desempeño después del parto y el destete.

Variable	ITH			Valor de *p*
	ITH ≤74	74< ITH <79	79≤ ITH <84	
ITH, n	69.8±2.3[a]	75.8±1.5[b]	82.2±1.4[c]	0.001
Cerdas, n	143	44	92	
EGD a los 109 d de gestación, mm	14.16±2.92[a]	15.32±2.90[b]	16.38±2.95[b]	0.001
EGD al destete, mm	10.66±2.15	11.24±2.45	11.17±2.26	0.14
EGD perdido durante la lactancia, mm*	3.50±1.83[a]	4.08±1.93[a]	5.21±1.90[b]	0.001
Lechones destetados, n	11.31±1.62[a]	10.52±1.72[b]	10.48±1.69[b]	0.001
Peso del lechón al destete, kg	5.72±0.79	5.68±0.89	5.65±0.85	0.82
Días de lactancia, d	23.82±2.67	23.75±2.43	24.30±2.27	0.33
Intervalo destete-celo, d	10.86±11.41	6.95±5.13	10.52±11.25	0.17
Tasa de presentación de celo <10 d, %	62.85[a]	90.91[b]	75.76[b]	0.03*
Tasa de desecho posdestete, %	16.08	26.66	28.26	0.06*

[ab] Literales diferentes en renglón, indican diferencia estadística (Tukey; $p \leq 0.05$); *Efecto lineal ($p \leq 0.05$) *Ji-cuadrada; $p \leq 0.05$; ITH = temperatura ambiental x 0.8 + [(humedad relativa/100) x (temperatura ambiental – 14.4)] + 46.4 (Mader *et al*., 2006); ITH≤74 (Confort fisiológico); 74< ITH <79 (Alerta fisiológica); 79≤ ITH <84 (Peligro fisiológico); ITH ≥84 (Emergencia fisiológica). Fuente: López *et al*. (2025).

Mellado *et al*. (2018), observaron una disminución en la tasa de parto (87.9 *vs.* 90.3 %; $p = 0.07$) en cerdas que estuvieron en un ITH > 82 (peligro fisiológico) en comparación con aquellas que estuvieron en confort térmico (ITH < 74); además, la tasa de parto disminuyó en primavera y verano en comparación con el otoño y el invierno (88.5 *vs.* 90.9 %), lo que coincide con los resultados del presente estudio. En otros estudios, se ha observado una reducción del 6 al 9 % en la proporción de cerdas que conciben y mantienen la gestación en cerdas destetadas en la época de calor (Gourdine *et al*., 2006; Janse van Rensburg y Spencer, 2014). El efecto negativo de las altas temperaturas en la eficiencia reproductiva general se ha observado, tanto en climas templados (Tummaruk *et al*., 2000b; Bloemhof *et al*., 2008; Iida y Koketsu, 2016) como tropicales (Tummaruk *et al*., 2004; Suriyasomboon *et al*., 2006).

VII. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que las cerdas primerizas hiperprolíficas, criadas en ambiente cálido, para tener un buen desempeño reproductivo durante el primer parto y posteriores, deben ser servidas cuando tengan, al menos, 15 mm de EGD, lograr un EGD de 17 a 20 mm a los 80 d de gestación y mantener esta condición corporal a los 109 días de gestación, para asegurar un buen desempeño durante la lactancia, y que la condición corporal al destete les permita tener un buen desempeño reproductivo posterior. Además, un ITH ≥79 reduce el desempeño de la cerda primeriza y su camada, por lo que es necesario proporcionar las condiciones ambientales que les permitan disipar el calor corporal, sobre todo durante el último tercio de gestación y el periodo de lactancia.

VIII. LITERATURA CITADA

AHERNE FX, Kirkwood RN. 1985. Nutrition and sow prolificacy. Journal of Reproduction and Fertility 33 (Suppl): 169-183. https://www.biosciproceedings.org/bp/0012/bp0012cpr13.pdf

ALMOND PK, Bilkei G. 2005. Seasonal infertility in large pig production units in an Eastern European climate. Australian Veterinary Journal. 83(6):344–346. https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2005.tb15627.x

AMARAL FILHA WS, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. 2010. Reproductive performance of gilts according to growth rate and backfat thickness at mating. Animal Reproduction Science. 121(1-2): 139-144. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.05.013

AMDI C, Giblin L, Hennessy AA, Ryan T, Stanton C, Stickland NC, Lawlor PG. 2013. Feed allowance and maternal backfat levels during gestation influence maternal cortisol levels, milk fat composition and offspring growth. Journal of Nutritional Science. 2:1-10. https://doi.org/10.1017/jns.2012.20

AUVIGNE V, Leneveu P, Jehannin C, Peltoniemi O, Salle E. 2010. Seasonal infertility in sows: a five-year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. Theriogenology. 74(1):60–66. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.12.019

BAKER J, Hardy MP, Zhou J, Bondy C, Lupu F, Bellve AR, Efstratiadis A. 1996. Effects of an Igf1 gene null mutation on mouse reproduction. Molecular Endocrinology. 10(7):903-918. https://doi.org/10.1210/REPARAR.10.7.8813730

BARB CR, Hausman GJ, Czaja K. 2005. Leptin: a metabolic signal that affects the central regulation of reproduction in the pig. Domestic Animal Endocrinology. 29(1):186-192. https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.024

BARB CR, Hausman GJ, Houseknecht KL. 2001. Biology of leptin in the pig. Domestic Animal Endocrinology. 21(4):297–317. https://doi.org/10.1016/S0739-7240(01)00123-0

BARB CR, Kraeling RR, Rampacek GB, Dove CR. 1997. Metabolic changes during the transition from the fed to the acute feed-deprived state in prepuberal and mature gilts. Journal of Animal Sciece. 75(3):781-789. https://doi.org/10.2527/1997.753781x

BARB CR, Kraeling RR, Rampacek GB, Estienne MJ. 2000. Current concepts of the onset of puberty in the gilt. Reproduction in Domestic Animals. 35:82–88. https://eurekamag.com/research/003/396/003396549.php

BARB CR, Kraeling RR. 2004. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. Animal of Reproduction Science. 82-83:155-167. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.032

BAUMGARD LH, Rhoads RP. 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. Annual Review of Animal Bioscience. 1:311-337. https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644

BEČKOVÁ R, Daněk P, Václavková E, Rozkot M. 2005. Influence of growth rate, backfat thickness and meatiness on reproduction efficiency in Landrace gilts. Czech Journal of Animal Science. 50:535-544. https://doi.org/10.17221/4259-CJAS

BELKOVA J, Rozkot M. 2021. Gilt rearing impacts on sow performance and longevity – a review. American Association of Swine Veterinarians. https://www.aasv.org/shap/issues/v30n1/v30n1p10.html

BELTRANENA E, Aherne FX, Foxcroft GR. 1993. Innate variability in sexual development irrespective of body fatness in gilts. Journal of Animal Science. 71(2):471–480. https://doi.org/10.2527 /1993.712471x

