



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE
LA SALUD ANIMAL**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Relación del comportamiento asociado al dolor y desarrollo del parto en cerdas.

TESIS

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

PRESENTA:

CYNTHIA MAYRET SALMERÓN MÉNDEZ

**TUTOR PRINCIPAL:
DR. MIGUEL GONZÁLEZ LOZANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, UNAM**

COMITÉ TUTOR:

**DRA. HILDA MORAYMA GUERRERO NETRO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, UNAM**

**DRA. PATRICIA MORA MEDINA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, UNAM**

Ciudad Universitaria, CDMX, Noviembre 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

La alumna Cynthia Mayret Salmerón Méndez de la Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México recibió beca del CONACYT con número de becario 934583.

AGRADECIMIENTOS

Al comité tutorial de este trabajo: Dra Hilda M. Guerrero Netro, Dra. Patricia Mora Medina por su infinita paciencia, aporte de conocimientos y colaboración para la publicación del artículo de revisión.

Dr. Daniel Alonso Domínguez Olvera por su valiosa ayuda en la parte estadística y observaciones, Dra. Silvia Adriana Olmos Hernández gracias por sus observaciones y conocimiento aportado, Dra. María Elena Trujillo Ortega le agradezco su interés y conocimientos compartidos.

Al Dr. Miguel González Lozano, decirle gracias es poco, gracias por todo lo que he aprendido de usted, fue un camino largo pero se logró, ha sido una experiencia enriquecedora en mi vida el poder ser su alumna.

Mamá y Ale gracias por todo su apoyo, por su amor y paciencia, las amo. Familia gracias por todo y tanto.

José Luis no sé que haría sin ti, gracias por estar en cada momento.

Amigos aunque están lejos siempre me apoyaron y confiaron en que podía con este proyecto, gracias a todos, los quiero.

A todos los estudiantes que me apoyaron en la etapa observacional del estudio, también por dejarme compartirles lo que he ido aprendiendo en este tiempo.

Gracias al CEIEPP, al personal, por abrirme las puertas y por todo lo que aprendí en este centro.

Resumen

El estudio del dolor asociado al parto en cerdas, es relevante ya que permite identificar las conductas propias del dolor y orientar la asistencia técnica para proveer bienestar a las hembras en las producciones pecuarias. Para evaluar el comportamiento asociado al dolor en cerdas durante el parto y la actividad uterina, fueron seleccionadas 36 cerdas de 1ra a 6ta gestación de cruce Yorkshire-Landrace; se grabó el comportamiento en la fecha probable del parto y durante este, en 10 hembras fue realizado monitoreo uterino. Las posturas del comportamiento normal más observado fueron: sentada (61.83%), posición lateral derecha (77.94%) e izquierda (80%) y de pie (67.39%) con duración corta (1-60 s) y larga (> 301 s). El comportamiento asociado al dolor más observado fue: extremidad pélvica hacia adelante (71.48%), movimiento de cola (87.79%), patada (82.45%) y distensión abdominal (44.12%) con duración corta (1-60 s) y moderada (61-300 s). Para el monitoreo uterino el análisis de componentes principales explica el 66% de la variación total para caracterizar los eventos (nacimiento de lechones) con los tres primeros componentes, las interacciones entre los componentes incluyeron las variables: número total de contracciones por parto, frecuencia de contracción (en 10 min) y presión de contracción (mm/Hg). Los parámetros productivos estuvieron por debajo de los parámetros de granja, la vitalidad neonatal de 7.48 ± 0.72 , mortalidad intra-parto de 0.72 ± 1.25 afectada solo por el total de nacidos ($p > 0.01$).

Palabras clave: dolor, nacimiento de lechón, cerda, comportamiento, actividad uterina, parto espontáneo

Abstract

The study of pain associated with childbirth in sows is relevant since it allows to identify the behaviors of pain and guide technical assistance to provide welfare to females in livestock productions. To evaluate the behavior associated with pain in sows during calving and uterine activity, 36 sows from 1st to 6th gestation of Yorkshire-Landrace cross were selected; The behavior was recorded on the probable date of delivery and during this, uterine monitoring was performed in 10 females. The most observed normal behavior postures were: sitting (61.83%), right (77.94%) and left (80%) lateral position and standing (67.39%) with short duration (1-60 s) and long duration (> 301 s). The behavior associated with pain most observed were: forward pelvic limb (71.48%), tail movement (87.79%), kick (82.45%) and abdominal distension (44.12%) with short duration (1-60 s) and moderate duration (61-300 s). For uterine monitoring, the analysis of main components explains 66% of the total variation to characterize the events (birth of piglets) with the first three components, the interactions between the components included the variables: total number of contractions per birth, frequency of contraction (in 10 min) and contraction pressure (mm / Hg). The productive parameters were below the farm parameters, the neonatal vitality of 7.48 ± 0.72 , intrapartum mortality of 0.72 ± 1.25 affected only by the total number of births ($p > 0.01$).

Keywords: pain, piglet birth, sow, behavior, uterine activity, spontaneous calving

Contenido

1. Introducción	1
2. Justificación.....	3
3. Planteamiento del problema.....	5
4. Hipótesis.....	8
5. Objetivo	9
5.1 Objetivo general	9
5.2 Objetivos secundarios.....	9
6. Revisión de la literatura	10
6.1 Concepto de dolor en animales domésticos	10
6.2 Modelo animal para evaluación del dolor	11
6.3 Investigación del dolor en animales y comportamiento.....	13
6.4 Prácticas que generan dolor en animales de granja.....	15
7. Evaluaciones de comportamiento alrededor del parto	16
7.1 Roedoras	16
7.2 Vacas.....	17
7.3 Yeguas.....	18
7.4 Cerdas	18
8. Monitoreo uterino.....	21
9. ¿Cómo puede el dolor tener un efecto sobre la producción?.....	24
10. ¿Cuál es el futuro de la investigación referente a los posibles indicadores del dolor?	26
11. Material y métodos.....	28
11.1 Población	28
11.2 Observaciones de comportamiento	29
11.3 Monitoreo uterino.....	30
11.4 Criterios.....	35
11.4.1 Criterios de inclusión.....	35
11.4.2 Criterios de exclusión.....	35

11.5	Parámetros reproductivos.....	35
11.6	Análisis estadístico	36
11.6.1	Observaciones de comportamiento	36
11.6.2	Monitoreo uterino	37
11.6.3	Parámetros reproductivos y mortalidad al nacimiento.....	38
12.	Resultados.....	40
12.1	Observaciones de comportamiento	41
12.1.2	Comportamiento normal	41
12.1.3	Comportamiento asociado al dolor	45
12.1.4	Análisis de verosimilitud	49
12.2	Monitoreo uterino.....	54
12.2.1	Análisis de componentes principales.....	54
12.3	Indicadores reproductivos	59
13.	Discusión	61
13.1	Observaciones de comportamiento	61
13.1.1	Comportamiento normal	61
13.1.2	Comportamiento asociado al dolor	64
13.2	Monitoreo uterino.....	67
13.3	Indicadores reproductivos	69
14.	Implicaciones	72
15.	Conclusión.....	73
16.	Referencias.....	76

Lista de cuadros

Cuadro 1. Comportamientos asociados al dolor durante el parto en especies domésticas.....	20
Cuadro 2. Número de parto de las 36 hembras observadas.....	29
Cuadro 3. Descripción de comportamientos asociados al dolor observados en hembras durante el proceso de parto.....	33
Cuadro 4. Escala de vitalidad neonatal de Zaleski y Hacker (1993) modificada por Mota-Rojas et al., (2005).	39
Cuadro 5. Proceso CATMOD de las observaciones obtenidas.....	49
Cuadro 6. Perfil categórico.....	52
Cuadro 7. Probabilidades de frecuencia en función del perfil categórico de las respuestas en 36 cerdas durante el parto y parto.....	53
Cuadro 8. Valores propios, proporción individual y acumulada de la matriz de correlación del monitoreo uterino.....	56
Cuadro 9. Contribución de las variables y resultados del análisis de componentes principales.....	57
Cuadro 10. Valores promedio de los indicadores reproductivos en 36 cerdas Yorkshire-Landrace y sus camadas, evaluados durante el parto.....	60

Lista de figuras

Figura 1. Diseño experimental del estudio.	32
Figura 2. Porcentaje de comportamientos (posición lateral derecha PLD y posición lateral izquierda PLI), considerados como normales, con mayor frecuencia de presentación en el parto y durante 7 horas en cerdas Yorkshire-Landrace.	43
Figura 3. Porcentaje de comportamientos considerados como normales, con menor frecuencia de presentación en el parto y durante 7 horas del parto en cerdas Yorkshire-Landrace.	44
Figura 4. Porcentaje de respuestas (posiciones) de comportamiento asociado con dolor con mayor número de observaciones durante el parto y durante 7 horas del parto en cerdas Yorkshire-Landrace.	47
Figura 5. Porcentaje de posiciones en el comportamiento de las cerdas asociado con dolor con menor número de observaciones durante el parto y durante 7 horas del parto en cerdas Yorkshire-Landrace.	48
Figura 6. Interacciones de los componentes principales, de lado derecho la relación de la frecuencia de contracción del CP1 y CP3, de lado izquierdo la relación del número total de contracciones entre el CP1 y CP2.	58
Figura 7. Fotografías del proceso de observación.	75

1. Introducción

En las últimas décadas, la investigación respecto al dolor en animales se ha incrementado de manera considerable, esto con el propósito de identificar sus causas, peculiaridades y posteriormente poder definir cómo evitar esta condición, para de esa manera garantizar y mejorar su bienestar. Los estudios acerca del dolor se han dirigido especialmente a animales de compañía y fauna silvestre, sin embargo, se mantienen rezagados en animales destinados a la producción de alimentos para el consumo humano. Los consumidores en la actualidad, preocupados por el bienestar animal, exigen y requieren que los animales destinados al abasto de alimentos no sufran dolor (Nawroth *et al.*, 2019; Estévez-Moreno *et al.*, 2021).

La demanda por productos pecuarios considerados amigables con el bienestar animal ha incrementado la preocupación sobre las condiciones que tienen los animales de granja. Los consumidores están más conscientes de la problemática que representa garantizar el bienestar de los animales y las implicaciones éticas, sociológicas y económicas que se presentan en las unidades productivas (Miranda-de la Lama, 2017). Al respecto, es más común observar que los consumidores expresan un alto nivel de empatía con las emociones de los animales, evitando el sufrimiento y el maltrato; por ello exigen más información y regulaciones relacionadas con el bienestar de los animales de granja (Miranda-de la Lama, 2017). Se sabe que lograr que los animales se encuentren completamente libres de dolor, daño y enfermedad es prácticamente imposible, debido a los diferentes manejos que se realizan con ellos en las granjas, en particular alrededor y durante el parto. No obstante, a pesar de que la premisa “libres del dolor” sigue siendo un componente primordial del bienestar animal declarado por el Consejo de Bienestar de Animales de Granja (FAWC, 1979). De ahí que se han diseñado estrategias, técnicas o métodos de cuidado de los animales que limiten las situaciones de dolor, incomodidad, o bien, que no se vea reducida su capacidad para experimentar placeres normales (Rutherford, 2002). Por lo cual, son áreas de preocupación con

respecto a la producción animal y la investigación biomédica (Prunier *et al.*, 2013). Adicionalmente, la investigación con respecto al dolor en animales domésticos se ha desarrollado para dar respuesta a las preocupaciones de los consumidores de alimentos de origen animal sobre la vida que éstos llevan durante su permanencia en las granjas, similar a lo que sucede con los animales destinados a experimentación y los que son empleados en labores de enseñanza. Sin embargo, los propios hallazgos científicos han demostrado que existen situaciones fisiológicas en la biología del animal que producen dolor de manera natural, como es el momento del parto. El parto es un momento crucial para numerosas especies y suele ser la experiencia más dolorosa en las hembras (Ison *et al.*, 2018). A su vez, este evento es considerado como uno de los más estresantes, tanto para la madre como para el recién nacido (Padbury *et al.*, 1998; Mainau y Manteca, 2011). Cabe señalar que aún, en la actualidad, el dolor persiste en las maternidades. Las posibles razones de la deficiencia en el alivio del dolor incluyen, entre otros; el costo, la cultura o la tradición agropecuaria, practicidad, disponibilidad y capacitación en el uso de analgésicos, además de las restricciones en el uso de dichos compuestos en animales productores de alimentos (Mellor *et al.*, 2008). Por lo tanto, es responsabilidad del médico veterinario y del personal que maneja a los animales que puedan reconocer si un animal sufre dolor (Landa, 2012). Para cumplir con esta obligación, el personal, investigadores, veterinarios y técnicos deben identificar, evaluar y actuar de manera rápida, precisa, eficiente y constante ante los signos de dolor para mitigarlo, evitando con ello el sufrimiento de los animales (Cohen y Beths, 2020), apoyándose de estrategias que permitan a nivel de granja poder hacerlo de forma oportuna.

Debido a las situaciones descritas, el objetivo de este estudio fue exponer como estrategia, el uso del comportamiento como indicador de dolor en las maternidades porcinas y la relación del comportamiento asociado al dolor en el transcurso del parto en la cerda con el patrón de contracciones uterinas, mediante el registro de la tocografía y el etograma.

2. Justificación

El dolor ha sido ampliamente estudiado en diferentes especies animales. Aún cuando los modelos de roedores conservan un papel dominante en el estudio de los mecanismos del dolor, los modelos de grandes animales se han estudiado en menor grado, no obstante que en determinado momento pueden predecir la biología humana y la farmacología en ciertas condiciones de dolor con mayor precisión. Esto podría llevar a una mejor evaluación del dolor y un tratamiento analgésico mejorado tanto para humanos como para animales de laboratorio (Raekallio *et al.*, 2003). Al respecto, y teniendo en cuenta las características anatómicas y fisiológicas comunes para el hombre y los cerdos, los porcinos parecen proporcionar el modelo animal más adecuado para la evaluación del dolor, sin embargo, es necesario identificar nuevos métodos para valorar el dolor en grandes animales que no sean invasivos, utilizando otros indicadores que puedan ser prácticos y sencillos de obtener en granja (Raekallio *et al.*, 2003).

En este sentido se sabe que dentro de la porcicultura, una de las etapas productivas donde se pueden observar situaciones relacionadas al dolor es durante el proceso de parto; a pesar de, la severidad del dolor experimentado alrededor del evento y su impacto en el bienestar, así como sus efectos en la productividad de las cerdas y lechones no ha sido completamente explorado (González *et al.*, 2017).

En vista de que productores y veterinarios califican el parto normal como doloroso (con una escala de 3.8 y 4.5 de 10 respectivamente). Asimismo, los productores consideran que del total de los partos, el 5.3% de cerdas primerizas y 3.7% de multíparas presentan partos distócicos (Ison y Rutherford, 2014; Ison *et al.*, 2016), por lo que el estudio del dolor al parto en cerdas merece más atención en las investigaciones sobre bienestar al parto de las hembras (González *et al.*, 2017).

Por otro lado, las encuestas sobre la administración de tratamientos para reducir la percepción del dolor en los animales, mostraron que los veterinarios administran

analgésicos con mayor frecuencia a los animales que manifiestan el dolor mediante vocalizaciones (Weary et al., 2006).

Mientras que aquellos que no se quejan a través de las vocalizaciones, no les son prescritos tratamientos alguno o bien, el tratamiento no es oportuno o adecuado. Además, la situación se agrava cuando los veterinarios siguen teniendo dificultades para diagnosticar el dolor, y si los conocimientos sobre el tratamiento a aplicar son limitados (Weary et al., 2006).

A pesar de considerables esfuerzos para mejorar la capacidad de los veterinarios en el manejo del dolor, los animales de granja reciben una prioridad menor en comparación a los animales de compañía o especies en las que el animal individual tiene un alto valor económico. Incluso la mayoría de los libros de texto sobre el manejo del dolor animal proporcionan información limitada sobre los animales destinados a la producción de alimentos para consumo humano (Nolen, 2001; Anil, Anil y Deen, 2005).

En otro contexto, para los animales de laboratorio, se ha exigido la implementación de refinamientos para aliviar y minimizar el dolor y el sufrimiento de los animales destinados a la investigación. Dado que la aceptación pública del uso de los animales en la investigación es restringida, esta aceptación depende de la disposición que tienen los investigadores en cumplir las obligaciones éticas y legales para proporcionar alivio del dolor como un deber humanitario. Una de estas obligaciones sería la identificación del dolor de forma temprana que puede basarse en indicadores fisiológicos o conductuales. Estos indicadores se han utilizado para desarrollar diferentes sistemas de puntuación del dolor con posibles beneficios y limitaciones para identificar y evaluar el dolor en animales de investigación y en clínicas veterinarias para especies de compañía (Cohen y Beths, 2020); sin embargo, en los animales de granja, si bien se están desarrollando protocolos para la evaluación del dolor, es escasa la información que hay sobre las cerdas durante el parto.

3. Planteamiento del problema

El parto es un momento crítico para muchas especies, con frecuencia es el evento más doloroso que han experimentado las hembras. La presencia de estructuras anatómicas y fisiológicas asociadas con el dolor, así como el aumento de la evidencia experimental, muestra y se acepta que varias especies de mamíferos experimentan dolor al momento del parto (Sneddon et al., 2014; Tong et al., 2008; Catheline et al., 2006; Mirza et al., 2013).

Contrariamente a la extensa investigación en humanos, en animales domésticos, existen estudios limitados sobre el dolor asociado con el proceso de nacimiento. En especies domésticas, como el cerdo, el dolor asociado con el parto representa una preocupación de bienestar, considerando que las consecuencias pueden causar pérdidas económicas. Toda vez que, se ha demostrado que el estado de salud y bienestar de la cerda refleja su capacidad para generar descendencia sana (Ison et al., 2018). Por ejemplo, al relacionarse indirectamente con la mortalidad de los lechones, ya que el dolor podría retrasar la recuperación posparto, reducir la ingesta de alimento y agua, por ende, afectar la condición corporal, disminuyendo la secreción o expulsión de la leche (Ison et al., 2018; Mainau y Manteca, 2011), por lo tanto, los lechones también tienen secuelas durante el periodo perinatal y en lactancia que comprometen su sobrevivencia.

Además de las alteraciones fisiológicas, el registro de todos los cambios de comportamiento de los animales durante el proceso de producción es fundamental con el fin de identificar a aquellos animales que manifiestan signos de dolor para así determinar las situaciones del entorno o internas como puntos críticos que lo están generando (García et al., 2016).