BERG EP, McFadin EL, Maddock RR, Goodwin N, Baas TJ, Keisler DH. 2003. Serum concentrations of leptin in six genetic lines of swine and relationship with growth and carcass characteristics. Journal of Animal Science. 81(1):167-171. https://doi.org/10.2527/2003.811167x

BERTOLDO MJ, Holyoake PK, Evans G, Grupen CG. 2012. Seasonal variation in the ovarian function of sows. Reproduction, Fertility and Development. 24(6):822–834. https://doi.org/10.1071/RD11249

BIDANEL J, Gruand J, Legault C. 1996. Genetic variability of age and weight at puberty, ovulation rate and embryo survival in gilts and relations with production traits. Genetics Selection Evolution. 28(1):1-13. https://doi.org/10.1186/1297-9686-28-1-103

BLACK JL, Mullan BP, Lorschy ML, Giles LR. 1993. Lactation in the sow during heat stress. Livestock Production Science. 35(1-2):153–170. https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90188-N

BLOEMHOF S, Mathur PK, Knol EF, van der WaaiJ EH. 2013. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. Journal of Animal Science. 91:2667–2679. https://doi.org/10.2527/jas.2012-5902

BLOEMHOF S, van der Waaij EH, Merks JWM, Knol EF. 2008. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. Journal of Animal Science. 86(12):3330-3337. https://doi.org/10.2527/jas.2008-0862

BOCIAN M, Jankowiak H, Górski J, Frątczak K, Kapelański W. 2015. Backfat thickness during gestation and lactation period in respect to reproductive performance of primiparous and multiparous sows. Journal of Central European Agriculture. 16(1):100-111. https://doi.org/10.5513/JCEA01/16.1.1548

BOCIAN M, Kapelański W, Grajewska S, Jankowiak H, Kapelańska J, Dybała J, Biegniewska M, Wiśniewska J. 2010. Effect of backfat thicknes as measured at alive on reproductive performance traits in Polish Large White and Polish Landrace breed sows managed in Pomerania and Kujawy region. In Polish, summary in English. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego. 6(3):17-24. http://ptz.icm.edu.pl/download/2010/tom_6_3/2_Bocian.pdf

BOTTO L, Lendelová J, Strmeňová A, Reichstädterová T. 2014. The effect of evaporative cooling on climatic parameters in a stable for sows. Research in Agricultural Engineering. 60(Special Issue): S85–S91. https://doi.org/10.17221/40/2013-RAE

BOULOT S, Quesnel H, Quiniou N. 2008. Management of high prolificacy in French herds: Can we alleviate side effects on piglet survival. Proceedings of 37th BANFF Pork Seminar, Edmonton, Canada. 2008; https://www.researchgate.net/publication/228616315_Management_of_High_Prolificacy_in_French_Herds_Can_We_Alleviate_Side_Effects_on_Piglet_Survival

BRÜGEMANN K, Gernand E, König von Borstel U,König S. 2012. Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. Archiv für Tierzucht., 55(1):13–24. https://doi.org/10.5194/aab-55-13-2012

CABALLER E. 2017. Avances genéticos y manejo de la cerda hiperprolífica. Sitio Argentino de Producción Animal. 202. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/284Avances_geneticos_y_manejo.pdf

CALDERÓN-DÍAZ JA, Vallet JL, Lents CA, Nonneman DJ, Miles JR, Wright EC, Rempel LA, Cushman RA, Freking BA, Rohrer GA, Phillips C, DeDecker A, Foxcroft G, Stalder K. 2015. Age at puberty, ovulation rate, and uterine length of developing gilts fed two lysine and three metabolizable energy concentrations from 100 to 260 d of age. Journal of Animal Science. 93:3521–3527. https://doi.org/10.2527/jas.2014-8522

CAMPFIELD LA, Smith FJ, Guisez Y, Devos R, Burn P. 1995. Recombinant mouse OB protein: evidence for a peripheral signal linking adiposity and central neural networks. Science. 269(5223):546-549. https://doi.org/10.1126/ciencia.7624778

CECHOVA M, Tvrdon Z. 2006. Relationships between backfat thickness and parameters of reproduction in the Czech Large White sows. Archiv Tierzucht Dummerstorf. 49(4):363–369. https://aab.copernicus.org/articles/49/363/2006/aab-49-363-2006.pdf

CHANSOMBOON C, Elzo MA, Suwanasopee T, Koonawootrittriron S. 2010. Estimation of genetic parameters and trends for weaning-tofirst service interval and litter traits in a commercial landrace-large white swine population in northern Thailand. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 23:543-555. https://www.animbiosci.org/upload/pdf/23-73.pdf

CHARETTE R, Bigras-Poulin M, Martineau G. 1996. Body condition evaluation in sows. Livestock Production Science. 46:107-115. https://doi.org/10.1016/0301-6226(96)00022-X

CHARNECA R, Nunes JT, Freitas A, le Dividich J. 2021. Effect of litter birth weight standardization before first suckling on colostrum intake, passive immunization, pre-weaning survival, and growth of the piglets. Animal. 15(4):100184. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100184

CHEHAB FF, Mounzih K, Lu R, Lim ME. 1997. Early onset of reproductive function in normal female mice treated with leptin. Science. 275(5296):88-90. https://doi.org/10.1126/ciencia.275.5296.88

COLE DJA. 1990. Nutritional strategies to optimize reproduction in pigs. Journal of Reproduction and Fertility. Suppl., 40:67-82. https://www.biosciproceedings.org/bp/0013/bp0013cpr5.pdf

CONSIDINE RV, Considine EL, Williams CJ, Nyce MR, Magosin SA, Bauer TL, Rosato EL, Colberg J, Caro JF. 1995. Evidence against either a premature stop codon or the

absence of obese gene mRNA in human obesity. The Journal of Clinical Investigation. 95(6):2986-2988. https://doi.org/10.1172/JCI118007

DA SILVA CLA, van den Brand H, Laurenssen BFA, Broekhuijse MLWJ, Knol EF, Kemp B, Soede NM. 2016. Relationships between ovulation rate and embryonic and placental characteristics in multiparous sows at 35 days of pregnancy. Animal. 10:1192–1199. doi:10.1017/S175173111600015X

DE RENSIS F, Gherpelli M, Superchi P, Kirkwood RN. 2005. Relationships between backfat depth and plasma leptin during lactation and sow reproductive performance after weaning. Animal of Reproduction Science. 90:95-100. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.01.017

DIKMEN S, Hansen PJ. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? Journal of Dairy Science. 92(1):109–116. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370

DOURMAD JY, Etienne M, Noblet J. 2001. Measuring backfat depth in sows to optimize feeding strategy. INRAE Productions Animales. 14(1):41-50. https://www.researchgate.net/publication/279601244_Measuring_backfat_depth_in_sows_to_optimize_feeding_strategy

DRICKAMER LC, Arthur RD, Rosenthal TL. 1997. Conception failure in swine: Importance of the sex ratio of a female's birth litter and tests of other factors. Journal of Animal Science. 75:2192–2196. https://doi.org/10.2527/1997.7582192x

ENGBLOM L, Lundeheim N, Strandberg E, Schneider M del P, Dalin AM, Andersson K. 2008. Factors affecting length of productive life in Swedish commercial sows. Journal of Animal Science. 86:432–441. https://doi.org/10.2527/jas.2007-0310

ESTIENNE MJ, Harper AF, Barb CR, Azain MJ. 2000. Concentrations of leptin in serum and milk collected from lactating sows differing in body condition. Domesticic Animal Endocrinology. 19(4):275–280. https://doi.org/10.1016/S0739-7240(00)00082-5

ESTIENNE MJ, Harper AF, Kozink DM, Knight JW. 2003. Serum and milk concentrations of leptin in gilts fed a high- or low-energy diet during gestation. Animal Reproduction Science. 75:95–105. https://doi.org/10.1016/s0378-4320(02)00227-0

EVANS A, O'Doherty J. 2001. Endocrine changes and management factors affecting puberty in gilts. Livestock Production Science. 68(1):1-12. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00202-5

FACCIN JEG, Laskoski F, Lesskiu PE, Paschoal AFL, Mallmann AL, Bernardi ML, Bortolozzo FP. 2017. Reproductive Performance, Retention Rate, and Age at the Third Parity According to Growth Rate and Age at First Mating in the Gilts with a Modern Genotype. Acta Scientiae Veterinariae. 45(1):6. https://doi.org/10.22456/1679-9216.80034

FARMER C, Martineau JP, Méthot S, Bussières D. 2017. Comparative study on the relations between backfat thickness in late-pregnant gilts, mammary development and piglet growth. Translational Animal Science. 1:154–159. https://doi.org/10.2527/tas2017.0018

FERNÁNDEZ DE SEVILLA X, Fábrega E, Tibau J, Casellas J. 2008. Effect of leg conformation on survivability of Duroc, Landrace and Large White sows. Journal of Animal Science. 86(9):2392-2400. https://doi.org/10.2527/jas.2007-0755

FITZGERALD R. 2009. An Evaluation or Practices to Improve Sow Productive Lifetime and Producer Profitability. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Ames, IA, USA. https://www.proquest.com/openview/ecf5dc6822d35fc24b4009e8fecffc70/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750

FLISAR T, Malovrh Š, Urankar J, Kovač M. 2012. Effect of gilt growth rate and backfat thickness on reproductive performance. 20th International Symposium "Animal Science Days", Kranjska Gora, Slovenia, Sept. 19th-21, 199-203. https://www.researchgate.net/publication/289687413_Effect_of_gilt_growth_rate_and_back_fat_thickness_on_reproductive_performance

FLOWERS WL. 2012. Possible physiological benchmarks for sow longevity prior to puberty. Allen D. Leman Swine Conference; 29:113-117. https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/139383/Flowers.pdf

FOX J, Weisberg SAR. 2019. Companion to Applied Regression, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/

FOXCROFT G, Van de Wiel D. 1982. Endocrine control of the oestrous cycle. In: Control of Pig Reproduction. DJA Cole and GR Foxcroft (ed). London: Butterworth Scientific. 161-177. https://www.elsevier.com/books/control-of-pig-reproduction/cole/978-0-408-10768-6

FOXCROFT GR, Dixon WT, Dyck MK, Novak S, Harding JCS, Almeida FCRL. 2009. Prenatal programming of postnatal development in the pig. Society of Reproduction and Fertility Suppl. 66:213–231. https://srtc.ualberta.ca/wp-content/uploads/sites/23/2018/02/Foxcroft_etal_2009_7.pdf

FRIEDMAN, J. 2011. Leptin and the regulation of body weight. The Keio journal of medicine. 60(1):1-9. https://doi.org/10.2302/kjm.60.1

GARCÍA E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3ª ed. México D.F. 91 p. http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83

GARCIA MR, Amstalden M, Williams SW, Stanko RL, Morrison CD, Keisler DH, Nizielski SE, Williams GL. 2002. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. Journal of Animal Science. 80(8):2158-2167. https://doi.org/10.2527/2002.8082158x

GAUGHAN J, Cameron R, McL Dryden G, Josey M. 1995. Effect of selection for leanness on overall reproductive performance in Large White sows. Animal Science. 61(3):561-564. https://doi.org/10.1017/S1357729800014144

GOURDINE JL, Quesnel H, Bidanel JP, Renaudeau D. 2006. Effect of season, parity and lactation on reproductive performance of sows in a tropical humid climate. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 19(8):1111-1119. https://doi.org/10.5713/ajas.2006.1111

GROSS J, Ligges U. 2015. Nortest: Tests for Normality. R package version 1.0-4. 2015; https://CRAN.R-project.org/package=nortest

GUEDES RMC, Nogueira RHG. 2001. The influence of parity order and body condition and serum hormones on weaning-to-estrus interval of sows. Animal Reproduction Science. 67(1–2):91-99. https://doi.org/10.1016/S0378-4320(01)00108-7

HAUSMAN GJ, Barb CR, Lents CA. 2012. Leptin and reproductive function. Biochimie. 94(10):2075-2081. https://doi.org/10.1016/j.biochi.2012.02.022

HEAD RH, Bruce NW, Williams IH. 1991. More cells might lead to more milk. In: E. S. Batterham, editor, Manipulating pig production III. Australasian Pig Science Association, Werribee, VIC. p. 76. https://books.google.com.mx/books/about/Manipulating_Pig_Production_III.html?id=Dz5WAAAAYAAJ&redir_esc=y

HERMAN JP, McKlveen JM, Ghosal S, Kopp B, Wulsin A, Makinson R, Scheimann J, Myers B. 2016. Regulation of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Stress Response. Comprehensive Physiology. 6(2):603-621. https://doi.org/10.1002/cphy.c150015

HERRERA E, Ortega-Senovilla H. 2014. Lipid metabolism during pregnancy and its implications for fetal growth. Current Pharmaceutic Biotechnololgy. 15:24–31. https://doi.org/10.1385/ENDO:19:1:43

HILLBRAND FW, Elsaesser F. 1983. Concentrations of progesterone in the backfat of pigs during the oestrous cycle and after ovariectomy. Journal of Reproduction and Fertility. 69(1):73-80. https://doi.org/10.1530/jrf.0.0690073

HOGE MD, Bates RO. 2011. Developmental factors that influence sow longevity. Journal of Animal Science. 89:1238-1245. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3175

HOUDE AA, Method S, Murphy BD, Bordignon V, Palin MF. 2010. Relationships between backfat thickness and reproductive efficiency of sows: A two-year trial involving two commercial herds fixing backfat thickness at breeding. Canadian Journal of Animal Science. 90:429-436. https://cdnsciencepub.com/doi/pdf/10.4141/CJAS09115