Siendo el parto un evento doloroso, existe suficiente descripción respecto al comportamiento al parto en cerdas, en situaciones consideradas como normales (Jensen, 1986; Jensen, 1988; Uitdehagg, 2008). Al mismo tiempo se cuenta con hallazgos de las investigaciones sobre la frecuencia observada por los cambios posturales y la duración del comportamiento. Estas conductas se han utilizado para

evaluar el dolor en las cerdas derivado del parto (Tenbergen *et al.*, 2014; Viitasaari *et al.*, 2014; Mainau *et al.*, 2012; Mainau *et al.*, 2010; Hausmann *et al.*, 1999; Jarvis *et al.*, 1999), presencia de úlceras en hombros (Larsen *et al.*, 2015) y claudicación (Conte *et al.*, 2015; Parsons *et al.*, 2015; McGlone *et al.*, 1993).

Mientras que, son pocos los estudios recientes que han descrito la posible relación entre el dolor y comportamiento durante el parto. Ison *et al.*, (2016), observaron a cerdas antes, durante y después del parto, registrando una tendencia al incremento de movimientos de extremidades pélvicas, de cola y temblor muscular. El patrón longitudinal de expresión de comportamiento y su relación con la expulsión de lechones, indica una asociación cuantitativa con el dolor, aclaran que hace falta continuar la investigación para poder caracterizar estas conductas como indicadores de dolor.

El dolor persistente es una preocupación de bienestar y podría contribuir a la pérdida de lechones. Esto ha llevado a la realización de estudios de investigación de analgesia posparto. No se ha demostrado una clara reducción del dolor, en parte debido a la falta de indicadores específicos de comportamiento (Ison *et al.*, 2016). A pesar de los avances recientes en la evaluación del dolor en animales de granja se cree que la aplicación de tratamiento apropiado al dolor es poco frecuente (Guatteo *et al.*, 2012; Prunier *et al.*, 2013).

La dificultad de medir el comportamiento ha llevado a los investigadores a abandonar la medición del dolor conductual y se utilizan variables cuantitativas. En este sentido, la herramienta de medición conductual debe adaptarse fácilmente para un individuo, para ser utilizada por médicos que no puedan dedicar tiempo a cada animal; en cuanto a personal de granja, con capacitación se puede reducir la dependencia de presenciar vocalizaciones y comportamientos extremos, para aumentar su sensibilidad a la evidencia silenciosa de sufrimiento. El uso de una escala de calificación variable, validada para comportamientos específicos de la especie, que obligue al tratamiento cuando se alcance cierto puntaje, puede ser el método más preciso para garantizar el tratamiento en un entorno clínico (Hardie, 2000).

Al valorar el dolor, el primer indicador usualmente es un cambio en el comportamiento normal del animal (Seskel *et al.*, 2008); no obstante, los rangos de las variables fisiometabólicas son irrefutables. Diversos estudios han sugerido que el dolor puede ser tan sutil que es difícil detectarlo por observación (Wenzlawowicz, 2009), por lo que cualquier intento por evaluar el bienestar animal debe estar sustentado en las evidencias relacionadas con las sensaciones percibidas por los animales junto a las derivadas de sus estructuras y funciones, así como de sus comportamientos (Trentini *et al.*, 2011).

En el estudio realizado por Dzikamunhenga *et al.*, (2014) concluyen que los términos “comportamiento específico del dolor” o “comportamiento relacionado con el dolor” se han utilizado de manera inconsistente en toda la literatura científica sobre los cerdos. Por lo que sugieren que se necesita un esfuerzo de investigación de dolor que sea significativo y dirigido dentro del dolor somático, visceral y neuropático, para que el cerdo a pesar de su sensibilidad reciba la atención que requiere para garantizar el bienestar animal adecuado (Herskin y DiGiminiani, 2018).

La evaluación del dolor en procesos naturales todavía no forma parte de las evaluaciones de bienestar típicas en sistemas de producción ni en laboratorio, por lo que los cerdos reciben tratamiento paliativo correspondiente a otras especies o a diferentes situaciones (Herskin y DiGiminiani, 2018).

Por consiguiente, el propósito del proyecto es fortalecer las percepciones sobre el bienestar animal y su importancia a partir de la generación de conocimiento, lo anterior por medio del uso de herramientas que faciliten la valoración del dolor en la cerda durante el parto. No obstante, antes de llevar a cabo algún tipo de tratamiento, primero se debe llevar a cabo un protocolo que describa y caracterice los comportamientos relacionados con el dolor en la cerda durante el parto que los relacione con la actividad uterina y describa el desarrollo del parto normal. Con ello, se contará con la información suficiente para el reconocimiento del dolor de la cerda durante el parto.

4. Hipótesis

El desarrollo del parto espontáneo se encuentra relacionado con la expresión de posturas y comportamientos asociados al dolor durante el parto en la cerda.

5. Objetivo

5.1 Objetivo general

Exponer una relación por medio de tocografía y etograma, asociados con dolor durante el parto en la cerda con el patrón de contracciones uterinas en hembras con partos espontáneos.

5.2 Objetivos secundarios

1. Observar el desarrollo del parto en cerdas con relación al comportamiento asociado al dolor.
2. Describir la frecuencia del comportamiento asociado con el dolor durante la expulsión de los lechones en cerdas de primer a sexto parto.
3. Determinar la relación de las contracciones uterinas con el comportamiento asociado al dolor en hembras de primer a sexto parto.

6. Revisión de la literatura

6.1 Concepto de dolor en animales domésticos

La IASP (International Association for the Study of Pain) ha definido el dolor como: “Una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada o similar a la asociada con daño tisular real o potencial” (Raja et al., 2020). No obstante, la definición comúnmente utilizada para el dolor humano no se puede aplicar directamente a los animales porque se enfoca en saber cómo se sienten los animales o en exigirles que nos comuniquen sus experiencias subjetivas. La descripción verbal es sólo uno de varios comportamientos para manifestar dolor; la incapacidad para comunicarse no niega la posibilidad de que un ser humano o un animal no humano experimente dolor (Martínez-Burnes et al., 2021). Es por eso, que el concepto de dolor en medicina veterinaria ha evolucionado; de acuerdo con Zimmerman (1986) y Sneddon (2009) la definición para el dolor más utilizada para los animales es:

“El dolor animal es una experiencia sensorial aversiva que provoca acciones motrices protectoras que resultan en aprender a evitarlo y en modificar los rasgos de comportamiento específicos de la especie, incluyendo el comportamiento social” (Zimmermann, 1986). Más recientemente, Sneddon (2009) realizó un aporte a esta idea sugiriendo que los animales con dolor deberían “aprender rápidamente a evitar el estímulo nocivo y demostrar cambios sostenidos en el comportamiento que tienen una función protectora para reducir futuras lesiones y dolor, evitando que la lesión se repita promoviendo el proceso de curación y recuperación”.

Cabe señalar que desde los años 90, Molony (1997) definió al dolor animal de la siguiente forma: “El dolor animal una aversión sensorial y emocional que representa una conciencia del daño o amenaza a la integridad de sus tejidos; cambiando la fisiología y el comportamiento del individuo para reducir o evitar los daños, la

probabilidad de recurrencia y promover la recuperación del animal. En consecuencia, el dolor ocurre cuando la intensidad o la duración de la experiencia no son apropiados para el daño sufrido y cuando las respuestas fisiológicas y conductuales no logran aliviarlo”.

Como se puede observar, el dolor es percibido de diferente manera en cada individuo y contiene componentes internos y externos para poder ser evaluado por el observador y aliviado por el propio animal. Por tanto, es importante estandarizar el concepto y que este incluya el comportamiento de los animales considerando su entorno social. Lo anterior pone en evidencia que las investigaciones deben incorporar dichos aspectos, con la intención de proponer una definición que pueda referirse al dolor animal en general. Sin embargo, una de las limitantes para la evaluación del dolor es la diversidad de especies animales, lo cual dificulta el uso de un modelo único para evaluarlo.

6.2 Modelo animal para evaluación del dolor

La complejidad del fenómeno del dolor ha hecho difícil evaluar el verdadero valor de las investigaciones realizadas y los avances en esta materia. Los estudios sobre el dolor en animales se ven afectados de manera importante por una amplia gama de factores moduladores, incluidos el sexo (del animal y del evaluador), el genotipo y la comunicación social, los cuales deben tenerse en cuenta al utilizar un modelo animal (Mogil, 2009).

Es por eso, que los estudios sobre el dolor que utilizan animales plantean sus propios desafíos significativos y limitaciones éticas. Además, entre los investigadores se ha generado un debate sobre el valor de los modelos animales populares en la actualidad (Mogil, 2009).

Aunque los modelos de roedores conservan un papel dominante en el estudio de los mecanismos del dolor, los modelos en animales domésticos tienen la ventaja de que se puede simular con mayor precisión la biología humana y la farmacología en ciertas condiciones con mayor precisión por lo cual son necesarios los estudios en estas especies (Raekallio *et al.*, 2003). Sin embargo, es necesario identificar nuevos

métodos para evaluar el dolor en especies grandes, debido a sus similitudes con los humanos. Al respecto, considerando las características anatómicas y fisiológicas que el hombre y los cerdos tienen en común, éstos últimos parecen proporcionar el modelo animal más adecuado para la evaluación del dolor (Swindle y Smith, 2015). Igualmente, es necesario identificar nuevos métodos para evaluar el dolor en especies grandes, debido a sus similitudes con los humanos. Lo anterior, podría llevar a una mejor evaluación del dolor y un tratamiento analgésico mejorado tanto para humanos como para animales (Raekallio *et al.*, 2003).

Teniendo en cuenta esta hipótesis, es necesaria la creación de nuevas metodologías y validación en las evaluaciones del dolor animal en diversas condiciones de producción. Por consiguiente, las investigaciones se deben desarrollar desde el punto de la valoración fisiológica y conductual, lo cual, llevaría a lograr implementar estos métodos en granjas comerciales y experimentales. Lo anterior, con el objeto de poder conseguir mejorar las condiciones de las diferentes especies como resultado de dichas valoraciones científicas y de esta forma proveer alimentos que sean obtenidos con las expectativas de bienestar animal que se exigen en la actualidad.

Hasta el presente, la complejidad del fenómeno del dolor ha hecho difícil evaluar el verdadero valor de las investigaciones realizadas y sus resultados. Los estudios sobre el dolor se ven afectados de manera importante por una amplia gama de factores moduladores, incluidos el género (del animal y del evaluador), el genotipo y la comunicación social, los cuales deben tenerse en cuenta al utilizar un modelo animal.

En general, las reacciones analizadas en los estudios de todas las especies incluyen:

-Respuestas organizadas por centros inferiores en la jerarquía del sistema nervioso central (denominados reflejos pseudoafectivos), que incluyen reacciones neurovegetativas (taquicardia, hiperpnea, hipertensión arterial, etc.), respuestas

motoras básicas (contracturas, abstinencia, etc.), vocalizaciones (Rukwied *et al.*, 2008; Cornefjrod *et al.*, 1995) y;

-Respuestas más complejas integradas por centros nerviosos superiores, que incluyen respuestas motoras condicionadas después de un periodo de aprendizaje como reacción conductual (escape, evitación, agresión, entre otros) (Woodworth y Sherrington, 1904; Sherrington, 1906; Loewenstein *et al.*, 2001).

Sin embargo, ninguna de estas evaluaciones es completamente satisfactoria, debido a que muestran una serie de debilidades, algunas de las cuales se deben a los tipos de estímulos o la forma en que se aplican, la plasticidad del animal o la forma en que se han medido y evaluado los datos (Woodworth y Sherrington, 1904; Sherrington, 1906; Loewenstein *et al.*, 2001). Debe señalarse, que algunas de las barreras para el reconocimiento y alivio del dolor son: la falta de conocimiento actualizado, así como escasa comunicación entre productores y médicos veterinarios. De tal manera, que estas situaciones puedan ayudar a orientar a las futuras estrategias de educación, formación e investigación en el área (Ison y Rutherford, 2014).

6.3 Investigación del dolor en animales y comportamiento

Hasta la fecha, la investigación sobre la evaluación del dolor en animales ha optado por utilizar tres enfoques: monitoreo del funcionamiento general del cuerpo, rangos fisiológicos y medidas de comportamiento. En cuanto a las respuestas al dolor se pueden interpretar de dos formas: la primera para evaluar si un procedimiento realizado generalmente causa dolor y probar la eficacia de un protocolo analgésico que se usará de manera general para todos los animales; la segunda es que puede usarse para evaluar si un animal en particular tiene dolor o ha recibido suficiente analgesia. Aunque cierta variabilidad en la respuesta es aceptable cuando se evalúa un procedimiento en un grupo de animales, se necesita una mayor especificidad cuando se requiere utilizar alguna variable para monitorear el dolor en individuos (Weary *et al.*, 2006).

Una de las razones para tener una evaluación específica y veraz es que el dolor es un punto crítico en el bienestar de los animales; además puede llevar a una disminución en el rendimiento de la producción, por ejemplo, la tasa de crecimiento en toros se ve afectada (Earley y Crowe, 2002) o el descenso en la producción de leche (Fourichon et al., 2000), que también se pueden usar como indicadores indirectos del dolor.

En cuanto a las modificaciones del comportamiento, estas son consideradas como los elementos básicos que se utilizan para identificar el dolor en los animales domésticos. Los cambios de comportamiento constituyen la primera indicación de que un individuo no se encuentra bien (Seskel, 2008). Por eso, el comportamiento se refiere a lo que hace realmente un animal cuando se utiliza como indicador del dolor o bienestar. Al mismo tiempo, se debe tener presente que las reacciones comportamentales no reflejan únicamente el estado del animal, son más complejas, incluyen la conducta del animal, cuándo, cómo y dónde la manifiesta, así como los motivos que lo llevan a comportarse de cierto modo. Con esta finalidad, la conducta nunca debe considerarse de manera aislada, sino en el contexto donde se observa (Seskel, 2008). Por lo cual, se sugiere que el comportamiento depende de tres factores principales:

- I. Predisposición genética.
 - II. Vivencias anteriores y experiencia adquirida en esas circunstancias.
 - III. Entorno particular en que se encuentra el animal en esos momentos.
- (Seskel, 2008).

Por otra parte, las especies predatoras comparadas con las especies presa presentan variaciones comportamentales notables (Overall, 1997). Las vivencias previas hacen que la conducta del animal esté condicionada por la experiencia de estímulos nocivos o estresantes y sus consecuencias, incluso por la edad (Overall, 1997; Sternberg *et al.*, 2004). En cuanto a los factores genéticos, éstos provocan que las reacciones de los animales al dolor varíen en función de los ejemplares y

de las especies. En parte esas diferencias se deben a variaciones genéticas en el número, distribución y morfología de receptores opioides (Hellyer *et al.*, 2007).

Dentro de los factores mencionados que pueden influir en el comportamiento son: el entorno, la situación del animal en el momento en que padece el dolor, presencia o ausencia de otros animales, de su misma especie o de otras, un ambiente familiar o desconocido, el clima y estímulos que nunca había experimentado anteriormente, determinarán el comportamiento, duración y frecuencia de este (Flecknell, 2008).

6.4 Prácticas que generan dolor en animales de granja

En los establecimientos de producción animal se aplican numerosas prácticas que provocan lesiones considerables en tejidos sensibles, como los órganos viscerales, músculos, tendones, huesos, nervios y vasos sanguíneos, provocando un dolor inmediato y de larga duración (Mellor, Fisher y Stafford, 2008). Además de las prácticas rutinarias de cría, como la castración, corte de cola, estirpado de cuernos, marcaje, muescas en las orejas o corte de picos, de acuerdo con cada especie también se realizan varias intervenciones menos comunes, entre ellas: tatuaje, implantación de dispositivos electrónicos, extirpación de glándulas mamarias supernumerarias, recorte y limado de dientes, recorte de colmillos, fijación de anillas en la nariz, corte de crestas y carúnculas en aves, extirpación de garras, amputación de falanges, recortes y amputación de alas (Mellor, Fisher y Stafford, 2008), dichas prácticas con frecuencia son normalizadas.

En los animales las evaluaciones del dolor se han centrado en: a) modelos experimentales, b) procedimientos dolorosos que se realizan rutinariamente en granjas con fines de producción o c) animales que sufren dolor debido a enfermedades o lesiones (Prunier *et al.*, 2013). Por lo tanto, la presencia de estructuras anatómicas y fisiológicas asociadas con el dolor, así como el aumento de la evidencia experimental, demuestra que generalmente se acepta que varias especies de mamíferos experimentan dolor al momento del parto (Sneddon *et al.*, 2014; Tong *et al.*, 2008; Catheline *et al.*, 2006; Mirza *et al.*, 2013). Este evento es

considerado como uno de los más estresantes, tanto para la madre como para el recién nacido (Padbury *et al.*, 1988; Mainau y Manteca, 2011).

Entre los factores que afectan al dolor causado por el parto son la duración de la expulsión, desproporción feto-pelvis, presentación fetal inadecuada (Mainau y Manteca, 2011), estenosis de la vulva (especialmente en vacas primíparas) e inercia uterina, torsión uterina o de las estenosis cervicales (especialmente en vacas multíparas) pudiendo ser causas de dolor, produciendo un mayor grado de malestar alrededor del parto (Mee, 2008; Metz y Metz, 1987). No obstante, debido a que hay limitada investigación al respecto, existen pocos métodos objetivos para medir el dolor durante el parto normal, ocasionando que haya poca investigación al respecto (Kleinhenz *et al.*, 2018).

7. Evaluaciones de comportamiento alrededor del parto

La mayoría de los métodos de evaluación del dolor están relacionados con la identificación de los metabolitos relacionados con este fenómeno; sin embargo, se ha procurado utilizar métodos menos invasivos, como lo es la observación de comportamiento que puede ser evaluado en cualquier especie animal a nivel de granja de una manera práctica. Sin embargo, es necesario identificar las particularidades de cada animal.

7.1 Roedoras

Los comportamientos específicos asociados con el dolor al parto ya han sido valorados en especies polítocas como: rata (Catheline *et al.*, 2006; Tong *et al.*, 2008) y ratón (Mirza *et al.*, 2013). Dichos comportamientos incluyen tratar de esconderse, retrayendo hacia adentro una de las extremidades pélvicas, contraer la parte baja del abdomen con las extremidades pélvicas hacia el suelo, contracción de la zona baja abdominal, distensión abdominal y estiramiento de extremidades con encorvamiento. Estos comportamientos frecuentemente son relacionados con dolor y no precisamente ayudan a los fetos a pasar por el canal del parto. No obstante, se ha observado que dichos comportamientos son reducidos de forma significativa

después de la administración de morfina por vía epidural (Catheline *et al.*, 2006). Los comportamientos espontáneos también son reducidos en forma dependiente de la dosis con una infusión de morfina intratecal, administrada un día antes del parto, excepto cuando se utilizó una dosis más baja (Tong *et al.*, 2008).