HU B, Mo D, Wang X, Liu X, Chen Y. 2016. Effects of back fat, growth rate, and age at first mating on Yorkshire and Landrace sow longevity in China. Journal of Integrative Agriculture. 15(12):2809-2818. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61381-3

HUYNH TTT, Aarnink AJA, Verstegen MWA, Gerrits WJJ, Heetkamp MJW, Kemp B, Canh TT. 2005. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. Journal of Animal Science. 83(6):1385–1396. https://doi.org/10.2527/2005.8361385x

IIDA R, Koketsu Y. 2016. Lower farrowing rate in female pigs associated with higher outdoor temperatures in humid subtropical and continental climate zones in Japan. Animal Reproduction. 13(2):63-68. https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR728

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2007. Climate Change 2007: the physical science basis, In: Contribution of working group I to the 4th assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York. https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/

JANSE VAN RENSBURG L, Spencer BT. 2014. The influence of environmental temperatures on farrowing rates and litter sizes in South African pig breeding units. Onderstepoort Journal of Veterinary Research. 81(1): e1-e7. https://doi.org/10.4102/ojvr.v81i1.824

JARDINE DS. 2007. Heat illness and heat stroke. Pediatrics in Review. 28:249–258. https://doi.org/10.1542/pir.28-7-249

JARVIE E, Hauguel-de-Mouzon S, Nelson SM, Sattar N, Catalano PM, Freeman DJ. 2010. Lipotoxicity in obese pregnancy and its potential role in adverse pregnancy outcome and obesity in the offspring. Clinical Science. 119:123–129. https://doi.org/10.1042/CS20090640

JINDAL R, Cosgrove JR, Aherne FX, Foxcroft GR. 1996. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilt: association with progesterone. Journal of Animal Science. 74:620–624. https://doi.org/10.2527/1996.743620x

JOSEPH DN, Whirledge S. 2017. Stress and the HPA Axis: Balancing Homeostasis and Fertility. International Journal of Molecular Science. 18(10):2224. https://doi.org/10.3390/ijms18102224

KIM JS, Yang X, Pangeni D, Baidoo SK. 2015. Relationship between backfat thickness of sows during late gestation and reproductive efficiency at different parities. Acta Agriculturae. Scandinavica, Section A; Animal Science. 65:1–8. https://doi.org/10.1080/09064702.2015.1045932

KIM KH, Hosseindoust A, Ingale SL, Lee SH, Noh HS, Choi YH, Jeon SM, Kim YH, Chae BJ. 2016. Effects of gestational housing period on reproductive performance and behavior of sows. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 29:142–148. https://doi.org/10.5713/ajas.14.0973

KIM SW, Weaver AC, Shen YB, Zhao Y. 2013. Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. Journal of Animal Science and Biotechnology. 4:26. https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-26

KING RH. 1989. Effect of live weight and body composition of gilts at 24 weeks of age on subsequent reproductive efficiency. Animal Production. 49:109–115. https://doi.org/10.1017/S0003356100004311

KIRKWOOD RN y Aherne FX. 1985. Energy intake, body composition and reproductive performance of the gilt. Journal of Animal Science. 60:1518–1529. https://doi.org/10.2527/jas1985.6061518x

KOKETSU Y, Takahashi H, Akachi K. 1999. Longevity, lifetime pig production and productivity, and age at first conception in a cohort of gilts observed over six years on commercial farms. Journal of Veterinary Medical Science. 61(9):1001-1005. https://doi.org/10.1292/jvms.61.1001

KOKETSU Y, Tani S, Iida R. 2017. Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. Porcine Health Management. 3(1):1-10. https://doi.org/10.1186/s40813-016-0049-7

KRAELING RR, Webel SK. 2015. Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. Journal of Science and Biotechnology. 6:3. https://doi.org/10.1186/2049-1891-6-3

KUMMER R, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. 2006. Reproductive performance of high growth rate gilts inseminated at an early age. Animal Reproduction Science. 96:47–53. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.11.006

KUMMER R, Bernardi ML. Schenkel AC, Amaral FWS, Wentz I, Bortolozzo FP. 2009. Reproductive performance of gilts with similar age but with different growth rate at the onset of puberty stimulation. Reproduction of Domestic Animal. 44:255–259. https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.01050.x

LAMBERSON W, Safranski T, Bates R, Keisler D, Matteri R. 1995. Relationships of serum insulin-like growth factor I concentrations to growth, composition, and reproductive traits of swine. Journal of Animal Science. 73(11):3241-3245. https://doi.org/10.2527/1995.73113241x

LAMBERSON WR; Blair RM; Rohde Parfet KA; Day BN; Johnson RK. 1988. Effect of Sex Ratio of the Birth Litter on Subsequent Reproductive Performance of Gilts. Journal of Animal Science. 66:595–598. https://doi.org/10.2527/jas1988.663595x

LANGENDIJK P, Chen TY, Athorn RZ, Bouwman EG. 2016. Embryonic survival at day 9, 21 and 35 of pregnancy in intact and unilaterally oviduct ligated multiparous sows. Animal. 10(8):1336-41. https://doi.org/10.1017/S175173111600029X

LAVERY A, Lawlor PG, Magowan E, Miller HM. 2019. An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity. Animal. 13(3):622-630. https://doi.org/10.1017/S1751731118001799

LE COZLER Y, Dagorn JY, Lindberg JE, Aumaitre A, Dourmand S. 1998. Effect of age at first farrowing and herd management on long-term productivity of sows. Livestock Production Science. 53:135-142. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00157-7

LEWIS CRG, Bunter KL. 2011. Body development in sows, feed intake and maternal capacity. Part 1: performance, pre–breeding and lactation feed intake traits of primiparous sows. Animal. 5(12):1843-1854. https://doi.org/10.1017/S1751731111001121

LEWIS CRG, Bunter KL. 2013. A longitudinal study of weight and fatness in sows from selection to parity five, using random regression. Journal of Animal Science. 91:4598–4610. https://doi.org/10.2527/jas.2012-6016

LICONA FJ. 2020. Efecto del estrés por diferentes factores en cerdas lactantes: Revisión de Literatura. Tesis Licenciatura; Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/4874e550-69f7-4762-bf0a-242a6f692748/content

LILLIEFORS HW. 1967. On the Kolmogorov-Smirnov Test for normality with mean and variance unknown. Journal of the American Statistical Association. 62(318):399-402. https://doi.org/10.2307/2283970

LUCY MC, Safranski TJ. 2017. Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring.Molecular Reproduction and Development. 84(9):946-956. https://doi.org/10.1002/mrd.22844

MA H, Xie Y, Li A, Zhang T, Liu Y, y Luo X. 2023. A review on the effect of light–thermal–humidity environment in sow houses on sow reproduction and welfare. Reproduction in Domestic Animals. *58*(8):1023-1045. https://doi.org/10.1111/rda.14400

MADER TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. Journal of Animal Science. 84:712-719.

http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1622&context=animalscifacpub

MADSEN JG, Bee G. 2015. Compensatory growth feeding strategy does not overcome negative effects on growth and carcass composition of low-birth-weight pigs. Animal. 7(9):427-436. https://doi.org/10.1017/S1751731114002663

MAES DGD, Janssens GPJ, Delputte P, Lammertyn A, de Kruif A. 2004. Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. Livestock Production Science. 91:57-67. https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.06.015

MAGNABOSCO D, Bernardi ML, Wentz I, Cunha ECP, Bortolozzo FP. 2016. Low birth weight affects lifetime productive performance and longevity of female swine. Livestock Science. 184:119–125. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.12.008

MAGNABOSCO D, Pereira Cunha EC, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. 2015. Impact of the Birth Weight of Landrace x Large White Dam Line Gilts on Mortality, Culling and Growth Performance until Selection for Breeding Herd. Acta Scientiae Veterinariae. 43:1–8. https://www.redalyc.org/pdf/2890/289039763008.pdf

MAGOWAN E, McCann M. 2006. A comparison of pig backfat measurements using ultrasonic and optical instruments. Livestock Science. 103(1):116-123. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.02.002

MALOPOLSKA MM, Lambert BD, Nowicki JP, Schwarz T, Tuz R. 2018. The replacement gilt: current strategies for improvement of the breeding herd. Journal of Swine Health and Production. 26(4). https://www.archivo-anaporc.com/2020/11/15/la-cerda-de-reposici%C3%B3n-revisi%C3%B3n-de-estrategias-para-optimizar-su-rendimiento/

MASAKA L, Sungirai M, Nyamukanza C, Bhondai C. 2014. Sow removal in a commercial pig herd in Zimbabwe. Tropical Animal Health Production. 46:725–731. https://doi.org/10.1007/s11250-014-0554-0

MATHESON SM, Walling GA, Edwards SA. 2018. Genetic selection against intrauterine growth retardation in piglets: a problem at the piglet level with a solution at the sow level. Genetics Selection Evolution. 50:46. https://doi.org/10.1186/s12711-018-0417-7

MATOUŠEK V, Kernerová N, Máchal L, Václavovský J. 2011. The fat cover in gilts in relation to body condition and reproduction. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae

Mendelnianae Brunensis. LIX (1):163-172. https://acta.mendelu.cz/pdfs/acu/2011/01/18.pdf

MAYORGA EJ, Ross JW, Keating AF, Rhoads RP, Baumgard LH. 2020. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. Theriogenology. 154:73-83. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.023

MCCRACKEN J. 1964. Plasma progesterone concentration after removal of the corpus luteum in the cow. Nature. 198:507-508. https://doi.org/10.1530/jrf.0.0690073

MCGLONE JJ, Vines B, Rudine AC, Dubois P. 2004. The physical size of gestating sows. Journal of Animal Science. 82:2421-2427. https://doi.org/10.2527/2004.8282421x

MCKAY RM. 1993. Preweaning losses of piglets as a result of index selection for reduced backfat thickness and increased growth rate. Canadian Journal of Animal Science. 73:437-442. https://doi.org/10.4141/cjas93-046

MELLADO M, Gaytán L, Macías-Cruz U, Avendaño L, Meza-Herrera C, Lozano EA, Rodríguez A, Mellado J. 2018. Effect of climate and insemination technique on reproductive performance of gilts and sows in a subtropical zone of Mexico. Austral Journal of Veterinary Science. 50:27-34. http://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322018000100106

MÉNDEZ RI, Namihira GR, Moreno AL, Sosa de MC. 1990. El protocolo de investigación: Lineamientos para su elaboración. Editorial Trillas. Segunda Edición. México. 200 pág. ISBN: 968-24-4100-S. https://biblioteca.xoc.uam.mx/docs/tid/mendez.pd

MUIRHEAD M, Alexander T. 2000. A pocket guide to recognizing and treating pig infertility. In: The Management of Infertility. MR Muirhead and TJL Alexander (eds). Sheffield: 5M Enterprise. 43-102. https://blackwells.co.uk/bookshop/search/isbn/9780953015030

MULLAN BP, Williams IH. 1989. The effect of body reserves at farrowing on the reproductive performance of first-litter sows. Animal Production. 48:449–457. https://doi.org/10.1017/S0003356100040459

MUN HS, Ampode KMB, Lagua EB, Chem V, Park HR, Kim YH, Sharifuzzaman M, Hasan MK, Yang CJ. 2024. Backfat Thickness at Pre-Farrowing: Indicators of Sow Reproductive Performance, Milk Yield, and Piglet Birth Weight in Smart Farm-Based Systems. Agriculture. 14(24):1-13. https://doi.org/10.3390/agriculture14010024

NAM NH, Sukon P. 2022. Factors influencing within-litter variation of birth weight and the incidence of runt piglets. S Afr J Anim Sci., 52(1):1-7. https://doi.org/10.4314/sajas.v52i1.1

NARDONE A, Ronchi B, Lacetera N, Bernabucci U. 2006. Climatic effects on productive traits in livestock. Veterinary Research Communications. 30(Supl. 1):75–81. https://doi.org/10.1007/s11259-006-0016-x

NELSON A, Mabry J, Benyshek L, Marks M. 1990. Correlated response in reproduction, growth and composition to selection in gilts for extremes in age at puberty and backfat. Livestock Production Science. 24(3):237-247. https://doi.org/10.1016/0301-6226(90)90004-P

NEWTON EA, Mahan DC, 1992: Effect of feed intake during late development on pubertal onset and resulting body composition in crossbred gilts. Journal of Animal Science. 70:3774–3780. https://doi.org/10.2527/1992.70123774x

NONNEMAN D, Lents C, Rohrer G, Rempel L, Vallet J. 2013. Genome-wide association with delayed puberty in swine. Animal Genetics. 1-3. https://doi.org/10.1111/age.12087

O'GRADY JF, Lynch PB, Kearney PA. 1985. Voluntary feed intake by lactating sows. Livestock Production Science. 12:355–365. https://doi.org/10.1016/0301-6226(85)90134-4

OLIVA K, Barker G, Riley C, Bailey MJ, Permezel M, Rice GE, Lappas M. 2012. The effect of pre-existing maternal obesity on the placental proteome: two-dimensional difference gel electrophoresis coupled with mass spectrometry. Journal of Molecular Endocrinology. 48:139–149. https://doi.org/10.1530/JME-11–0123

OMTVEDT IT, Nelson RE, Edwards RL, Stephens DF, Turman EJ. 1971. Influence of heat stress during early mid and late pregnancy of gilts. Journal of Animal Science. 32(2):312–317. https://doi.org/10.2527/jas1971.322312x

PALOMO A. 2011. Nutrición aplicada en las cerdas lactantes. Mundo Ganadero. 50:1-5. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2009_218_46_50.pdf

PALOMO, V. 2014. Condición corporal en porcinos. Interacción nutrición reproducción. Veterinaria Argentina.

http://www.veterinariargentina.com/revista/wp284/wpcontentluploads/a2p.cache.condicion-corporal-en-porcinosinteraccion-nutricion-%25e2%2580%2593-reproduccion.pdf