Por otro lado, la expresión de comportamiento asociado al dolor en ratones, fue reducido con una dosis dependiente de una infusión sistémica de morfina, sin alteración de conductas como comer, hacer nidos y atender a las crías, lo cual indica que el comportamiento animal no fue reducido por el efecto sedante de la droga (Mirza *et al.*, 2013). Estos comportamientos también fueron asociados con el dolor debido a las contracciones uterinas, ya que comenzaron antes de la expulsión fetal y su frecuencia aumentó con la administración de oxitocina subcutánea, lo que a su vez incrementa la frecuencia e intensidad de las contracciones (Catheline *et al.*, 2006).

7.2 Vacas

En lo referente a vacas Holstein, se han observado levantamientos de cola durante el progreso de parto con mayor frecuencia en hembras cuyo ternero mantiene una presentación inadecuada (Barrier *et al.*, 2012). Los resultados en vacas que presentan distocia muestran: mayor inquietud al inicio del parto, levantamiento de cola y se acostaron en posición lateral reposando la cabeza en el piso más tiempo que vacas con partos eutócicos (Barrier *et al.*, 2012). Sin importar la dificultad al parto, a medida que este se aproxima, hay aumento de inquietud, levantamiento de cola, reposo, cambios posturales de reposo a ponerse de pie, tales observaciones son consistentes con hallazgos previos (Miedema *et al.*, 2011; Wenhrend *et al.*, 2006; Huzzey *et al.*, 2005; Lidfors *et al.*, 1994; Owens *et al.*, 1985).

Estos resultados pueden utilizarse como punto de partida, para demostrar que al conocer el comportamiento durante el parto, se puede relacionar con el dolor, siendo esto relevante para poder implementar a nivel productivo protocolos de atención, teniendo como resultado un rendimiento óptimo de la hembra y la cría(s).

7.3 Yeguas

Hay limitados estudios científicos que investiguen sobre el comportamiento del dolor equino durante el parto, a pesar de la importancia clínica que se da al comportamiento de un caballo; menos aún con respecto a otras especies equinas, como el burro y la mula (Ashley *et al.*, 2005). De forma común, la agresión se ha asociado fuertemente con el dolor, mediante una asociación aprendida, como la vinculación de su propia descendencia con el dolor del parto (Juarbe-Díaz *et al.*, 1998). No obstante, Ashley *et al.* (2005) resaltan la escasez de información relacionada con los comportamientos de dolor y analgesia en équidos, lo cual hace imposible cualquier declaración de validez sobre la expresión de comportamiento al dolor.

van Dierendonck *et al.*, (2020) probaron y desarrollaron escalas del dolor con elementos conductuales, variables fisiológicas, respuesta a interacciones y expresiones faciales en tipos de dolor agudo en situaciones de cojera agua, cólico, dolor relacionado con la cabeza y postoperatorio en burros; encontrando que la escala EQUUS-DONKEY-COMPASS y EQUUS-DONKEY-FAP pueden evaluar objetivamente el dolor agudo en burros, sin embargo dentro de estas situaciones evaluadas el dolor al parto no es incluido.

7.4 Cerdas

En las hembras porcinas no se cuenta con suficientes valoraciones previas respecto al comportamiento relacionado con el dolor al parto. Recientemente Ison *et al.*, (2016) en un estudio enfocado a identificar posibles indicadores de comportamiento relacionados con el dolor de la cerda al parto, reportan que el temblor muscular se incrementó conforme los fetos son expulsados. Mientras que el comportamiento de extremidad posterior hacia adelante no aumentó antes del nacimiento de un lechón. En consecuencia, el comportamiento de temblor podría indicar un efecto acumulado de inflamación, dolor o fatiga conforme el parto progresa, dichos comportamientos son los más prometedores para ser utilizados como indicadores de dolor. Esta investigación concluye que el patrón longitudinal de expresión de comportamiento y la sucesiva expulsión de lechones, indica una asociación cuantitativa con el dolor.

En cerdas se tienen evaluaciones de escalas de comportamiento para medir la facilidad al parto. Al respecto Mainau *et al.*, (2010), reportan que al desarrollar una puntuación de comportamiento durante el parto, observan la duración, posición de la cerda y la presencia de lechones nacidos muertos y fetos momificados, concluyendo que las primíparas presentan más actividad física en comparación con las múltiparas.

En cuanto al estudio de dolor posparto, Ison *et al.*, (2018), observaron el comportamiento asociado al dolor: extremidad posterior hacia adelante, tremor y arco posterior, en primíparas y múltiparas, con la administración de ketoprofeno noventa minutos después del término del parto. Observaron que la postura de arco posterior difería en el tiempo, disminuyendo cada hora después de la inyección, mientras que el movimiento de la extremidad posterior hacia adelante y el tremor no fueron diferentes con el paso del tiempo. En cuanto a las cerdas primíparas, exhibieron menor tiempo de postura de arco posterior y de extremidad posterior hacia adelante comparadas con las cerdas múltiparas, las cuales comenzaron con tiempos más prolongados de presentación de esos comportamientos, disminuyendo en la hora posterior a la inyección, mientras que las cerdas primerizas se mantuvieron más estables en las observaciones.

Por su parte, Uitdehaag *et al.*, (2008) estudiaron la relación del comportamiento al parto en cerdas con la supervivencia de lechones al destete. Encontrando que, durante el parto las cerdas con alta supervivencia al destete permanecen sentadas por periodos más largos de tiempo y menor tiempo de pie, comparado con cerdas con baja supervivencia al destete.

Todos los comportamientos descritos anteriormente en estas especies domésticas se agrupan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Comportamientos asociados al dolor durante el parto en especies domésticas.

Roedoras	Vacas	Cerdas	Yeguas
Distensión del abdomen, retracción de miembros pélvicos.	Reposo en piso apoyando la cabeza.	Espasmos musculares.	Agresión.
Contracción lateral.	Levantamiento de cola.	Miembro posterior hacia adelante.	No existe información en burras y mulas.
Arqueamiento de espalda.	Cambios posturales.	Arco posterior.	La falta de información hace imposible cualquier declaración que valide la expresión de comportamiento de dolor.
Espalda jorobada.	Inquietud.		
Catheline <i>et al.</i> , 2006; Tong <i>et al.</i> , 2008; Mirza <i>et al.</i> , 2013.	Barrier <i>et al.</i> , 2012; Huzzey <i>et al.</i> , 2005; Lidfors <i>et al.</i> , 1994; Owens <i>et al.</i> , 1985; Miedema <i>et al.</i> , 2011; Wherend <i>et al.</i> , 2006.	Ison <i>et al.</i> , 2016; Mainau <i>et al.</i> , 2010; Ison <i>et al.</i> , 2018; Uitdehaag <i>et al.</i> , 2018.	Juarbe-Díaz <i>et al.</i> , 1998; Ashley <i>et al.</i> , 2005.

8. Monitoreo uterino

Desde los años 70 se cuenta con precedente de registro de la actividad miométrial en cerdas (Taverne *et al.*, 1979) con monitoreo invasivo y el empleo de electrodos implantados en la hembra antes del parto para tomar la medición sobre la pared uterina. Actualmente existen trabajos en donde se ha reportado la frecuencia, presión intrauterina y duración de contracciones miométriales en cerdas de diferente número de parto y con el uso de uterotónicos (Mota Rojas *et al.*, 2005; Mota Rojas *et al.*, 2007; Olmos Hernández *et al.*, 2008).

En este mismo sentido, Olmos Hernández *et al.*, (2008) realizaron la caracterización de la dinámica uterina en cerdas con partos espontáneos, el resultado de este trabajo ha relatado que las cerdas primerizas y de segundo parto presentan un mayor número de contracciones, comparado con cerdas de otros partos. Las cerdas de sexto parto en adelante muestran contracciones uterinas más prolongadas, esta variable aunada a la intensidad de la contracción son indicadores de sufrimiento fetal agudo, y se encuentran relacionadas con un aumento de los muertos intraparto. De acuerdo con la edad de la cerda, la duración del parto incrementa, así como el porcentaje de lechones nacidos muertos (Olmos Hernández *et al.*, 2008).

Estos hallazgos también se han reportado en la especie humana. Los estudios de cardiotocografía intraparto en mujeres, han sido enfocados a monitorear las contracciones uterinas, ya que se ha prestado mayor atención a la frecuencia cardíaca fetal, dado que en situaciones anormales, el mantenimiento de las contracciones uterinas normales y el tiempo de recuperación suficiente son esenciales para restaurar el suministro de sangre materna oxigenada al espacio intervelloso y para asegurar que la saturación de oxígeno del cerebro fetal permanezca estable (Bakker y van Geijin, 2008).

Los protocolos de configuración para tocografía externa no están estandarizados, lo que genera falsos positivos y falsos negativos. Desafortunadamente, el riesgo de diferencia es significativo en obstetricia, incluso en situaciones donde la atención es adecuada y la documentación deficiente puede afectar en los casos (Miller, 2011).

Los antecedentes del uso de tocografía durante el parto en hembras de diversas especies muestran que su realización es necesaria para poder determinar la adecuada estructura de las contracciones uterinas, sin embargo, aún con la utilidad de estos indicadores, estos protocolos no se encuentran estandarizados (Bogal, 2017).

En otras especies como las perras el monitoreo uterino y fetal se inicia, al menos una semana antes de la fecha probable de parto y generalmente se realizan dos veces al día con 12 horas de diferencia (Davidson, 2001). El útero canino exhibe patrones característicos de actividad durante la última etapa de gestación y el parto, que varían en fuerza y frecuencia (van der Weyden *et al.*, 1981). En cuanto a las yeguas, se ha analizado el monitoreo de la frecuencia y la variabilidad de la frecuencia cardíaca fetal, concluyendo que es una herramienta prometedora para la evaluación del bienestar fetal (Boglárka *et al.*, 2015).

La medición de la frecuencia cardíaca fetal tiene limitantes, puede ser difícil de realizar debido a los movimientos maternos y fetales (Baska-Vincze *et al.*, 2014). Una medición exitosa muestra la frecuencia cardíaca del feto en un momento dado, que está marcadamente influenciada por la actividad fetal (Reef *et al.*, 1995, 1996; Palmer, 2000; Baska-Vincze *et al.*, 2014). La medición y evaluación de la frecuencia tienen una importancia destacada ya que el feto responde a la disminución del suministro de oxígeno de una manera completamente diferente a la respuesta de los animales adultos. Para el feto, no es posible aumentar el volumen de sangre y oxígeno que llega al útero, primero la frecuencia cardíaca fetal disminuye para reducir el trabajo del corazón y la demanda de oxígeno del miocardio (Boglárka *et al.*, 2015).

El examen de electrocardiografía feto-materna, que registra las señales del feto además de la yegua, fue accesible para los médicos a fines del siglo XX, con la llegada de nuevos sistemas. Nagel y colaboradores han reportado datos sobre la frecuencia cardíaca y su variabilidad en fetos equinos, sus mediciones concluyeron que la frecuencia cardíaca fetal disminuye continuamente mientras que la variabilidad aumenta con el avance de la gestación (Nagel *et al.*, 2010). Esta

variabilidad expresa numéricamente el efecto neurohormonal ejercido sobre la frecuencia cardíaca. En general, se puede afirmar que cuanto mayor es esta variabilidad, más sano es el corazón (Bowen, 2010).

La medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca es un método aceptado para evaluar el nivel de estrés, ya que, durante condiciones de estrés, la actividad del sistema nervioso simpático aumenta y ciertos valores de la variabilidad cambian (Kovács *et al.*, 2012; Kovács *et al.*, 2013).

La electrocardiografía feto-materna permite el registro no invasivo y continuo de la frecuencia cardíaca fetal y materna durante la gestación tardía y las etapas iniciales del parto en el ganado (Trenk *et al.*, 2015; Nagel *et al.*, 2016) y durante el parto en caballos (Nagel *et al.*, 2010, 2012, 2014, 2015).

Para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca se requiere una electrocardiografía de buena calidad. Para ello, los animales deben mantenerse en un entorno conocido y familiar, deben eliminarse los factores de estrés que pueden generar artefactos o resultados no válidos (Baska-Vincze *et al.*, 2015). Las opiniones varían en cuanto a la duración requerida del registro de electrocardiografía, algunos autores afirman que se necesitan registros de 4 a 24 horas (Bowen, 2010). Al respecto von Borell *et al.*, (2007) obtuvieron análisis de periodos de tiempo que se ha considerado aceptable tanto en medicina humana como veterinaria durante distintos estudios de variabilidad de frecuencia cardíaca y concluyeron que es de tan solo 5 minutos.

9. ¿Cómo puede el dolor tener un efecto sobre la producción?

El dolor puede reducir la ingesta de alimentos y agua, por lo que, para los animales de granja como los cerdos, también se toman medidas de producción para establecer el posible costo económico del dolor (Anil *et al.*, 2005)

Una consideración importante en el uso del alivio alrededor del parto en cerdas no es solo el beneficio en su propio bienestar, sino también el beneficio económico potencial para el agricultor a través de un aumento en el crecimiento y la supervivencia de los lechones (Peltoniemi y Oliviero, 2015). Considerando que la cerda reproductora es esencial para una producción exitosa en esta etapa, la buena salud y bienestar de la hembra se refleja en su capacidad para producir una camada de lechones saludables (Ison, 2016).

Uno de los desafíos más pertinentes que enfrenta la producción de alimentos para animales en la actualidad es satisfacer eficazmente las preocupaciones emergentes de los consumidores. Los puntos clave que deben abordarse para satisfacer las inquietudes de los consumidores se han identificado como la seguridad de los productos y el bienestar animal (Verbeke y Viaene, 2000). El dolor es la preocupación de bienestar más evidente y posiblemente requiera ser colocado en la cima de las prioridades de investigación sin importar si se enfatiza en las discusiones. La preocupación del público por el bienestar animal, acompañada de la intención de pagar precios más altos por productos con bienestar asegurado, puede facilitar la explicación de las preocupaciones del público en investigación sobre el bienestar (European Commission, 2005).

Cualquier intervención para minimizar el dolor en los animales de granja debe basarse en el animal, el sistema de producción y la consecuencia económica de las acciones, informar a todas las partes interesadas sobre el dolor animal debe preceder a dicha actividad; en última instancia, su apoyo a través del mercado es vital para la sostenibilidad de la ganadería (Anil *et al.*, 2005)

Algunos agricultores indicaron que los incentivos financieros para la calidad de la producción serían un motivador importante o incluso un requisito para que ellos

realicen mejoras en la granja que beneficien el bienestar de cerdos (Albernaz-Gonçalves *et al.*, 2020).

El bienestar de los animales destinados al consumo humano es una preocupación creciente. La cría de animales bajo el cuidado humano ya no se considera simplemente un medio de producción de alimentos, sino también una preocupación ética, que también tiene implicaciones económicas (Bergmeir, 2007; Ellison *et al.*, 2017; Buller *et al.*, 2018). La ganadería está bajo una presión cada vez mayor para volverse cada vez más eficiente a fin de satisfacer las demandas de alimentar a la población mundial estimada en 9.700 millones para 2050 (Godfray *et al.*, 2010; Badgley, 2002).

Por lo tanto, los productores a menudo se muestran reacios a aceptar algunas políticas destinadas a mejorar el bienestar animal, argumentando que esto aumentará los costos de producción y reducirá la eficiencia de la producción. Las razones del bajo uso de analgésicos en animales de granja incluyen la falta de reconocimiento del dolor animal debido a la aparente falta de cambios de comportamiento identificables antropomórficamente, la preocupación por la seguridad alimentaria humana y la falta de investigación para desarrollar analgésicos seguros para uso ganadero (Anil *et al.*, 2005). Considerando que la carne de cerdo es la más consumida a nivel mundial, con una industria global que incluye más de mil millones de cerdos sacrificados anualmente (McGlone, 2013; Kuberka *et al.*, 2018).

10. ¿Cuál es el futuro de la investigación referente a los posibles indicadores del dolor?

Los investigadores enfocados al dolor deberán desarrollar medidas que sean sensibles y específicas, trabajar con clínicos y otros profesionales para tomar medidas razonablemente eficientes y prácticas para evaluaciones en tiempo real en granjas, laboratorios y otras instalaciones para animales (Weary *et al.*, 2006).

El primer paso es desarrollar técnicas válidas y confiables para la evaluación del dolor en entornos prácticos, el segundo paso es usar técnicas para identificar formas de reducir las lesiones y enfermedades para refinar los procedimientos que son dolorosos pero necesarios (Weary *et al.*, 2006). Quizá los modelos animales de dolor más útiles serían aquellos en los que la etiología del dolor sea endógena y no inducida artificialmente por el experimentador (Mogil, 2009).

Para uso clínico, las técnicas deben ser de fácil aplicación, económico, no invasivo, proporcionar información inmediata, repetible en el tiempo y entre observadores. El dispositivo o técnica ideal de evaluación del dolor evaluaría igualmente la respuesta sensorial y emocional al dolor, es decir, mediría lo que el dolor significa para el animal, en lugar de simplemente cuantificar la magnitud de la estimulación nociva (Ison *et al.*, 2016).

La evaluación del comportamiento espontáneo “relacionado con el dolor” es el método más prometedor para evaluar el dolor en cerdos. Los indicadores fisiológicos son propensos a una baja especificidad al dolor; sin embargo, el uso de múltiples medidas incluido el comportamiento y fisiología, son útiles para evaluar completamente el impacto de una condición o evento doloroso en el individuo (Ison *et al.*, 2016).

Es necesario identificar el dolor antes de poder aliviarlo. Como en cualquier medida científica, una herramienta para la evaluación del dolor debe tener componentes fáciles de usar, objetivos, confiables y válidos. Es difícil tener una herramienta de este tipo que pueda ser utilizada por los productores en las condiciones agrícolas. Sin embargo, no se puede ignorar el dolor en los animales de granja, hacerlo puede

ser perjudicial tanto en términos económicos (Paul-Murphy *et al.*, 2004) como en términos de bienestar. El productor debe identificar y cuantificar el dolor para evaluar la utilidad de la estrategia de manejo del dolor y determinar cuándo interrumpir el tratamiento (Anil *et al.*, 2005).

Los futuros estudios sobre el dolor en los cerdos deben tener en cuenta la importancia de los posibles efectos del manejo, la edad del cerdo y el cegamiento de los observadores (Tuytens *et al.*, 2014) para reducir el riesgo de resultados sesgados. Considerando que los sistemas de seguimiento de video han habilitado medidas operantes, se están evaluando algoritmos de comportamientos telemétricos, cada vez más precisos para determinar su utilidad en la cuantificación de comportamientos de emisión espontánea y en el desarrollo de etogramas de animales en sus jaulas y durante periodos prolongados de tiempo (Jourdan, Ardid y Eschalier, 2001; Roughan, Wright-Williams y Flecknell, 2009).

11. Material y métodos

11.1 Población

El presente estudio fue aprobado con el número de protocolo: SICUAE.MC-2019/1-11 por el Subcomité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales Experimentales del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El estudio fue realizado en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM, ubicado en Jilotepec, Estado de México. Esta granja de enseñanza cuenta con producción de ciclo completo, sistema todo adentro-todo afuera y se emplea el uso de inseminación artificial. Con un flujo de producción de ocho partos por semana. Fueron incluidas 36 hembras de línea genética Yorkshire-Landrace, con pesos de 180 a 300 Kg, de primera a sexta gestación. Fue formado un subgrupo de 10 cerdas a las cuales se les realizó el monitoreo uterino. Durante la fase de observación las cerdas estuvieron alojadas en jaulas parideras individuales, a las cuales fueron llevadas cuatro días antes de la fecha probable de parto, para que tuvieran un periodo de adaptación a la instalación previo al parto. Las cerdas llegan a esta área con un baño antiparasitante y aplicación de pediluvio en todas las extremidades. La alimentación fue con una dieta de alimento concentrado específico para etapa de lactancia, con laxado previo al parto, y disposición de agua ad libitum. Las naves de maternidad donde se llevaron a cabo las observaciones contaron con sistema de ventilación manual, iluminación natural y artificial, temperatura ambiente promedio de 26°C.

11.2 Observaciones de comportamiento

Dos días previos a la fecha probable de parto se realizó una videograbación de una hora de duración, en un horario dentro de las 15:00-18:00 h, las cuales se registraron para observar el comportamiento preparto. Las cerdas fueron vigiladas constantemente a partir de la fecha probable de parto para detectar la ruptura de las membranas corioalantoideas y comenzar la observación del comportamiento. No se utilizó sincronización hormonal y todos los partos se produjeron de forma espontánea. A lo largo del parto se atendió a las cerdas y a los lechones al momento del nacimiento, la atención realizada a los lechones fue: despejar vías aéreas, secar el cuerpo y colocarlos bajo una fuente de calor. Las maniobras obstétricas sólo se realizaron cuando la hembra y neonatos requirieron la atención veterinaria, esto con el fin de no alterar las observaciones.

En el cuadro 2 se desglosa la cantidad de hembras que se observaron por cada número de parto, de primera a sexta gestación que fueron videograbadas antes y durante el desarrollo del parto, para después observar el comportamiento y registrarlo en el etograma.

Número de parto	Número de hembras
1	5
2	1
3	10
4	2
5	7
6	11

Cuadro 2. Número de parto de las 36 hembras observadas.

Los etogramas de los comportamientos observados se basaron en el trabajo realizado por Uitdehaag *et al.*, (2008) para el comportamiento normal al parto, para las observaciones del comportamiento asociado al dolor durante el parto en la cerda

el trabajo de Ison *et al.*, (2016, 2018) fue la base, asimismo, se incluyeron en el etograma comportamientos asociados al dolor en otras especies con fundamento en los trabajos de Catheline *et al.*, (2006), Tong *et al.*, (2008) y Mirza *et al.*, (2013). Las quince posturas y comportamientos observados del etograma, se describen en el cuadro 3.

En todas las hembras posterior a la ruptura de las membranas corioalantoideas, se inicio la grabación durante 20 minutos continuos cada hora de duración del parto, repitiendo estas grabaciones hasta que la hembra expulsó al décimo lechón nacido vivo o el último lechón vivo de la camada. Se utilizaron cámaras modelo GoPro HERO Session, colocadas en un tripie cuya disposición fue en la parte posterior de la jaula, para tener una visión periférica de los movimientos de la cerda durante el parto. Las grabaciones fueron realizadas por una sola persona, colocada en la parte trasera de la jaula frente a la parte posterior de la cerda (Figura 7).

Los criterios para el tiempo de observación fueron dentro del rango de esquemas de puntuación disponibles, actualmente para uso clínico se requieren de 10-30 minutos para realizarse de manera efectiva. Asignar este periodo de tiempo para evaluar a un animal puede no parecer significativo, pero para permitir un manejo efectivo del dolor es posible que las evaluaciones deban repetirse al menos cada hora (Flecknell, 2008).

El uso de un solo observador en las grabaciones de las medidas de comportamiento cuantitativas de una escala de calificación variable validada que incorporan múltiples comportamientos debería permitir evaluar cinco a seis niveles de dolor con tamaños de grupo de cinco-diez animales de genética similar y mismo sexo o de 15-20 animales de genética diferente y mismo sexo (Hardie, 2000).

11.3 Monitoreo uterino

Para la evaluación de esta variable, se realizó el monitoreo uterino y fetal en diez hembras de primera a sexta gestación, con la metodología descrita por González (2009). En estas hembras, se registró el patrón de contracciones durante el parto y

la frecuencia cardiaca fetal por medio de un cardiotocógrafo (FC700, Bionet). Previo a la colocación de los transductores, se rasuró la base de la región abdominal, se aplicó gel conductor y se fijaron con cinta adhesiva al cuerpo de la cerda. En la fecha probable de parto se realizó un monitoreo de prueba para que las hembras tuvieran una experiencia previa con el equipo. El monitoreo se realizó durante la expulsión de lechones con el fin de obtener los registros impresos de las contracciones uterinas en mm/Hg y la frecuencia cardiaca fetal.

Las variables evaluadas en el monitoreo uterino fueron: número total de contracciones, número de contracciones por parto, duración de la contracción (s), intensidad de la contracción (mm/Hg), frecuencia cardiaca fetal, orden de nacimiento del lechón, intervalo entre contracciones: el tiempo entre la duración del parto y el nacimiento del lechón/número de contracciones; la frecuencia de contracción (en 10 min): intervalo entre contracciones/10 min y la actividad uterina: frecuencia de contracción por el intervalo entre contracciones.

El diseño experimental del estudio se encuentra resumido en la Figura 1, y las imágenes de momentos de la etapa observacional se muestran en la Figura 7.

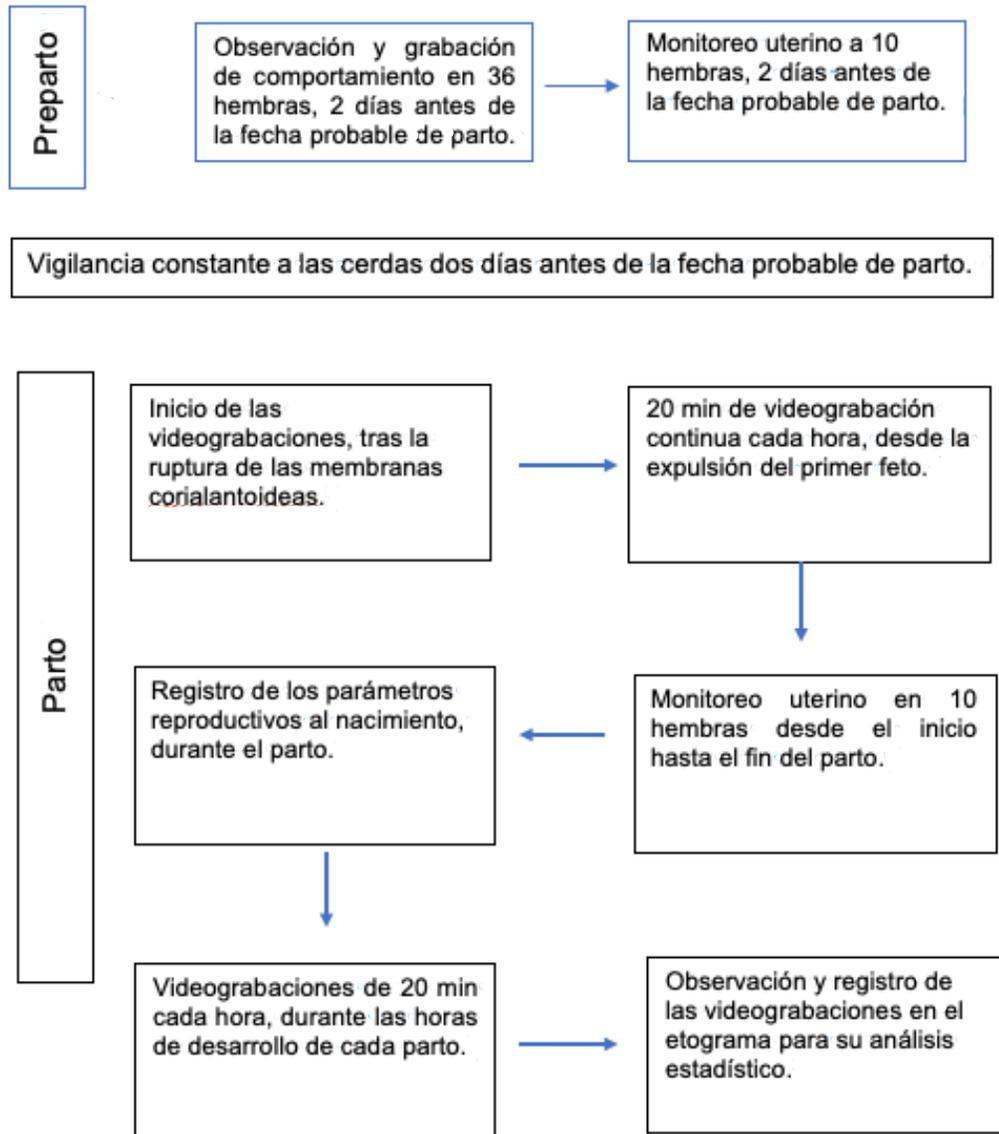


Figura 1. Diseño experimental del estudio.

Cuadro 3. Descripción de comportamientos asociados al dolor observados en hembras durante el proceso de parto.

Autor	Postura/ Comportamiento	Descripción
Uitdehaag <i>et al.</i> , 2008. Ison <i>et al.</i> , 2016.	De pie	Parada, con todas las extremidades en el piso.
Uitdehaag <i>et al.</i> , 2008. Ison <i>et al.</i> , 2016.	Sentada	Extremidades torácicas rectas y extremidades pélvicas hacia abajo en el suelo.
Uitdehaag <i>et al.</i> , 2008. Ison <i>et al.</i> , 2016.	Articulación carpal en piso	Articulaciones carpales en el suelo, con las extremidades pélvicas rectas.
Uitdehaag <i>et al.</i> , 2008. Ison <i>et al.</i> , 2016.	Posición lateral derecha/izquierda	Acostada de lado derecho con la glándula mamaria expuesta
Uitdehaag <i>et al.</i> , 2008. Ison <i>et al.</i> , 2016.	Posición ventral	Acostada con la glándula mamaria en el piso.
Ison <i>et al.</i> , 2016.	Tremor muscular	Contracción muscular rítmica.
Ison <i>et al.</i> , 2016.	Extremidad pélvica hacia adelante	Acostada lateralmente, la extremidad pélvica se tira hacia adelante y/o hacia el cuerpo.
Ison <i>et al.</i> , 2016.	Arco posterior	Acostada lateralmente uno o ambos pares de extremidades se tensan y se alejan hacia afuera del cuerpo y/o hacia el centro, formando un arco en el lomo.
Ison <i>et al.</i> , 2016.	Movimiento de cola	La cola se mueve rápidamente hacia lado izquierdo y/o derecho.
Ison <i>et al.</i> , 2016.	Patada	Acostada lateralmente, una extremidad torácica se aleja del cuerpo en movimiento de patada.

Catheline <i>et al.</i> , 2006.	Distensión del abdomen	Posición decúbito ventral, la parte posterior del abdomen se aplasta sobre el piso y una de las extremidades posteriores queda estirada.
Tong <i>et al.</i> , 2008.	Aplastamiento	Extremidades pélvicas en el piso, retracción de extremidades torácicas hacia adentro y cabeza agachada.
Tong <i>et al.</i> , 2008.	Contracción lateral	Contracción asimétrica de la parte inferior del cuerpo y una o ambas extremidades pélvicas extendidos.
Tong <i>et al.</i> , 2008.	Elongación	Estiramiento del abdomen y las cuatro extremidades.
Mirza <i>et al.</i> , 2013.	Arqueamiento	Lomo en forma de arco, con las cuatro extremidades en el piso.

11.4 Criterios

11.4.1 Criterios de inclusión

- Hembras de línea genética Yorkshire x Landrace.
- Hembras multíparas con antecedentes de 10 o más lechones nacidos vivos.

11.4.2 Criterios de exclusión

- Hembras que durante el parto requieran manejo obstétrico.
- Hembras que presenten partos distócicos.

11.5 Parámetros reproductivos

Se registraron los parámetros reproductivos: número de lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, momias, peso de la camada al nacimiento, días de lactancia, lechones destetados por hembra y peso de la camada al destete. Los fetos muertos se clasificaron como muertos en gestación y muertos intraparto.

Adicionalmente se registró el número de parto, duración del parto, intervalo de nacimiento entre lechones y vitalidad neonatal. La calificación de viabilidad neonatal en lechones fue obtenida con la escala descrita por Zaleski y Hacker (1993) modificada por Mota-Rojas *et al.*, (2005) (Cuadro 4).

11.6 Análisis estadístico

11.6.1 Observaciones de comportamiento

Debido a que la matriz de datos resultante no está balanceada, primero se analizaron los efectos principales de manera independiente, para determinar el efecto de las variables categóricas sobre la posición. Una vez determinados los efectos importantes, se analizaron con un modelo que consideró todas las variables, pero no las interacciones, para distinguir las probabilidades y el perfil de variables categóricas.

Por último, para relacionar el comportamiento con el dolor, se realizó un análisis categórico, donde se determinó la posición de las cerdas y su relación con las variables: momento (preparto o parto), duración (1-60 s, 61-300 s, > de 300 s) y dolor (presencia o ausencia) mediante un análisis de máxima verosimilitud con el procedimiento CATMOD de SAS (versión 9.0), así como la frecuencia y la probabilidad de respuesta de cada variable.

11.6.2 Monitoreo uterino

En torno al análisis del monitoreo uterino que se evaluó en diez cerdas fue realizado por medio de un análisis de componentes principales, por medio de SAS (versión 9.0). Donde se tomaron los tres primeros componentes al ser los más importantes porque son los que dan mayor contribución a la varianza total (Naranjo *et al.*, 2021), y es aceptable tomar los tres primeros componentes que expliquen al menos, el 66% de la varianza acumulada (Rodríguez y Gímenez, 2017).

Las variables evaluadas en el monitoreo uterino fueron: número total de contracciones, número de contracciones por parto, duración de la contracción (s), intensidad de la contracción (mm/Hg), frecuencia cardíaca fetal, orden de nacimiento del lechón, intervalo entre contracciones: el tiempo entre la duración del parto y el nacimiento del lechón/número de contracciones; la frecuencia de contracción (en 10 min): intervalo entre contracciones/10 min y la actividad uterina: frecuencia de contracción por el intervalo entre contracciones.

11.6.3 Parámetros reproductivos y mortalidad al nacimiento

Los datos de los parámetros reproductivos se analizaron mediante estadística descriptiva utilizando Microsoft Excel (2021), fueron presentadas como medias y desviación estándar. Para evaluar si el número total de nacidos, la duración del parto, los intervalos de tiempo entre nacimientos, la hembra y vitalidad neonatal tienen efecto sobre la mortalidad al nacimiento se realizó un análisis de regresión logística, con una $p < 0.05$.

El modelo probabilístico fue:

$$P(Y = 0|X) = \frac{\exp(4.8123 - 0.2761X_1)}{1 + \exp(4.8123 - 0.2761X_1)}$$

Dónde

Y: probabilidad de muerte al nacimiento

$$X: \frac{\exp(4.8123 - 0.2761X_1)}{1 + \exp(4.8123 - 0.2761X_1)}$$

X1: número total de nacidos

Cuadro 4. Escala de vitalidad neonatal de Zaleski y Hacker (1993) modificada por Mota-Rojas *et al.*, (2005).

Valor de la escala			
Variables neonatales	0	1	2
Ritmo cardiaco (LPM)	< 110	Entre 110 y 160	> 160
Intervalo entre nacimiento y primer respiro	> 1 m	Entre 15 s y 1 m	> 15 s
Color de piel	Pálido	Cianótico	Rosado
Intervalo entre nacimiento y primera parada sobre sus cuatro extremidades	> 5 min	Entre 1 y 5 min	< 1 min
Superficie de piel manchada con meconio	Severo (más del 40%)	Moderado (menos del 40%)	Ausente

LPM: Latidos por minuto

12. Resultados

Las hembras estuvieron más tiempo en posición lateral, observándose con mayor frecuencia los comportamientos asociados con dolor de extremidad pélvica hacia adelante, movimientos de cola y patada. Al formarse perfiles categóricos sobre la presencia de dolor, momento y duración del comportamiento, posterior al análisis de verosimilitud se identificaron las posiciones con mayor probabilidad de ocurrencia, del comportamiento normal fue: sentada, posición lateral izquierda/derecha y de pie; del comportamiento asociado al dolor fue: extremidad pélvica hacia adelante, movimiento de cola, patada y distensión del abdomen. Mediante un análisis de componentes principales del monitoreo uterino se obtuvo: el primer componente explica la variabilidad total con un 34%, un segundo componente tiene el 16% de variabilidad y el tercer componente 15%, para recabar el 66% de la proporción explicada por las variables.

12.1 Observaciones de comportamiento

12.1.2 Comportamiento normal

Los comportamientos considerados normales durante el parto y parto fueron en orden decreciente de observaciones: posición lateral izquierda (n=140), posición lateral derecha (n=136), sentada (n=131), posición ventral (n=96), de pie (n=92), articulación carpal en piso (n=41) y transiciones posturales (n=28).

En la figura 2 se muestran los porcentajes de la frecuencia de presentación del comportamiento normal de las 36 hembras observadas. La posición lateral izquierda fue la respuesta más recurrente dentro de estas observaciones, en el parto hubo 28 (20%) repeticiones, en la primera hora del parto se presentó el 27.14% (n=38) de observaciones, el mayor número de observaciones durante el parto, en la segunda hora 27 (19.29%) observaciones, en la tercer y cuarta hora 20 (14.29%) y 15 (10.71%) observaciones, a partir de la quinta hora disminuyeron las observaciones con 5.71% (n=8) (Figura 2).