PARDO C, Berard J, Kreuzer M, Bee G. 2013. Intrauterine crowding impairs formation and growth of secondary myofibers in pigs. Animal. 7(3):430-438. https://doi.org/10.1017/S1751731112001802

PATTERSON J, Beltranena E, Foxcroft G. 2010. The effect of gilt age at first estrus and breeding on third estrus on sow body weight changes and long-term reproductive performance. Journal of Animal Science. 88(7):2500-2513. https://doi.org/10.2527/jas.2008-1756

PATTERSON J, Bernardi ML, Allerson M, Hanson A, Holden N, Bruner L, Pinilla JC, Foxcroft G. 2020. Associations among individual gilt birth weight, litter birth weight phenotype, and the efficiency of replacement gilt production. Journal of Animal Science. 98(11): skaa331. https://doi.org/10.1093/jas/skaa331

PATTERSON J, Foxcroft G. 2019. Gilt management for fertility and longevity. Animals. 9(7):434-448. https://doi.org/10.3390/ani9070434

PATTERSON JL, Willis HJ, Kirkwood RN, Foxcroft GR. 2002b. Impact of boar exposure on puberty attainment and breeding outcomes in gilts. Theriogenolgy. 57:215-225. https://rapp.ualberta.ca/wpcontent/uploads/sites/23/2018/02/Patterson_etal_2002b_30.pdf

PATTERSON JL, Ball RO, Willis HJ, Aherne FX, Foxcroft GR. 2002a. The effect of lean growth rate on puberty attainment in gilts. Journal of Animal Science. 80:1299–1310. https://doi.org/10.2527/2002.8051299x

PELTONIEMI O y Virolainen JV. 2006. Seasonality of reproduction in gilts and sows. Reproduction Supplement. 62:205–218. http://hdl.handle.net/10138/228724

PELTONIEMI O, Yun J, Bjorkman S, Han T. 2021. Coping with large litters: The management of neonatal piglets and sow reproduction. Journal of Animal Science and Technology. 63(1):1-15. https://doi.org/10.5187/jast.2021.e3

PIC. 2016. Manual de especificaciones de nutrientes. https://www.pic.com/wp-content/uploads/sites/3/2018/10/Nutrient-Specifications-Manual_2016_Spanish.pdf

PIC. 2022a. Cría de primerizas en el momento adecuado para optimizar el rendimiento. https://www.pic.com/2022/05/03/breeding-gilts-at-the-right-time/

PIC. 2022b. Recomendaciones de nutrición y alimentación de PIC. https://www.pic.com/wp-content/uploads/sites/3/2022/07/Manual-de-nutricion-y-alimentacion-PIC.pdf

POMAR C, Fortin A, Marcoux M. 2002. Successive measurements of carcass fat and loin muscle depths at the same site with optical probes. Canadian Journal of Animal Science. 82(4):595-598. https://doi.org/10.4141/A02-023

QIAN H, Barb CR, Compton MM, Hausman GJ, Azain MJ, Kraeling RR, Baile CA 1999. Leptin mRNA expression and serum leptin concentrations as influenced by age, weight, and estradiol in pigs. Domestic Animal Endocrinology. 16(2):135-143. https://doi.org/10.1016/s0739-7240(99)00004-1

QIAO L, Guo Z, Bosco C, Guidotti S, Wang Y, Wang M, Parast M, J. Schaack Hay Jr. WW, Moore TR, Shao J. 2015. Maternal high-fat feeding increases placental lipoprotein lipase activity by reducing SIRT1 expression in mice. Diabetes. 64: 3111–3120. https://doi.org/10.2337/db14-1627

REKIEL A, Wiecek J, Batorska M, Kulisiewicz J, Tokarska G. 2015. Comparison of changes in fatness of sows in high pregnancy and at weaning and determination of their association with reproduction results and rearing of piglets. Journal of Central European Agriculture. 16:410–422. https://doi.org/10.5513/JCEA01/16.4.1646

REKIEL A, Wiecek J, Wojtasik M, Ptak J, Blicharski T, Mroczko L. 2012. Effect of Sex Ratio in the Litter in Which Polish Large White and Polish Landrace Sows were Born on the Number of Piglets Born and Reared. Annals Animals Science. 12:179–185. http://doi.org/10.2478/V10220-012-0015-5

RENAUDEAU D, Collin A, Yahav S, de Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. Animal. 6(5):707-728. https://doi.org/10.1017/S1751731111002448

ROBERT C, Palin M-F, Coulombe N, Roberge C, Silversides FG, Benkel BF, McKay RM, Pelletier G. 1998. Backfat thickness in pigs is positively associated with leptin mRNA levels. Canadian Journal of Animal Science. 78(4):473-482. https://cdnsciencepub.com/doi/pdf/10.4141/A98-072

ROMO VJM, Espinoza-Aguirre LF, Peralta GI, Portillo LJJ, Romo VAM, Romo-Rubio JA. 2025. Influencia del espesor de grasa dorsal en el desempeño reproductivo de la cerda. Revista Contemporânea. 5(9): e9149. https://doi.org/10.56083/RCV5N9-087

ROONGSITTHICHAI A, Koonjaenak S, Tummaruk P. 2010. Backfat thickness at first insemination affects litter size at birth of the first parity sows. Kasetsart Journal (Natural Science). 44:1128-1136. https://www.researchgate.net/publication/228467383_Backfat_Thickness_at_First_Insemination_Affects_Litter_Size_at_Birth_of_the_First_Parity_Sows

ROONGSITTHICHAI A, Koonjaenak S, Tummaruk P. 2011. Association between backfat depth and litter size at birth in primiparous sows. . Kasetsart Journal (Natural Science). 45(3):422-427. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/245316/167706

ROONGSITTHICHAI A, Koonjaenak S, Tummaruk P. 2013. The association among age at first observed estrus, backfat thickness, and serum insulin–like growth factor–I in replacement gilts. The Thai Journal of Veterinary Medicine. 43:41-48. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=TH2016003349

ROONGSITTHICHAI A., Tummaruk P. 2014. Importance of backfat thickness to reproductive performance in female pigs. The Thai Journal of Veterinary Medicine. 44(2): 171- 178. https://www.thaiscience.info/journals/Article/TJVM/10961891.pdf

ROPPA L. 2005. La nutrición y la alimentación de las hembras reproductoras en gestación. http://www.porcicultura.com/articulos/nutricion/articulo.php?tema=nut028

ROZEBOOM DW, Pettigrew JE, Moser RL, Cornelius SG, el Kandelgy SM. 1995. Body composition of gilts at puberty. Journal of Animal Science. 73(9):2524-2531. https://doi.org/10.2527/1995.7392524x

ROZEBOOM DW, Pettigrew JE, Moser RL, Cornelius SG, El Kandelgy SM. 1996. Influence of gilt age and body composition at first breeding on sow reproductive performance and longevity. Journal of Animal Science. 74:138–150. https://doi.org/10.2527/1996.741138x