La segunda respuesta más observada fue la posición lateral derecha, la cual tuvo durante la primera hora del parto 43 (31.62%) observaciones, el mayor número registrado a lo largo del parto, disminuyendo las siguientes tres horas. A partir de la quinta hora se percibió una notoria disminución de las observaciones registrando solo cinco repeticiones (3.68%) y en las horas finales del parto solo una repetición (0.74%) (Figura 2).

Con respecto a la respuesta (posición) sentada, durante el parto se observó el mayor porcentaje total de observaciones: 50 (38.17%) repeticiones. En la primera hora se tienen 45 observaciones (34.35%) en la segunda hora tuvo un descenso de las observaciones, teniendo 18 repeticiones (13.74%) al igual que en la tercera hora con 9 observaciones (6.87%), después en la cuarta hora la respuesta (posición) continuo disminuyendo su frecuencia con 7 observaciones (5.34%), hasta solo tener una observación en la quinta (0.76%) y séptima hora (0.76%) (Figura 2).

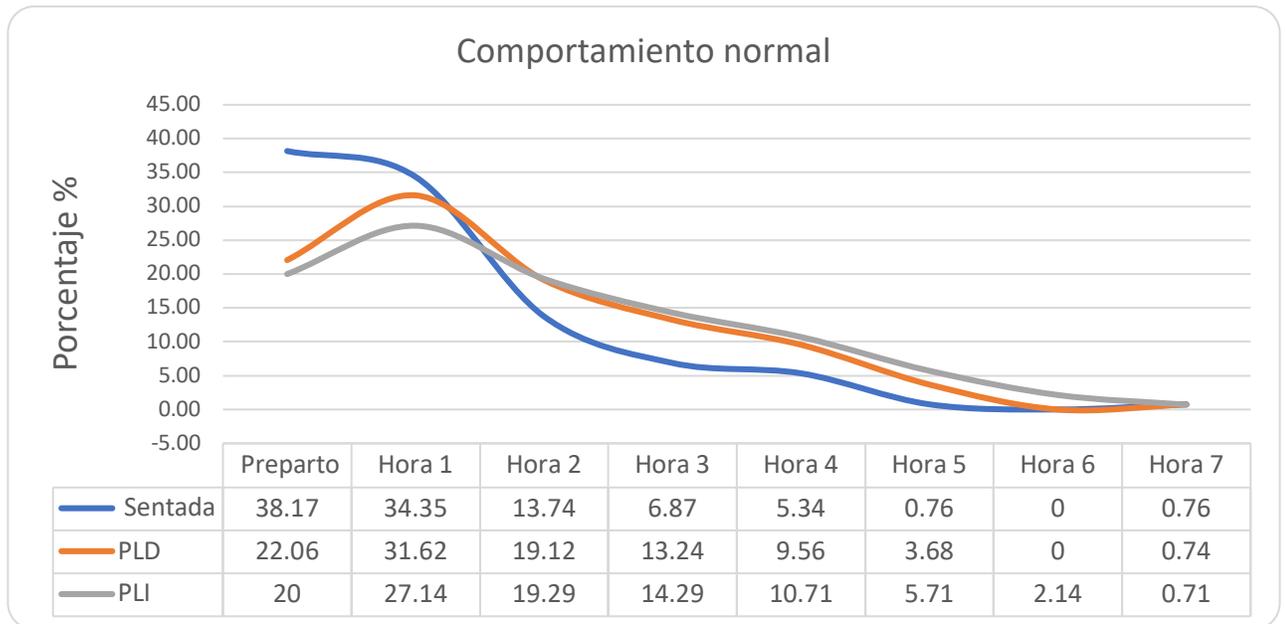
En cuanto a la posición ventral, como se puede observar en la Figura 3, mostró una frecuencia de presentación del 42.71% (n=41) en relación al total de observaciones

durante el parto. En lo que respecta al parto, en la primera hora del periodo del parto se obtuvieron los más altos porcentajes 34.38% (n= 33), mientras que en la segunda y tercer hora del parto, el porcentaje de presentación de la posición ventral disminuyó hasta un 8.33% (n=8) y 6.25% (n=6) respectivamente. Cabe señalar que en la cuarta hora del parto, no se presentó la respuesta. Además, entre la hora 5 a la hora 7, en conjunto se obtuvo el 14.58% (n=14) restante de las observaciones del comportamiento posición ventral (Figura 3).

En lo que se refiere a la respuesta de pie, ésta tuvo la mayor frecuencia de observación en el parto y la primera hora del parto con 30 (32.61%) y 36 (39.13%) repeticiones respectivamente, en la segunda hora del parto se observó en 14 ocasiones (15.22%), a partir de la tercera hora se observó un descenso registrando 4 observaciones (4.35%), para presentar solo una observación en cada una de las tres últimas horas (1.09%) (Figura 3).

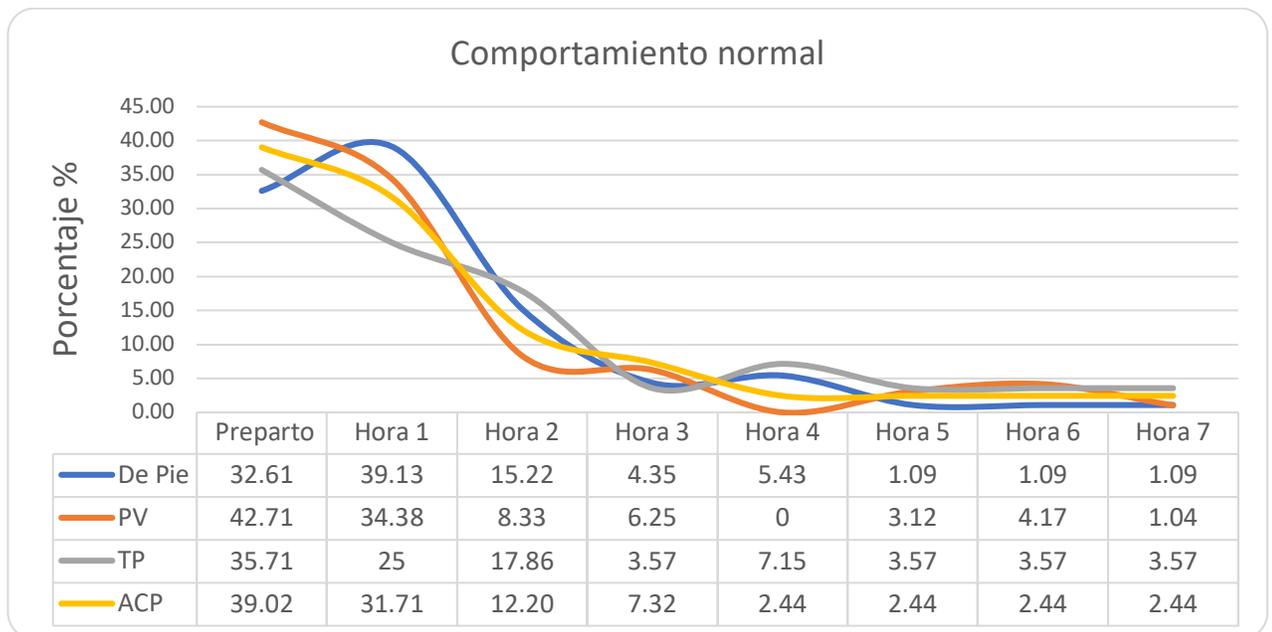
Por último dentro del comportamiento normal las respuestas que tuvieron menos de 100 observaciones fueron: de pie con 92 observaciones (100%), posición ventral con 96 observaciones (100%), transiciones posturales con 28 observaciones (100%) y articulación carpal en piso con 41 observaciones (100%).

En la figura 3 se muestra como el registro de los comportamientos normales que se observan con menor frecuencia tienen su mayor registro de observaciones durante el periodo parto y en las dos primeras horas del parto, a partir de la tercera hora del desarrollo del parto el porcentaje general de observación del comportamiento normal baja a menos del 10% de presentación.



n=36

Figura 2. Porcentaje de comportamientos (posición lateral derecha PLD y posición lateral izquierda PLI), considerados como normales, con mayor frecuencia de presentación en el preparto y durante 7 horas en cerdas Yorkshire-Landrace.



n=36

Figura 3. Porcentaje de comportamientos considerados como normales, con menor frecuencia de presentación en el preparto y durante 7 horas del parto en cerdas Yorkshire-Landrace.

ACP: Articulación carpal en piso

PV: Posición ventral

TP: Transiciones posturales

12.1.3 Comportamiento asociado al dolor

Los comportamientos asociados al dolor durante el parto y parto fueron en orden decreciente de observaciones: extremidad pélvica hacia adelante (n=908), patada (n=188), movimiento de cola (n=131), distensión del abdomen (n=68), arco posterior (n= 33), contracción lateral (n=23), elongación (n=4), aplastamiento (n=1), arqueamiento (n=0).

Debe señalarse que en este estudio la respuesta denominada extremidad pélvica hacia adelante es la que se presentó con mayor número de observaciones dentro de las respuestas consideradas como indicadores del dolor (Figura 4). Se identificaron 908 eventos totales de esta posición . De las cuales el 71.48% (n= 649) se presentó durante el parto; mientras que el 28.52 % (n=259) se observaron en el parto. Asimismo, se observaron en la primer hora 192 observaciones (21.15%), en la segunda hora 208 observaciones (22.91%) y tercer hora con 133 observaciones (14.65%). A partir de la cuarta hora del parto, la frecuencia disminuyó con 81 observaciones (8.92%), en la quinta hora 31 repeticiones (3.41%) hasta presentar 0.33 % (n=3) en la última hora de observación (Figura 4).

En cuanto a la respuesta de patada, en el parto obtuvo 17.55% (n=33) del total de observaciones. Durante la primera hora del proceso de parto, las repeticiones fueron 10 unidades por arriba con respecto a la segunda hora, que fue el momento con mayor número de repeticiones, posteriormente disminuyeron a la mitad de las observaciones, mientras que en la séptima hora de observación no se presentó la respuesta de patada.

Después el movimiento de cola tuvo 16 observaciones en el parto (12.21%), mientras tanto en las tres primeras horas del parto, este comportamiento presentó el mayor número de repeticiones. Cabe resaltar que en la tercer hora, se observó el mayor número de eventos totales con 112 repeticiones (85.50%), disminuyendo hacia la quinta hora, mientras que en la sexta y séptima hora, no se presentó la respuesta de patada (Figura 4).

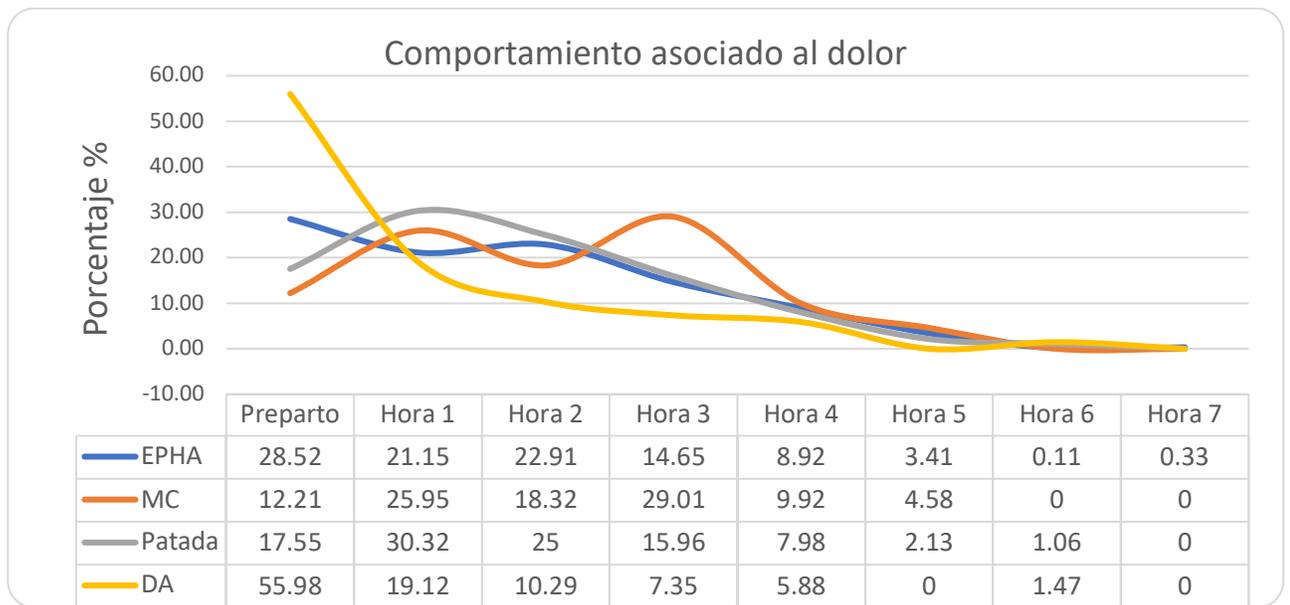
En cuanto a la distensión del abdomen, fue la respuesta que se mostró con un mayor porcentaje de observaciones en el momento del parto 55.88% (n=38) (Figura 4), con respecto a la duración del parto, donde las observaciones disminuyeron hasta un 19.12% (n=13). Más adelante en el transcurso del parto, entre la quinta y séptima hora, no se presentó la respuesta.

Con respecto a las respuestas asociadas con dolor que tuvieron menor frecuencia en su presentación, se encuentran: arco posterior (n=33), contracción lateral (n=23), elongación (n=4), aplastamiento (n=1), tremor muscular (n=3) y arqueamiento (n=0). En la figura 5 se muestra que no se presentó ninguno de estas respuestas en la cuarta, quinta y séptima hora del parto, con excepción de dos posiciones: el arco posterior que presentó 5 observaciones en la cuarta hora (33.33%); y el tremor muscular se observó 1 repetición durante la segunda (33.33%), cuarta (33.33%) y quinta hora (33.33%) del desarrollo del parto.

Cabe señalar que dentro de estas respuestas (posiciones) el aplastamiento (100%), la contracción lateral (34.78%) y la elongación (75%) tuvieron un mayor porcentaje de observaciones durante el parto.

La respuesta arco posterior tuvo más observaciones durante las primeras tres horas del parto con el 60% de observaciones (n=27), en el parto solo se observó en una ocasión (3.03%), a partir de la quinta hora del parto no hubo repeticiones.

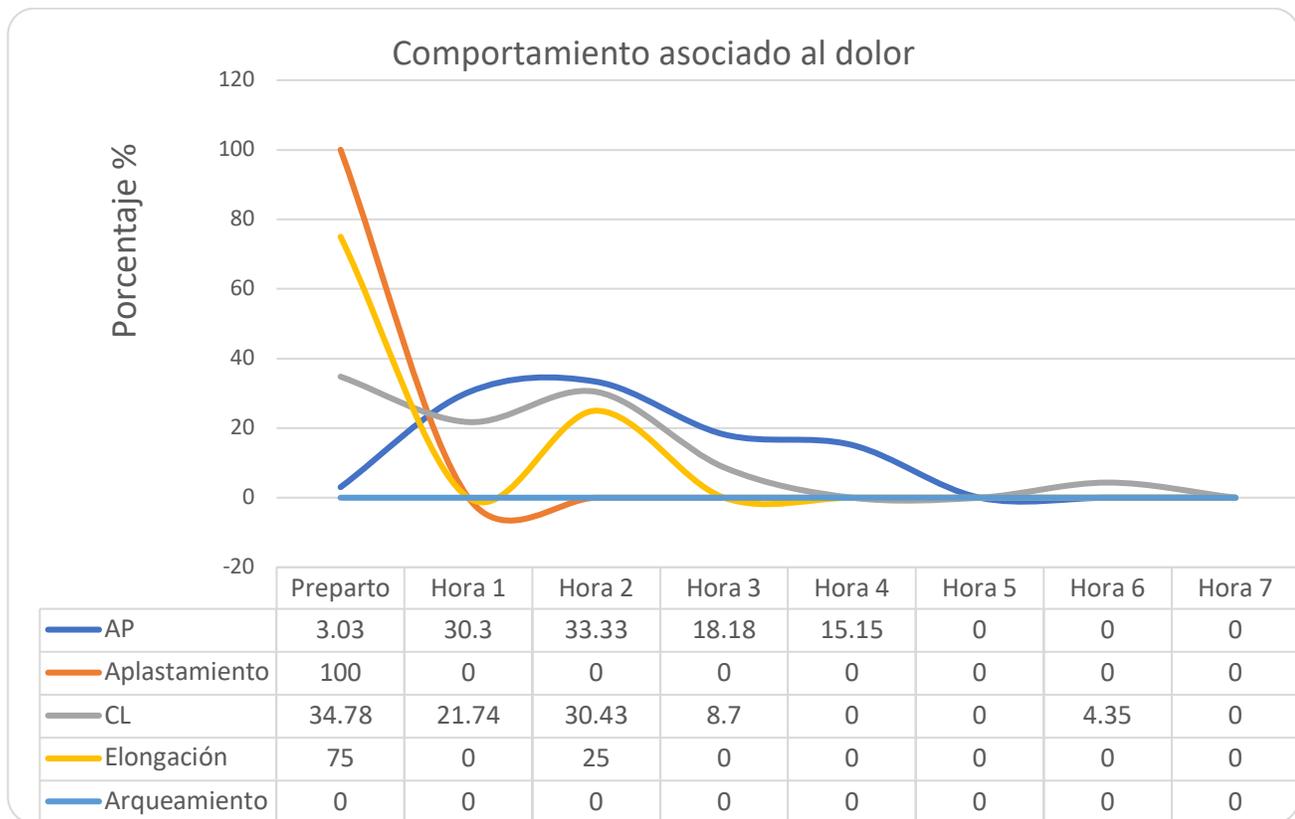
Después siguió la contracción lateral que durante la segunda hora del desarrollo del parto tuvo siete repeticiones (30.43%), disminuyendo en la tercer hora con 2 observaciones (8.07%) y hasta la sexta hora se vuelve a observar solo una repetición (4.35%). A su vez la respuesta (posición) elongación se observó una vez (25%) en la segunda hora del parto. En cuanto al tremor muscular, este tuvo solo una observación en la segunda (33.33%), cuarta (33.33%) y quinta (33.33%) hora del parto. Finalmente la respuesta aplastamiento solo registró una observación (100%) en el momento del parto.



n=36

Figura 4. Porcentaje de respuestas (posiciones) de comportamiento asociado con dolor con mayor número de observaciones durante el preparto y durante 7 horas del parto en cerdas Yorkshire-Landrace.