ROZEBOOM DW. 2015. Conditioning of the gilt for optimal reproductive performance. In: C. Farmer, editor, The gestating and lactating sow. Chap 1. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. Pp. 13–26. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-803-2_1

RYDHMER L. 2000. Genetics of sow reproduction, including puberty, oestrus, pregnancy, farrowing and lactation. Livestock Production Science. 66(1):1-12. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00170-0

SABEN J, Lindsey F, Zhong Y, Thakali K, Badger TM, Andres A, Gomez-Acevedo H, Shankar K. 2014. Maternal obesity is associated with a lipotoxic placental environment. Placenta. https://doi.org/10.1016/j.placenta. 2014.01.003

SABEN J, Zhong Y, Gomez-Acevedo H, Thakali KM, Borengasser SJ, Andres A, Shankar K. 2013. Early growth response protein-1 mediates lipotoxicity-associated placental inflammation: role in maternal obesity. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 305: E1–14. https://doi.org/10.1152/ajpendo.00076. 2013

SANKER C, Lambertz C, Gauly M. 2013. Climatic effects in Central Europe on the frequency of medical treatments of dairy cows. Animal. 7(2):316–321. https://doi.org/10.1017/S1751731112001668

SAS Institute. 2002. Statistical Analysis Software. SAS/STAT System for Windows 9.0. Cary, NC, USA. SAS Institute Inc. ISBN:978-1-60764-599-3. http://www.sas.com/en_us/software/analytics/stat.html

SCHMITT O, Baxter EM, Boyle LA, O Driscoll K. 2019. Nurse sow strategies in the domestic pig: II. Consequences for piglet growth, suckling behavior, and sow nursing behavior. Animal. 13(3):590-599. https://doi.org/10.1017/S1751731118001702

SCHUKKEN YH, Buurman J, Huirne RBM, Willemse AH, Vernooy JCM, van den Broek J, Verheijden JHM. 1994. Evaluation of optimal age at first conception in gilts from data collected in commercial swine herds. Journal of Animal Science. 72:1387–1392. https://doi.org/10.2527/1994.7261387x

SERENIUS T, Stalder KJ, Baas TJ, Mabry JW, Goodwin RN, Johnson RK, Robison OW, Tokach M, Miller RK. 2006. National pork producers council maternal line national genetic evaluation, Program: A comparison of sow longevity and trait associations with sow longevity. Journal of Animal Science. 84:2590-2595. https://doi.org/10.2527/jas.2005-499

SEYFANG J, Kirkwood RN, Tilbrook AJ, Ralph CR. 2018a. The sex ratio of a gilt's birth litter can affect her fitness as a breeding female. Animal Production Science. 58:1567–1574. https://doi.org/10.1071/AN17192

SEYFANG J; Plush KJ; Kirkwood RN; Tilbrook AJ; Ralph CR. 2018c. The sex ratio of a litter affects the behaviour of its female pigs until at least 16 weeks of age. Applied Animal Behaviour Science. 200:45–50. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.12.001

SEYFANG J; Ralph CR; Hebart ML; Tilbrook AJ; Kirkwood RN. 2018b. Anogenital distance reflects the sex ratio of a gilt's birth litter and predicts her reproductive success1. Journal of Animal Science. 96:3856–3862. https://doi.org/10.1093/jas/sky248

SILVA J, Figueiredo J, Van den Hurk R. 2009. Involvement of growth hormone (GH) and insulin-like growth factor (IGF) system in ovarian folliculogenesis. Theriogenology. 71(8):1193-1208. https://doi.org/10.1016/j.teriogenología.2008.12.015

SOBCZYŃSKA M, Blicharski T. 2015. Phenotypic and genetic variation in longevity of Polish Landrace sows. Journal of Animal Breeding and Genetics. 132(4):318-327. https://doi.org/10.1111/jbg.12135

STALDER KJ, Knauer M, Baas TJ, Rothschild MF, Mabry JW. 2004. Sow longevity. Pig News and Information. 25(2):53N-74N. https://www.researchgate.net/publication/230661632_Sow_Longevity

STALDER KJ, Lacy RC, Cross TL, Conatser GE. 2003. Financial impact of average parity of culled females in a breed-to-wean swine operation using replacement gilt net present value analysis. Journal of Swine Health and Production. 11:69-74. https://www.aasv.org/shap/issues/v11n2/v11n2p69.pdf

SURIYASOMBOON A, Lundeheim N, Kunavongkrit A, Einarsson S. 2006. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. Theriogenology. 65(3):606–628. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.005

SUSTER D, Leury B, Ostrowska E, Butler K, Kerton D, Wark J, Dunshea F. 2003. Accuracy of dual energy X-ray absorptiometry (DXA), weight and P2 back fat to predict whole body and carcass composition in pigs within and across experiments. Livestock Production Science. 84(3): 231-242. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00077-0

TANTASUPARUK W, Lundeheim N, Dalin AM, Kunavongkrit A, y Einarsson, S. 2000. Reproductive performance of purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand with special reference to seasonal influence and parity number. Theriogenology. 54:481–496. 10.1016/S0093-691X(00)00364-2

TARRÉS J, Tibau J, Piedrafita J, Fàbrega E, Reixach J. 2006. Factors affecting longevity in maternal Duroc swine lines. Livestock Science. 100:121–131. https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.08.007

TE PAS MF, Visscher AH, de Greef KH. 2004. Molecular genetic and physiologic background of the growth hormone–IGF-I axis in relation to breeding for growth rate and leanness in pigs. Domestic Animal Endrocrinology. 27(3):287-301. https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2004.06.003

THAKER MYC, Bilkei G. 2005. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. Animal Reproduction Science. 88(3):309-318. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.10.001

THEIL PK, Krogh U, Bruun TS, Feyera T. 2023. Feeding the modern sow to sustain high productivity. Molecular Reproduction and Development. 90(7):517–532. https://doi.org/10.1002/mrd.23571

THITACHOT K, Sirinopwong V, Seemuang V, Ratchatasriprasert A, Kirkwood RN, Am-in N. 2021. Influence of Backfat Thickness and the Interval from Altrenogest Withdrawal to Estrus on Reproductive Performance of Gilts. Animals. 11:1348. https://doi.org/10.3390/ani11051348

TUMMARUK P, Kesdangsakonwut S, Kunavongkrit A. 2009a. Relationships among specific reasons for culling, reproductive data and gross-morphology of the genital tracts in gilts culled due to reproductive failure in Thailand. Theriogenology. 71:369–375. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.08.003

TUMMARUK P, Lundeheim N, Einarsson S, Dalin A. 2001. Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. Animal Reproduction Science. 66(3):225-238. https://doi.org/10.1016/s0378-4320(01)00095-1

TUMMARUK P, Lundeheim N, Einarsson S, Dalin A. 2000a. Factors influencing age at first mating in purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire gilts. Animal Reproduction Science. 63(3):241-254. https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00184-6