EPHA: Extremidad pélvica hacia adelante.
 MC: Movimiento de cola.
 DA: Distensión del abdomen.



n=36

Figura 5. Porcentaje de posiciones en el comportamiento de las cerdas asociado con dolor con menor número de observaciones durante el preparto y durante 7 horas del parto en cerdas Yorkshire-Landrace.

AP: Arco posterior
 CL: Contracción lateral

12.1.4 Análisis de verosimilitud

En el cuadro 5, se muestran los resultados del análisis de verosimilitud, en el que se destaca la formación de 11 poblaciones, las cuales son parte del perfil categórico, donde fue evaluado el conteo del conjunto de datos, para evaluar la respuesta de preferencia de posición.

Cuadro 5. Proceso CATMOD de las observaciones obtenidas.

Resumen de los datos			
Respuesta	Posición	Niveles de respuesta	14
Variable de peso	Conteo	Poblaciones	11
Conjunto datos	Preferencia de posición	Frecuencia total	2001
Frecuencia perdida	0	Observaciones	48

Las categorías son perfiles que se formaron a partir de las diferentes variables de los efectos: presencia o no de comportamientos asociados al dolor, momento en que se observaron las respuestas (posiciones): preparto y parto, y la duración de las respuestas: corto (1-60 s), moderado (61- 300 s) y largo (> 301 s).

Como resultado del perfil categórico se obtuvieron 11 categorías, de las cuales 6 presentaron comportamiento asociado al dolor y 5 ausencia; en cuanto al momento 5 categorías se presentan al momento del parto y 6 en el preparto; para la duración 4 categorías tuvieron periodo corto, 4 periodo moderado y 3 duración larga (Cuadro 6).

Al obtener este perfil categórico, se pudieron encontrar las probabilidades de frecuencia de las respuestas (posiciones) en las categorías formadas, mencionando solo aquellas que tuvieron las probabilidades más altas de frecuencia. No obstante, no se tiene una probabilidad de frecuencia para cada una de las respuestas (posiciones) en cada categoría; dado que en los perfiles de categoría 1-6 donde no hay presencia de comportamientos asociados al dolor las probabilidades de frecuencia alcanzan valores superiores al 45% de probabilidad, comparados a las categorías 7-11 donde de acuerdo con los comportamientos observados el dolor esta presente y las probabilidades de respuesta más observadas son superiores al 60%. Las categorías 1, 2, 3 y 4 presentaron probabilidades de respuesta más altas de comportamientos considerados normales.

Solo las categorías 5 y 6, donde no hay comportamientos asociados a la presencia de dolor, se encuentran en el preparto y con duración larga (> 301 s) y moderada (61-300 s) respectivamente, muestran tres respuestas (posiciones) con mayor probabilidad de frecuencia (cuadro 8). La categoría 3 sin comportamientos asociados al dolor, durante el parto y con duración moderada también tiene tres respuestas (posiciones) con mayor probabilidad de frecuencia. Al contrario de las categorías clasificadas como asociadas a la presencia de dolor, donde solo la categoría 7 que ocurre durante el parto con duración corta (1-60 s) tiene tres respuestas con mayor probabilidad de frecuencia.

La categoría 8 con comportamientos asociados al dolor durante el parto tuvo 100% de probabilidad de frecuencia cuando las cerdas estuvieron en respuesta (posición) distensión abdominal, al igual que la categoría 11 con la misma respuesta, con comportamientos asociados al dolor durante el parto, ambas categorías con duración moderada (cuadro 7).

A pesar de que se recabaron suficientes observaciones, no todas las respuestas (posiciones) suceden en las categorías propuestas, en consecuencia, no se pudo tener valor de cada uno de los efectos: presencia de dolor, momento y duración, solo su predominio sobre cada perfil.

Cuadro 6. Perfil categórico.

Categoría	Presencia de comportamiento asociado al dolor	Momento	Duración de respuestas
1	No	Parto	Corto
2	No	Parto	Largo
3	No	Parto	Moderado
4	No	Preparto	Corto
5	No	Preparto	Largo
6	No	Preparto	Moderado
7	Si	Parto	Corto
8	Si	Parto	Moderado
9	Si	Preparto	Corto
10	Si	Preparto	Largo
11	Si	Preparto	Moderado

Cuadro 7. Probabilidades de frecuencia en función del perfil categórico de las respuestas en 36 cerdas durante el parto y parto.

Categoría	Posición	Probabilidad de respuesta	Posición	Probabilidad de respuesta	Posición	Probabilidad de respuesta
1	Sentada	0.25413	TP	0.22857	-	-
2	PLD	0.4589	PLI	0.44521	-	-
3	De pie	0.25874	Sentada	0.22378	PLI	0.22378
4	Sentada	0.30769	ACP	0.24615	-	-
5	PLD	0.4	PLI	0.29231	PV	0.2
6	De pie	0.28378	Sentada	0.35135	PV	0.24324
7	EPHA	0.68432	MC	0.11423	Patada	0.14746
8	DA	1	-	-	-	-
9	EPHA	0.81962	Patada	0.10127	-	-
10	DA	0.63636	CL	0.36364	-	-
11	DA	1	-	-	-	-

PLD: Posición lateral derecha

EPHA: Extremidad pélvica hacia adelante

DA: Distensión del abdomen

TP: Transiciones posturales

PLI: Posición lateral izquierda

ACP: Articulación carpal en piso

MC: Movimiento de cola

CL: Contracción lateral

12.2 Monitoreo uterino

12.2.1 Análisis de componentes principales

En este análisis se obtuvo que en los tres primeros componentes se explica el 66% de la variación total, en el cuadro 8 se muestran los autovalores y el porcentaje de proporción explicada por los componentes para caracterizar los eventos (nacimiento de lechones) y las contracciones uterinas.

En el cuadro 9 están concentradas las variables que forman los componentes y sus valores, el primer componente “Actividad uterina y frecuencia de contracción” conformado por las variables actividad uterina (0.50), frecuencia de contracción (en 10 min) (0.42), y el número total de contracciones (0.35) que presentaron correlaciones positivas, la variable intervalo entre contracciones (-0.41) tiene una correlación negativa.

Después el segundo componente “Orden de nacimiento y número total de contracciones” formado por las variables orden de nacimiento de lechón (-0.65), número total de contracciones (-0.46), frecuencia cardíaca fetal (0.37) e intensidad de contracción (0.29).

Por último, en el tercer componente “Número de contracciones por parto y frecuencia de contracción” conformado por las variables número de contracción por parto (-0.59), frecuencia de contracción (-0.33) con correlación negativa, intensidad de contracción (0.40) y duración de contracción (0.35).

En la figura 6 se observa la interacción de los componentes, donde el número total de contracciones por parto está correlacionada entre el primer componente (0.35) y el segundo componente (-0.46). Cabe mencionar que esta variable (número total de contracciones) en el primer componente tomó un valor positivo y en el segundo componente un valor negativo siendo este último el de mayor valor.

Asimismo, en la figura 6, se muestran las interacciones que tienen correlaciones elevadas y como estas se agrupan juntas, entre el primer componente y el tercer componente de la variable frecuencia de contracción (en 10 min). Se debe destacar que esta interacción nuevamente tiene valores distintos, en el primer componente

con un valor positivo (0.42) y en el tercer componente con valor negativo (-0.33). La intensidad de contracción (mm/Hg) está relacionada en el segundo componente (0.29) y el tercer componente (0.40), en ambos con un valor positivo.

Cuadro 8. Valores propios, proporción individual y acumulada de la matriz de correlación del monitoreo uterino.

Componente	Autovalor	Proporción	Proporción Acumulada
1	3.11	0.34	0.34
2	1.48	0.16	0.51
3	1.36	0.15	0.66
4	0.87	0.09	0.76
5	0.72	0.08	0.84
6	0.63	0.07	0.91
7	0.34	0.03	0.95
8	0.23	0.02	0.97
9	0.2	0.02	1

Cuadro 9. Contribución de las variables y resultados del análisis de componentes principales.

Variables	Componente		
	1	2	3
Número total de contracciones	0.353293	-0.464619	0.096953
Número de contracción por parto	0.042669	0.054567	-0.595562
Duración de contracción (s)	0.264067	0.234096	0.353078
Intensidad de contracción (mm/Hg)	0.269796	0.294945	0.406843
Frecuencia cardiaca fetal	0.286359	0.377585	0.188385
Orden de nacimiento de lechón	0.206998	-0.658375	0.281275
Intervalo entre contracciones	-0.413799	0.163012	0.332001
Frecuencia de contracción (en 10 min)	0.425638	0.171699	-0.336939
Actividad uterina	0.503583	0.085303	-0.085815

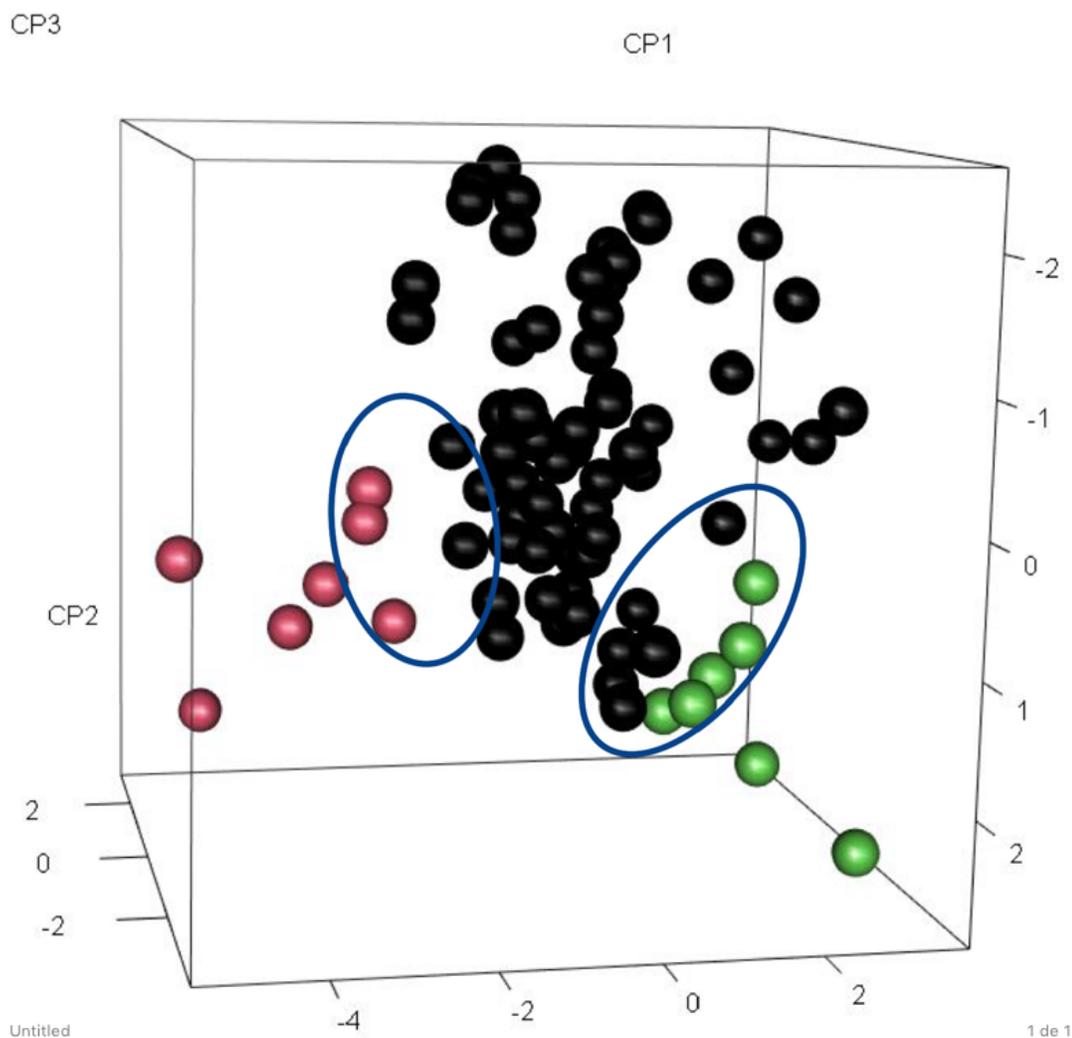


Figura 6. Interacciones de los componentes principales, de lado derecho la relación de la frecuencia de contracción del CP1 y CP3, de lado izquierdo la relación del número total de contracciones entre el CP1 y CP2.

Componente 1 (CP1): color negro. Actividad uterina y frecuencia de contracción.

Componente 2 (CP2): color rojo. Orden de nacimiento y número total de contracciones.

Componente 3 (CP3): color verde. Número de contracciones por parto y frecuencia de contracción.

12.3 Indicadores reproductivos

Se recopilaron datos de 36 partos espontáneos donde la duración promedio del parto fue de 220.36 ± 56.93 min con un intervalo promedio de nacimiento de 18.88 ± 10.93 min. Nacieron 379 lechones con una vitalidad neonatal promedio de 7.48 ± 0.72 en camadas de 8.77 ± 1.77 lechones nacidos totales promedio. A diferencia de los fetos muertos intra-parto (0.72 ± 1.25) que fueron tres veces más a los muertos ante-parto (0.19 ± 0.40) y las momias fueron el doble de estos (0.41 ± 0.73). Mientras que la mortalidad en lactancia tuvo proporción semejante entre hembras (1.38 ± 0.65) y machos (1.38 ± 0.77), siendo la principal causa de muerte el aplastamiento y la eutanasia, seguido por la caquexia y la inanición (Cuadro 11).

Con el objeto de observar el efecto de las variables sobre los lechones nacidos muertos se aplicó el modelo probabilístico de análisis de regresión logística que mostró una frecuencia de nacidos muertos de 0.141 con una $p < 0.05$. La variable total de nacidos fue la única que tuvo efecto sobre la mortalidad intra-parto ($P = 0.0143$). No obstante ni la duración de parto, los intervalos de nacimiento, la madre o vitalidad neonatal mostraron un impacto significativo sobre la mortalidad al nacimiento.

Después de las consideraciones anteriores, catalogar a los lechones muertos durante el parto puede parecer no tener objeto en las cerdas observadas, ya que con presencia o ausencia de comportamientos asociados al dolor, las variables no fueron significativas en la mortalidad intra-parto.

No existe relación alguna entre las variables analizadas y los lechones muertos.

Cuadro 10. Valores promedio de los indicadores reproductivos en 36 cerdas Yorkshire-Landrace y sus camadas, evaluados durante el parto.

Indicadores Reproductivos	Media \pm DE
No. de parto promedio de la cerda (n)	4.05 \pm 1.77
Duración promedio de parto (min)	220.36 \pm 56.93
Peso promedio de la cerda al parto (Kg)	277.79 \pm 38.33
Promedio intervalo de nacimiento (min)	18.88 \pm 10.93
Lechones nacidos totales (n)	10.00 \pm 1.85
Vitalidad neonatal (calificación)	7.48 \pm 0.72
Lechones nacidos vivos (n)	8.77 \pm 1.77
Muertos intra-parto (n)	0.72 \pm 1.25
Muertos ante-parto (n)	0.19 \pm 0.40
Momias (n)	0.41 \pm 0.73
Peso camada al nacimiento (Kg)	17.10 \pm 4.43
Peso promedio al nacimiento (Kg)	1.96 \pm 0.41
Lechones destetados (n)	9.30 \pm 2.47
Peso de la camada al destete (Kg)	55.75 \pm 15.68
Peso del lechón al destete (Kg)	6.10 \pm 1.28
Mortalidad del lechón en lactancia (n)	1.19 \pm 1.21
Hembras (n)	1.38 \pm 0.65
Machos (n)	1.38 \pm 0.77
Aplastado (n)	1.88 \pm 0.99
Eutanasia (n)	1.33 \pm 0.51
Caquexia (n)	1.00 \pm 0.00
Inanición (n)	1.00 \pm 0.00
Duración de la lactancia (días)	19.44 \pm 2.32
Peso previo de la cerda al parto (Kg)	277.79 \pm 38.33
Peso de la cerda en salida de lactancia (Kg)	220.00 \pm 56.93

DE: Desviación estándar

13. Discusión

13.1 Observaciones de comportamiento

Una técnica de evaluación del dolor tendría que asegurar la identificación precisa que esto está sucediendo, así como la mínima oportunidad para confundir los resultados preliminares debido a procedimientos experimentales, al sexo, raza/cepa o especie. Actualmente no se cuenta con una técnica única que sea no invasiva, de bajo costo, conductual, física o fisiológica para evaluar el dolor que a su vez sea espontánea, específica del dolor, fácil de entrenar y rápida de usar (Cohen y Beths, 2020); el etograma puede ser una herramienta que cumpla con la mayor cantidad de características mencionadas, esto ya ha sido observado y aplicado en cerdos (Cohen y Beths, 2020; Viscardi y Turne, 2018, Mainau *et al.*, 2010).

13.1.1 Comportamiento normal

El comportamiento considerado normal ha sido evaluado en las cerdas para evaluar mérito genético, efectos de ambiente sobre el parto y descripción general (Uitdehaag *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2017; Mainau *et al.*, 2010)

Zhang *et al.*, (2017), observaron que los factores de ambiente sobre el comportamiento del parto en hembra, donde las cerdas que estaban en corrales pasaron más tiempo sentadas comparado a las cerdas en otras instalaciones. Las cerdas que estuvieron en jaulas de parto permanecieron mayor tiempo sentadas. En cuanto al comportamiento expresado 12 horas antes del parto, las cerdas en jaulas de parto estuvieron mayor tiempo acostadas y menor tiempo de pie. En nuestro estudio las hembras también permanecieron más tiempo acostadas en posición lateral derecha/izquierda, sin embargo la posición de pie fue observada mayor tiempo que en el estudio referido.

Uitdehaag *et al.*, (2008), mencionan que durante el parto las cerdas pasaron en promedio 83% del tiempo en posición lateral, 5% en posición ventral, 6% sentadas y 6% en reposo. El comportamiento observado en las cerdas de este estudio para

observar el mérito genético, arrojó que un aumento del 1% en el tiempo de duración al estar de pie afectó negativamente en 0.6% la supervivencia al destete; contrario al 1% más del tiempo que permanecen sentadas que contribuye a un aumento del 0.55% en la supervivencia al destete.