TUMMARUK P, Lundeheim N, Einarsson S, Dalin A. 2000b. Reproductive performance of purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire sows, II. Effect of mating type,

weaning to first service interval and lactation length. Acta Agriculturae Scandinavic, Section A, Animal Science. 50(3):217-224. https://doi.org/10.1080/090647000750014340

TUMMARUK P, Sukamphaichit N, Kitiarpornchai W, Musikjearanan S, Tantasuparuk W. 2006. Seasonal influence on causes of culling in gilts. In: Proc. 19th Internat. Pig Veterinary Society Congress, Copenhagen, Denmark, 498. https://www.car.chula.ac.th/display7.php?bib=b1722927

TUMMARUK P, Tantasuparuk M, Techakumphu M, Kunavongkrit A. 2010. Seasonal influences on the litter size at birth of pigs are more pronounced in the gilt than sow litters. Journal of Agriculture Science. 148:421–432. https://doi.org/10.1017/S0021859610000110

TUMMARUK P, Tantasuparuk W, Techakumphu M, Kunavongkrit A. 2007. Age, body weight and backfat thickness at first observed oestrus in crossbred Landrace×Yorkshire gilts, seasonal variations and their influence on subsequence reproductive performance. Animal Reproduction Science. 99:167–181. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.05.004

TUMMARUK P, Tantasuparuk W, Techakumphu M, Kunavongkrit A. 2009b. The association between growth rate, body weight, backfat thickness and age at first observed oestrus in crossbred Landrace × Yorkshire gilts. Animal Reproduction Science; 110:108–122. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.01.004

TUMMARUK P, Tantasuparuk W, Techakumphuk M, Kunavongkrit A. 2004. Effect of season and outdoor climate on litter size at birth in purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand. Journal of Veterinary Medical Science. 66(5):477-482. https://doi.org/10.1292/jvms.66.477

VAN WETTERE WHEJ, Revell DK, Mitchell M, Hughes PE. 2006. Increasing the age of gilts at first boar contact improves the timing and synchrony of the pubertal response but does not affect potential litter size. Animal Reproduction Science. 95(1–2):97-106. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.09.009

VIER CM, Dritz SS, Wu F, Tokach MD, DeRouchey JM, Goodband RD, Gonçalves MAD, Orlando UAD, Chitakasempornkul K, Woodworth JC. 2019. Standardized total tract digestible phosphorus requirement of 24-to 130-kg pigs. Journal of Animal Science. 97:4023– 4031. https://doi.org/10.1093/jas/skz256

WARD SA, Kirkwood RN, Plush KJ. 2020. Are larger litters a concern for piglet survival or an effectively manageable trait? Animals (Basel). 10(2):309. https://doi.org/10.3390/ani10020309

WEBSTER MJI, Glaser R. 2008. Review: Stress hormones and immune function. Cellular Immunology. 252(1-2):16-26. https://doi.org/10.1016/j.cellimm.2007.09.006

WEGNER K, Lambertz C, Das G, Reiner G, Gauly M. 2016. Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. Animal Science Journal. 87(11):1334-1339. https://doi.org/10.1111/asj.12569

WEGNER K, Lambertz C, Daş G, Gauly M. 2014. Klima bedingungen in norddeutschen Sauenställen (Abstract: Climatic conditions in sow barns in Northern Germany). Zuchtungskunde. 86(3):200–211. https://www.zuechtungskunde.de/artikel.dll/wegner-et-al_gyydsmbsgm2a.pdf

WELDON WC, Lewis AJ, Louis GF, Kovar JL, Miller PS. 1994. Postpartum hypophagia in primiparous sows II. Effects of feeding level during gestation and exogenous insulin on lactation feed intake, glucose tolerance, and epinephrine-stimulated release of nonesterified fatty acids and glucose. Journal of Animal Science. 72:395–403. https://doi.org/10.2527/1994.722395x

WHITNEY MH, Masket C. 2010. Replacement gilt and boar nutrient recommendations and feeding management. Pork Information Gateway. https://porkgateway.org/resource/replacement-gilt-and-boar-nutrient-recommendations-and-feedingmanagement/

WHITTEMORE CT, Dourmad JY, Ettiene M. 1995. Reproduction in primiparous sows Nutrition and body condition in relation to production. 46 EAAP, Praga, 301. https://www.researchgate.net/publication/299055664_Relationships_between_backfat_thickness_and_parameters_of_reproduction_in_the_Czech_Large_White_sows_short_communication#fullTextFileContent

WIĘCEK J, Warda A, Blicharski T, Sońta M, Zalewska A, Rekiel A, Batorska M. 2023. The effect of backfat thickness determined in vivo in breeding gilts on their reproductive performance and longevity. Animal Science Papers and Reports. 41(3):293-304. https://doi.org/10.2478/aspr-2023-0013

WIENTJES JGM, Shoede NM, Knol EF, van den Brand H, Kemp B. 2013. Piglet birth weight and litter uniformity: Effects of weaning to pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines. Journal of Animal Science. 91(5):2099-2107. https://doi.org/10.2527/jas.2012-5659

WILLIAMS NH, Patterson J, Foxcroft G. 2005. Non-Negotiables of Gilt Development. Advances in Pork Production. 16:281-289. https://www.researchgate.net/publication/237733156_Non-Negotiables_of_Gilt_Development

WOZNIAK SE, Gee LL, Wachtel MS. 2009. Tejido adiposo: ¿el nuevo órgano endocrino? Digestive Diseases Science. 54:1847–1856. https://doi.org/10.1007/s10620-008-0585-3

WYLIE A. 2010. Leptin in farm animals: where are we and where can we go? Animal. 5(2):246-267. https://doi.org/10.1017/S1751731110001540

YANG H, Eastham PR, Phillips P, Whittemore CT. 1989. Reproductive performance, body weight and body condition of breeding sows with differing body fatness at parturition, differing nutrition during lactation and differing litter size. Animal Production. 48:181–201. https://doi.org/10.1017/S0003356100003901

YOUNG MG, Aherne FX. 2005. Monitoring and maintaining sow condition. Advances in Pork Production. 16:299-313. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20103212680

YOUNG MG, Tokach MD, Aherne FX, Dritz SS, Goodband RD, Nelssen JL, Loughin TM. 2008. Effect of space allowance during rearing and selection criteria on performance of gilts over three parities in a commercial swine production system. Journal of Animal Science. 86:3181–3193. https://doi.org/10.2527/jas.2007-0600

ZAK LJ, Cosgrove JR, Aherne FX, Foxcroft GR. 1997. Pattern of feed intake an associated metabolic and endocrine changes differentially affect post-weaning fertility in primiparous sows. Journal of Animal Science. 75:208-216. https://doi.org/10.2527/1997.751208x

ZHOU Y, Xu T, Cai A, Wu Y, Wei H, Jiang S, Peng J. 2018. Excessive backfat of sows at 109 d of gestation induces lipotoxic placental environment and is associated with declining reproductive performance. Journal of Animal Science. 96:250–257. https://doi.org/10.1093/jas/skx041