King *et al.*, (2018) al estudiar la experiencia previa del confinamiento al parto en cerdas muestran que esta experiencia o un cambio en el sistema de parto afecta significativamente el comportamiento del parto en corrales libres, lo que puede comprometer el bienestar de cerdas y lechones. Las cerdas que previamente parieron en corrales tendieron a tener una mayor intensidad de anidación antes del parto ($p= 0.081$), y durante el parto exhibieron un aumento de la posición lateral ($p < 0.01$), disminución de la posición ventral ($P < 0.001$), disminución de la posición sentada ($P < 0.01$) y una disminución de la frecuencia de cambios de postura peligrosos ($P < 0.05$).

Zhang *et al.*, (2020) al investigar el efecto de diferentes sistemas de parto en el comportamiento de cerdas y lechones, en hembras que paren en jaulas encontraron que pasaron 14.4 % de tiempo sentadas y 81.6 % en posición lateral tres días antes del parto, y un menor porcentaje de pie 4% indicando que fueron cerdas menos activas comparadas a las que paren en corrales de parto libre, sus resultados concuerdan con lo observado en este estudio donde la posición lateral y sentada fueron predominantes en el periodo preparto, a diferencia de la posición de pie que fue observada 32.61% en cerdas que parieron en jaula.

Mainau *et al.*, 2010 desarrollaron una puntuación de facilidad al parto en cerdas basada en su comportamiento, encontrando que la duración del parto, la posición y la actividad de la cerda, antes y durante el parto junto a la presencia de lechones nacidos muertos y momias parecen ser indicadores importantes. En cuanto al comportamiento señalan que las cerdas pasaron mucho tiempo de pie y sentadas el día previo al parto y al parto; al igual que en el presente estudio las cerdas pasaron más tiempo sentadas y de pie durante el periodo preparto, mientras que el día del parto estos comportamientos disminuyeron desde la segunda hora del parto.

Ison *et al.*, 2016 en sus observaciones periparto de cerdas encontraron que estas pasaron más del 80% de tiempo en posición lateral durante todos los periodos de observación (preparto, durante el parto y 6 horas posparto) y menos de 1% de tiempo se encontraron con la articulación carpal en el piso.

Las investigaciones concuerdan con que la posición que se observa con mayor frecuencia durante el parto en las cerdas es la posición lateral ya sea de lado derecho o izquierdo, si bien es una posición que facilita a los lechones el poder encontrar las glándulas mamarias para ingerir calostro (Fraser, 1984), podría ser también la posición donde las hembras pueden tener mayor facilidad para expresar algunos de los comportamientos que podrían indicar dolor.

Jarvis *et al.*, 1999 sugieren que la inactividad durante el parto y la lactancia muy temprana debe considerarse una buena capacidad materna en la cerda. Estar tranquila durante e inmediatamente después del parto evita el aplastamiento de los lechones y hace que la glándula mamaria sea accesible. Por lo tanto, estar inactivo durante el parto podría ser una estrategia para la cerda (Jarvis *et al.*, 2000).

Thodberg *et al.*, 2002 argumentan que el nivel de actividad durante el parto dependió del entorno del parto anterior, esto último enfatiza que la experiencia previa de las cerdas debe tenerse en cuenta al realizar experimentos sobre el comportamiento materno.

13.1.2 Comportamiento asociado al dolor

Ison *et al.*, (2016) reportaron que los comportamientos que observaron como indicadores potenciales de dolor fueron aislados o ausentes en el parto. Los comportamientos extremidad pélvica hacia adelante, tremor y arco posterior fueron más frecuentes durante el parto. La respuesta de patada se observó con más consistencia durante y después del parto, pero fue observada ligeramente en mayor cantidad de frecuencia en el parto disminuyendo hacia el último periodo de observación posparto y el movimiento de cola se registró principalmente solo durante el parto.

En el presente estudio en las 36 cerdas observadas la respuesta extremidad pélvica fue observada un 71.48% durante el parto, reafirmando lo reportado por Ison *et al.*, (2016) que este comportamiento es un potencial indicador del dolor siendo una de las principales respuestas presentadas en el parto. En cuanto a los movimientos de cola el 85.50% fue presentado mayormente durante el parto en este estudio al igual que en Ison *et al.*, (2016). De la misma manera que la respuesta de patada que se observó principalmente solo en el parto y poco frecuente durante el posparto, en contraste con este estudio donde en el parto se observó el 17.55% de la frecuencia de la respuesta.

Los resultados de Ison *et al.*, 2018 para el comportamiento, 24 horas antes del parto mostraron que los comportamientos putativos del dolor se incrementaron en las últimas seis horas antes del nacimiento del primer lechón, los comportamientos: arco posterior, patada y la extremidad pélvica hacia adelante; al compararlo con los resultados del presente estudio en las observaciones hechas 48 horas previas a la fecha probable del parto, el comportamiento arco posterior tuvo pocas presentaciones, la extremidad pélvica hacia adelante y la patada tuvieron mayor porcentaje de presentaciones, los resultados de este estudio pueden variar con lo observado por Ison *et al.*, (2018) porque ellos tuvieron un periodo de observación previo más próximo al parto.

Las posiciones asociadas al dolor que se han observado en roedores: contracción lateral, elongación, aplastamiento, tremor muscular y arqueamiento tuvieron repeticiones limitadas o hubo carencia de ellas en este estudio.

Catheline *et al.*, 2006 señalan que sus observaciones de la distensión del abdomen aumentaron su frecuencia progresivamente alcanzando un máximo antes de la expulsión del primer feto al contrario de este estudio donde la distensión abdominal tuvo la mayor expresión en el preparto, durante el parto solo se observó esta respuesta en las primeras horas del parto en las cerdas.

Tong *et al.*, (2008) en sus evaluaciones de comportamiento durante el parto en ratas y el efecto de la administración de morfina, señalan que esta disminuye los comportamientos que asociaron al dolor durante el parto como: la contracción lateral, elongación y aplastamiento, también que estas posiciones se observaron dos horas antes del parto y en el desarrollo de este.

El aplastamiento y las contracciones laterales se observaron con frecuencia antes de la expulsión del primer feto y de manera regular durante el parto. Del mismo modo observamos que el aplastamiento y las contracciones laterales tuvieron más repeticiones en la observación preparto, en el transcurso del parto durante las tres primeras horas se tuvo el máximo de observaciones.

En el estudio de Tong *et al.*, (2008) la elongación fue la respuesta que se produjo con menos frecuencia respecto a las contracciones laterales y el aplastamiento; en este estudio observamos de manera similar que la elongación fue poco observada, en el preparto tuvo tres observaciones y durante el parto solo una.

El arqueamiento que describe Mirza *et al.*, (2013) como comportamiento asociado al dolor en su estudio de capsicina para evaluar si disminuye el dolor al parto, fue la respuesta con menor incidencia por hora durante el parto, a diferencia de este estudio no se tuvieron observaciones de esta respuesta en las cerdas en ningún momento.

Las investigaciones con roedores midieron comportamientos de dolor putativo en el periparto, los analgésicos opioides redujeron la expresión de estos comportamientos y los confirmaron como indicadores del dolor (Catheline *et al.*,

2006; Mirza *et al.*, 2013; Tong *et al.*, 2008). La afirmación anterior, en nuestro estudio no pueden señalarse como indicadores del dolor en cerdas dada su baja frecuencia de observación durante el parto, pero visto desde la perspectiva de estos comportamientos durante el parto, este podría ser el periodo que necesita más tiempo de monitoreo para conocer la frecuencia de su expresión en ese momento. La literatura citada cuenta con el modelo de estadística frecuentista utilizado en las investigaciones de bienestar en animales de granja, con análisis cuantitativo de un conjunto de datos obtenidos experimentalmente o recopilados longitudinalmente (Collins y Part, 2013). En este estudio se recurrió a este enfoque frecuentista para describir la repetición del comportamiento normal y el asociado al dolor, con el fin de obtener las condiciones en las cuales se puede relacionar el dolor con la conducta, el análisis de verosimilitud mostró los perfiles categóricos en los cuales se expresó con mayor probabilidad el comportamiento asociado al dolor. Dado que en el campo del bienestar animal el objetivo es comprender por qué, dónde, cómo, cuándo y quiénes se verán afectados por la cantidad de problemas específicos de las especies (Collins y Part, 2013).

13.2 Monitoreo uterino

Hasta el presente el monitoreo uterino en cerdas no se ha enfocado en investigaciones para evaluar dolor al parto, el tococardiograma ha sido utilizado para evaluar uterotónicos y actividad espontánea durante el parto (Olmos *et al.*, 2008; Mota Rojas *et al.*, 2015, 2017).

Con el objeto de poder evaluar la interacción de los factores del monitoreo con el nacimiento de los lechones se realizó el análisis de componentes principales, el primer componente indico que un aumento de actividad uterina involucra mayor frecuencia de contracciones y el número de estas aumenta, a su vez existe una correlación negativa en el intervalo entre contracciones. En el segundo componente el número total de contracciones es menor conforme al orden de nacimiento, y la frecuencia cardíaca fetal aumenta en proporción al incremento de la intensidad de la contracción (mm/Hg). Por último, el tercer componente, donde hubo menor número de contracciones por parto la frecuencia disminuyo, sin embargo, la intensidad de la contracción puede influir en el incremento de la duración de contracción.

En mujeres se cuenta con investigaciones de monitoreo uterino durante el parto para evaluar el sufrimiento fetal (Georgevia *et al.*, 2011), existen revisiones sobre el uso de cardiotocografía en mujeres, que pueden llevar a cesáreas innecesarias o mayor incidencia de causar parálisis cerebral en niños nacidos de partos prematuros (Small *et al.*, 2020). Así como las comparaciones entre ecografía Doppler y electrocardiografía fetal no invasiva en la primera etapa del parto (Lempersz *et al.*, 2020), Knupp *et al.*, (2020) señalan que el objetivo a futuro de la monitorización fetal es incorporar datos en un sistema que pueda interpretar patrones de frecuencia cardíaca fetal e integrar información objetiva disponible para que el médico pueda ofrecer un tratamiento.

La evaluación de dolor y contracciones uterinas en mujeres se realizó en lactancia, Holdcroft *et al.*, (2003) obtuvieron resultados donde refieren que el dolor y las contracciones uterinas durante la lactancia en el periodo posparto inmediato aumentan conforme al número de parto, lo que sugiere que el parto puede inducir

cambios neurales centrales que incrementan la predisposición al dolor en el posparto.

Mientras que, la información disponible acerca del monitoreo uterino en cerdas durante el parto fue proporcionada por Olmos *et al.*, (2008) en partos espontáneos arrojando resultados sobre el promedio de número de contracciones de 40.9, 11.32 (s) de duración e intensidad de contracción de 9.89 (mm/Hg). Las cerdas que fueron monitoreadas en nuestro estudio estaban principalmente en su tercer, quinto y sexto parto, en estos grupos Olmos *et al.*, (2018) reportan resultados de menor intensidad de contracciones, mientras que la duración de contracciones fue superior en cerdas de sexto parto (16.20 s) comparado a la duración de cerdas de tercer parto (8.85 s), en cuanto al promedio de contracciones uterinas las hembras de tercer y sexto parto estaban en 40 y las de quinto en 37.8 contracciones promedio.

Ison *et al.*, (2018) reportan que las hembras primerizas muestran poca frecuencia de respuesta de arco posterior y de extremidad pélvica hacia adelante comparado con las multiparas que si presentaron mayor frecuencia de respuesta de extremidad pélvica hacia adelante sugieren que es probable que estos posibles indicadores del dolor sean por dolor debido a contracciones uterinas, pero no fueron evaluadas por ellos. En este estudio se tuvo un promedio de parto de 4 partos en las hembras observadas, por lo que Ison *et al.*, (2018) encuentran que en estas cerdas el dolor en el periodo inmediato posterior al parto podría ser más fuerte para las multíparas que para las primerizas.

En el actual estudio tenemos evidencia del análisis de componentes principales que indican que la actividad uterina, la frecuencia e intensidad de contracción influye sobre la duración de las contracciones uterinas al parto y los comportamientos asociados al dolor que expresan las cerdas conforme a los eventos que son los nacimientos de los lechones.

Al respecto, se puede relacionar a las categorías 7 y 8 del perfil categorico con presencia de dolor durante el parto de duración corta y moderada, la categoría 7 presenta a la respuesta de extremidad pélvica hacia adelante, el movimiento de cola y la patada con mayor probabilidad de respuesta, en la categoría 8 se presenta la

distensión abdominal, siendo estas respuestas consideradas comportamientos asociados al dolor al igual que Ison *et al.*, (2018). Es importante señalar que los últimos autores referidos vinculan sus resultados a las contracciones uterinas solo mediante observación de comportamiento sin utilizar algún método de monitoreo uterino alrededor del parto. Mientras que, debe destacarse que en el presente estudio mediante la observación de comportamiento junto a monitorización fetal durante el desarrollo del parto, se obtuvieron los resultados referidos que han sido interpretados para poder relacionarlos al dolor.

Debe señalarse que el monitoreo uterino realizado en este estudio es un precedente para poder realizar evaluaciones futuras en diversos tipos de producción, junto a la observación del comportamiento y el etograma para describir las circunstancias de diferentes tipos de parto en las cerdas, ya que a la fecha no existen antecedentes que hagan este tipo de evaluación.

13.3 Indicadores reproductivos

En este estudio, el parámetro reproductivo que mostró un impacto sobre la mortalidad al parto fue el total de lechones nacidos en las cerdas observadas que presentaron comportamiento normal y asociado al dolor durante el parto. Kobek *et al.*, (2017), observaron si el comportamiento de las cerdas se ve afectado por la duración al tener un parto prolongado en producción orgánica libre, por lo cual concluyeron que la duración si tuvo un efecto significativo sobre el riesgo de muerte fetal hasta 2.4 veces más con una duración de parto de 8.5 h comparado con 3.2 h teniendo como causa principal de muerte el aplastamiento. Al igual que este estudio el riesgo de mortalidad de los lechones no estuvo afectado por la duración del parto, ya que no se encontró ningún efecto de la duración en los comportamientos maternos considerados importantes para el riesgo de mortalidad de los lechones (Kobek *et al.*, 2017). Los autores sugieren que la falta de efecto de la duración del parto en el comportamiento materno en su estudio indica que la causa principal de la mortalidad de lechones nacidos vivos debería encontrarse en otro lugar que no esté directamente relacionado con el curso del parto.

Del mismo modo Olivieiro *et al.*, (2010), investigaron si factores como la raza, edad de la cerda, duración de gestación, alojamiento, condición corporal y estado de estreñimiento afectan la duración del parto; observaron en cerdas que se encontraban en una jaula, una duración de parto fue de 272 ± 152 min, el intervalo entre lechones de 26 ± 25 min, con camadas de 12.7 ± 3.2 lechones nacidos vivos y 1 ± 1.5 lechones nacidos muertos, donde solo el alojamiento, el promedio de grasa dorsal, lechones nacidos muertos y estado de estreñimiento se correlacionaron significativamente con la duración del parto.

De igual manera King *et al.*, 2018 evalúan factores que intervienen a la duración del parto, concluyendo que la duración aumentó al incrementarse el tamaño de camada con 26.8 min de intervalo de nacimiento en camadas de 11.6 lechones, sin encontrar otros factores que afecten la extensión del parto.

Por su parte Uitdehaag *et al.*, (2008) que relacionaron el mérito genético de la supervivencia al destete y la observación de comportamiento al parto, reportan un promedio de 10.4 lechones nacidos vivos con un peso promedio al nacimiento de 1.55 kg y una duración de parto promedio de 2.41 h y un intervalo de nacimiento de 14.8 min.

Ison *et al.*, (2016) al identificar posibles indicadores conductuales de dolor en cerdas al periparto reportaron parámetros reproductivos de 12.72 ± 0.56 lechones nacidos vivos, 0.28 ± 0.17 lechones nacidos muertos, con una mortalidad en lactancia de 8.74 ± 1.64 y un promedio de 11.64 ± 0.33 lechones destetados.

Aunque los parámetros reproductivos de esta investigación están por debajo de las investigaciones ya mencionadas, el parto fue registrado con una duración promedio de 220.36 ± 56.93 min, con camadas de 8.77 ± 1.77 lechones nacidos vivos, con un peso promedio de 1.96 ± 0.41 , mortalidad intra-parto de 0.72 ± 1.25 , la mortalidad en lactancia de 1.19 ± 1.21 y un peso al destete de 6.10 ± 1.28 kg; esto sin que el comportamiento asociado al dolor mostrará intervención sobre estos parámetros.

14. Implicaciones

14.1 Implicaciones productivas

La industria porcina con su aumento de demanda y el compromiso existente de certificar a los consumidores el bienestar animal durante la estancia de vida de los animales en granja, requiere herramientas de evaluación del bienestar que sean rápidas, de accesible capacitación al trabajador y eficaces.

Al tener acceso a evaluaciones que cumplan con las características mencionadas se puede reflejar en mitigar el dolor de la cerda al parto, con manejos zootécnicos o administración de analgésicos, que lleva a administrar los recursos económicos de las producciones a esta situación, con las consiguientes mejoras del bienestar de hembras y lechones.

14.2 Implicaciones científicas

La literatura disponible de observaciones previas indica comportamientos y posturas relacionadas al dolor durante el parto en cerdas, este estudio ha encontrado similitudes con lo reportado por otros autores, tales como la extremidad pélvica hacia adelante, patada y movimientos de cola como indicadores preliminares asociados al dolor en cerdas durante el parto. Las observaciones futuras deben enfocarse a los diferentes ambientes de maternidad en las producciones como: maternidad en jaula, en corral y al aire libre para poder ratificar los comportamientos y posturas que nos indiquen dolor al parto.

15. Conclusión

Este estudio mostró la expresión de posturas y comportamientos asociados al dolor que fueron observados y relacionados en el desarrollo del parto espontáneo en cerdas; los comportamientos putativos del dolor al parto en cerdas más observados fueron: extremidad pélvica hacia adelante (71.48%), movimiento de cola (87.79%), patada (82.45%) y distensión del abdomen (44.12%), presentándose en dos categorías, la categoría 7 con una duración moderada (61-300 s) y la categoría 8 con duración larga (> 301 s), ambas categorías se encontraron durante el desarrollo del parto. Respecto al comportamiento normal, las posturas con mayor frecuencia de observación fueron: sentada (61.83%), posición lateral derecha (77.94%) / izquierda (80%) y de pie (67.39%).

En cuanto al monitoreo uterino el análisis de componentes principales utilizado para señalar el nacimiento de los lechones mostró que los tres primeros componentes muestran el 66% de la variación total donde la actividad uterina, el orden de nacimiento y el número de contracciones por parto explican el 34%, 16% y 15% de la varianza, respectivamente. Donde las variables actividad uterina, orden de nacimiento y número de contracciones por parto tuvieron influencia en la frecuencia de contracción (en 10 min), número total de contracciones e intensidad de contracción, correspondientemente. Las evidencias anteriores y los comportamientos asociados al dolor durante el parto que se observaron en las cerdas conforme al nacimiento de los lechones indican que el monitoreo uterino es una herramienta confiable que puede ser utilizada de manera experimental con el fin de profundizar en su utilidad con relación al estudio del dolor.

Los resultados de este estudio indican que se puede identificar que las cerdas sienten dolor durante el parto espontáneo, el etograma es una medida que auxilia a demostrar que es poco probable que pueda ocurrir un parto sin dolor. Es conveniente que antes de realizar una manipulación obstétrica, manejo zootécnico u aplicación de uterotónicos para ayudar el desarrollo del parto, se debe considerar

que dentro de la evolución de dicho parto es explícita la presencia de dolor y es oportuno poder reconocer los indicadores adecuados de dolor.

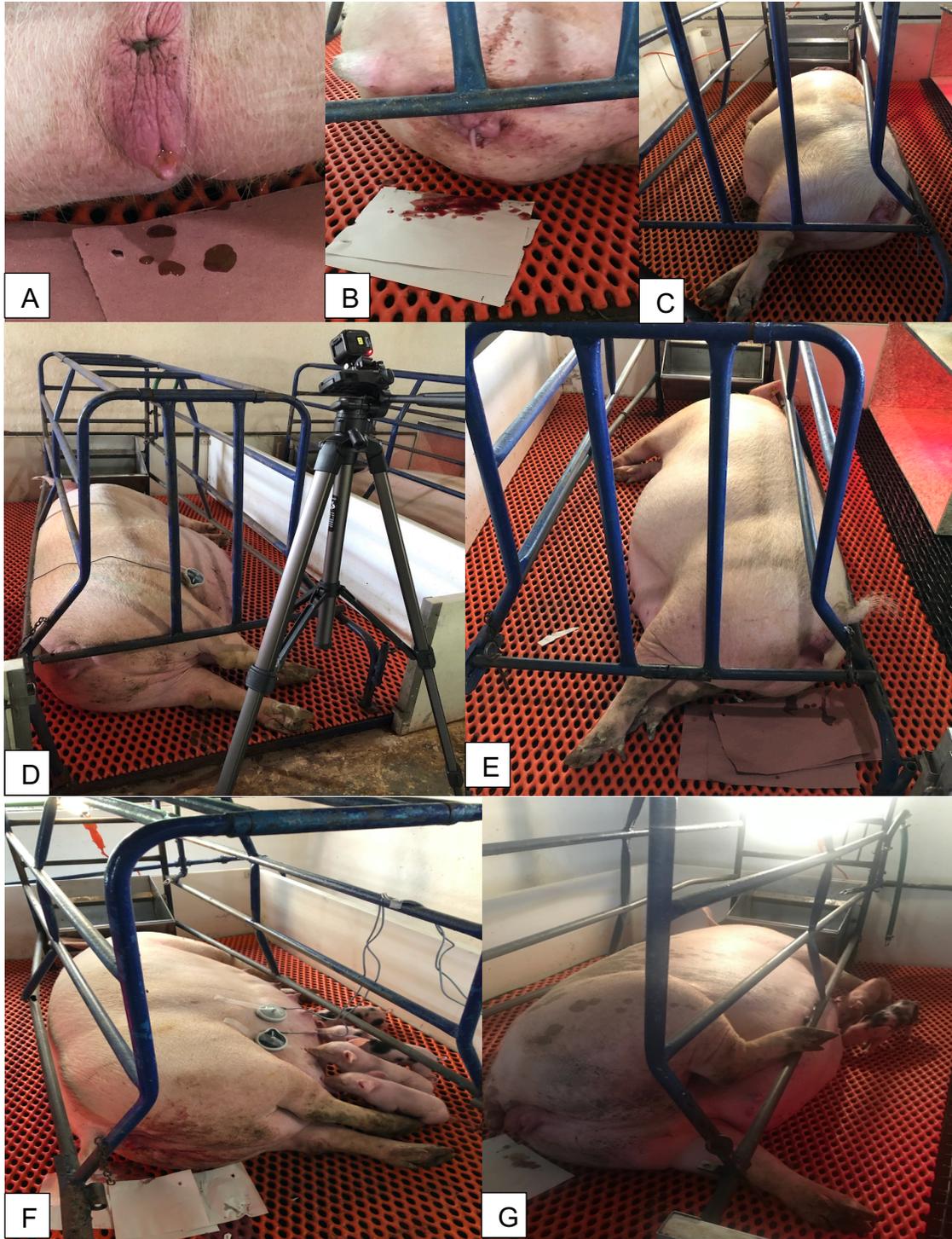


Figura 7. Fotografías del proceso de observación.

A y B: Signos de aproximación de la expulsión de lechones. C, D y E: Observación de la parte posterior de la jaula y colocación de la cámara. F: Monitoreo uterino durante el parto. G: Observación de comportamiento de cerda al parto.

16. Referencias

Albernaz-Gonçalves R, Olmos G, Hötzel MJ. My pigs are ok, why change? – animal welfare accounts of pig farmers. 2020. *Animal*. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100154>

Anil L, Anil SS, Deen J. Pain detection and amelioration in animals on the farm: issues and options. *J Appl Anim Welf Sci*. 2005; 8 (4): 261- 278. doi: 10.1207/s15327604jaws0804:3

Ashley FH, Waterman-Pearson AE, Whay HR. Behavioural assessment of pain in horses and donkeys: application to clinical practice and future studies. *Equine Vet J*. 2005. 37(6): 565-575. doi:10.2746/042516405775314826

Badgley C. Feeding the world. *Nature*. 2002; 419: 777. <https://doi.org/10.1038/419777b>

Bakker PC, van Geijn HP. Uterine activity: implications for the condition of the fetus. *J Perinat Med*. 2008; 36(1):30-7. doi: 10.1515/JPM.2008.003.

Baska-Vincze B, Baska F, Szenci O. Evaluation of fetal well-being by transabdominal ultrasonography in the mare. Preliminary results [in Hungarian, with English abstract]. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 2014; 136, 195–204.

Baska-Vincze B, Baska F, Szenci O. Fetal heart rate and fetal heart rate variability in Lipizzanre broodmares. *Act Vet Hung*. 2015; 63 (1): 89-99. doi: 10.1556/AVet.2015.007

Barrier AC, Haskell MJ, Macrae AI, Dwyer CM. Parturition progress and behaviours in dairy cows with calving difficulty. *Appl Anim Behav Sci*. 2012. 139: 209-217. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.03.003>

Beckers JF, Drion PV, Garbayo JM, Perényi ZS, Zarrouk A, Sulon J, Remy B, Szenci O. Pregnancy associated glycoproteins in ruminants: inactive members of the aspartic proteinase family. *Acta Vet Hung*. 1999. 47:461–469. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.03.003>

Bergmeir L. Animal welfare is not just another bureaucratic hoop. *Nature*. 2007. 448. <https://doi.org/10.1038/448251a>

Bogal K. Focus on cardiotocography: Intrapartum monitoring of uterine contractions. *Br J Midwifery*. 2017; 25 (8): 491-497. doi: 10.12968/bjom.2017.25.8.491

Boglárka BV, Baska F, Szenci O. Fetal heart rate and fetal heart rate variability in Lipizzaner broodmares. *Act Vet Hung.* 2015. 63(1): 89-99. doi: 10.1556/AVet.2015.007.

Bowen IM. Chapter 10 – Ambulatory electrocardiography and heart rate variability. In: Marr, C. M. and Bowen, I. M. (eds) *Cardiology of the Horse*. 2010. Second Edition. W. B. Saunders, Edinburgh. pp. 127–137.

Buller H, Blokhuis H, Jensen P, Keeling L. Towards Farm Animal Welfare and Sustainability. *Animals*. 2018; 8:13. <https://doi.org/10.3390/ani8060081>

Catheline G, Touquet B, Besson JM, Lombard MC. Parturition in the rat: a physiological pain model. *Anesthesiology*. 2006; 104:1257–65. doi: 10.1097/00000542-200606000-00022.

Cook WR, Kibler M. Behavioural assessment of pain in 66 horses, with and without a bit. *Equine Vet Educ*. 2019; 31(10):551-560. doi:10.1111/eve.12916

Cohen S, Beths T. Grimace Scores: tools to support the identification of pain in mammals used in research. *Animals*; 2020;10 (1726). doi: 10.3390/ani10101726

Collins LM, Part CE. Modelling farm animal welfare. *Animals*. 2013; 3: 416-441. doi: 10.3390/ani3020416

Conte S, Bergeron R, Gonyou H, Brown J, Rioja-Lang FC, Connor ML, et al. Use of an analgesic to identify pain-related indicators of lameness in sows. *Livest Sci*. 2015; 180:203-8. doi: 10.1016/l.livsci.2015.08.009

Cornefjord M, Olmarker K, Farley DB, Weinstein JN, Rydevik B. Neuropeptide changes in compressed spinal nerve roots. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995; 20(6):670–673. doi: 10.1097/00007632-199503150-00007.

Davidson, AP. Uterine and fetal monitoring in the bitch. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2001; 31(2): 305-313. doi: 10.1016/s0195-5616(01)50207-7.

Dzikamunhenga RS, Anthony R, Coetzee J, Gould S, Johnson A, Karriker L, McKean J, Millman ST, Niekamp SR, O'Connor AM. Pain management in the neonatal piglet during routine management procedures. Part 1: a systematic review of randomized and non-randomized intervention studies. *Anim Health Res Rev*. 2014. 15: 14-38. doi: 10.1017/S1466252314000061

Earley B, Crowe MA. Effects of ketoprofen alone or in combination with local anesthesia during the castration of bull calves on plasma cortisol, immunological, and inflammatory responses. *J Anim Sci.* 2002; 80:1044–1052. doi: 10.2527/2002.8041044x.

Ellison B, Brooks K, Mieno T. Which livestock production claims matter most to consumers? *Agric Human Values.* 2017. 34: 819-831 <https://doi.org/10.1007/s10460-017-9777-9>.

Estévez-Moreno LX, María GA, Sepúlveda WS, Villaroel M, Miranda-de la Lama. Attitudes of meat consumers in Mexico and Spain about farm animal welfare: A cross-cultural study. *Meat Sci.* 2021; 173: 108377. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108377.

European Commission. Attitudes of consumers towards the welfare of farmed animals. Directorate General Health and Consumer Protection and Coordinated by Directorate General Press and Communication, European Commission. 2005.

FAWC. Five Freedoms [WWW Document] *Farm Anim. Welf. Counc.* 1979.

Flecknell P. Analgesia from a veterinary perspective. *Br J Anaesth.* 2008; 101(1):121-4. doi: 10.1093/bja/aen087

Fourichon C, Seegers H, Malher X. Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology.* 2000. 53: 1729–1759. doi: 10.1016/s0093-691x(00)00311-3.

Fraser D. The role of behavior in swine production: a review of research. *Appl Anim Ethol.* 1984; 11: 317–339. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(84\)90041-5](https://doi.org/10.1016/0304-3762(84)90041-5)

García R, Bolaños D, Orozco H, González M, Caballero S, Mota D. Dolor durante la matanza de animales para consumo. En: Mota Rojas D, Velarde Calvo A, Maris Huertas S, Nelly Cajiao M. *Bienestar animal. Una visión global en Iberoamérica.* 3ª ed. Barcelona, España: Elsevier; 2016; 29: 393-404.

Georgevia A, Payne JS, Moulden M, Redman WGC. Computerized intrapartum electronic fetal monitoring: analysis of the decision to deliver for fetal distress. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS Boston, Massachusetts USA, August 30 - September 3, 2011.

Godfray HC et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science.* 2010; 327: 812-818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>

González M, Trujillo ME, Salmerón C. Dolor de la cerda durante el parto. Los porcicultores y su entorno. 2017;19 (117): 8-22.

Guatteo R, Levionnois O, Fournier D, Guémené D, Latouche K, Leterrier C, Mormède P, Prunier A, Servièrre J, Terlouw C, Le Neindre P. Minimising pain in farm animals: The 3S approach – ‘Suppress, Substitute, Soothe’. *Animal*. 2012; 6: 1261–1274. doi: 10.1017/S1751731112000262.

Hardie EM. Recognition of pain behaviour in animals. En: Hellebrekers LJ (ed). *Animal pain a practice-oriented approach to an effective pain control in animals*. The Netherlands: Van der Wees. 2000; 4: 51-69.

Hellyer P, Rodan I, Brunt J, Downing R, Hagedorn JE, Robertson SA. AAHA/AAFP pain management guidelines for dogs and cats. *J Feline Med Surg*. 2007; 9(6): 466 – 480. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.09.001>

Hausman MF, Lay DC, Buchanan HS, Hopper JG. Butorphanol tartrate acts to decrease sow activity, which could lead to reduced pig crushing. *J Anim Sci*. 1999; 77 (8): 2054-9 doi:10.2527/1999.7782054x

Herskin MS, Di Giminiani P. Pain in pigs: Characterisation, mechanisms and indicators. En: *Advances in Pig Welfare*. Edited: Spinka M. Elsevier: United Kingdom: 2018. p. 325-355.

Holdcroft A, Snidvongs S, Cason A, Doré CJ, Berkley KJ. Pain and uterine contractions during breast feeding in the immediate post-partum period increase with parity. *Pain*. 2003; 104(3): 589–596. DOI: 10.1016/S0304-3959(03)00116-7

Huzzey JM, von Keyserlingk MAG, Weary DM. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J Dairy Sci*. 2005; 88(7): 2454–2461. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72923-4.

Ison SH, Jarvis S, Hall SA, Ashworth CJ, Rutherford KM. Periparturient behavior and physiology: further insight into the farrowing process for primiparous and multiparous sows. *Front Vet Sci*. 2018; 5: 122. doi: 10.3389/fvets.2018.00122

Ison SH, Jarvis S, Rutherford KMD. The identification of potential behavioural indicators of pain in periparturient sows. *Res Vet Sci*. 2016; 109:114–20. doi: 10.1016/j.rvsc.2016.10.002.

Ison SH, Rutherford KMD. Attitudes of farmers and veterinarians towards pain and the use of pain relief in pigs. *Vet J*. 2014; 202(3): 622-7. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.10.003.

Ison, SH. Addressing pain at parturition in the pig (Tesis doctoral). Edimburgo: The university of Edinburgh; 2016.

Jarvis S, Lawrence AB, Mclean KA, Deans LA, Chirnside J, Calvert SK. The effect of piglet expulsion in the sow on plasma cortisol, adrenocorticotrophic hormone and β -endorphin. *Reprod Domest Anim.* 1999; 34:89-94. doi:10.1111/j.1439-0531.1999.tb01389.x

Jarvis S, Dwyer CM, Lawrence AB. The role of opioids and oxytocin in mediating species differences in maternal behavioural expression. En: Ramos A, Pinheiro Machado Filho LC, HoÉtzel MJ. (Eds.), *Proceedings of the 34th International Congress of the ISAE.* 2000. p. 148.

Jensen P. Maternal behaviour and mother-young interactions during lactation in free-ranging domestic pigs. *Appl Anim Behav Sci.* 1988; 20: 297-308. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(88\)90054-8](https://doi.org/10.1016/0168-1591(88)90054-8)

Jensen P. Observations on the maternal behavior of free-ranging domestic pigs. *Appl Anim Behav Sci.* 1986. 16: 131-142. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(86\)90105-X](https://doi.org/10.1016/0168-1591(86)90105-X)

Jourdan D, Ardid D, Eschailer A. Automated behavioural analysis in animal pain studies. *Pharmacol Res.* 2001; 43: 103-110. <https://doi.org/10.1006/phrs.2000.0760>

Juarbe-Diaz SV, Houpt KA, Kusunose R. Prevalence and characteristics of foal rejection in Arabian mares. *Equine Vet J.* 1998; 30: 424-428. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1998.tb04513.x>

King LR, Baxter ME, Matheson MS, Edwards AS. Sow free farrowing behaviour: Experiential, seasonal and individual variation. *Appl Anim Behav Sci.* 2018; 208:14-21. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.08.006>

Kleinhenz MD, Van Engen NK, Smith JS, Gorden PJ, Ji J, Wang C, Perkins SCB, Coetzee JF. The impact of transdermal flunixin meglumine on biomarkers of pain in calves when administered at the time of surgical castration without local anesthesia. *Livest. Sci.* 2018; 212:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.03.016>

Kovács L, Nagy K, Szelényi Z, Szenci O, Tózsér J. Heart rate variability as a measurement of stress in cattle: biological background, methods and results. Literature review [in Hungarian, with English abstract]. *Magyar Állatorvosok Lapja.* 2012;134(9), 515–523. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134792>

Kovács L, Tózsér J, Bakony M, Jurkovich V. Short communication: Changes in heart rate variability of dairy cows during conventional milking with nonvoluntary exit. *J Dairy Sci.* 2013; 96(12): 77437. doi: 10.3168/jds.2013-7030

Kobek Thorsen C, Aagaard Schild SL, Rangstrup-Christensen L, Bilde T, Juul Pedersen L. The effect of farrowing duration on maternal behavior of hyperprolific sows in organic outdoor production. *Livestock Science.* 2017; 2004: 92-97. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.08.015>

Kuberka L, Cozzens T, Mezoughem C. Livestock and poultry: world markets and trade. Available at, https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf [accessed November 10, 2018] (USDA-FAS, Office of Global Analysis, Global Commodity Analysis Division, Washington, DC, USA, 2018).

Knupp RJ, Andrews WW, Tita ATN. The future of electronic fetal monitoring. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2020; 67: 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2020.02.004>

Landa L. Pain in domestic animals and how to assess it: a review. *Vet Med.* 2012. 57(4): 185–192. doi: 10.17221/5915-VETMED

Larsen T, Kaiser M, Herskin MS. Does the presence of shoulder affect the behaviour of sows. *Res Vet Sci.* 2015; 98:19-24. doi:10.1016/j.rvsc.2014.11.001

Lidfors LM, Moran D, Jung J, Jensen P, Castren H. Behaviour at calving and choice of calving place in cattle kept in different environments. *Appl Anim Behav Sci.* 1994; 42, 11–28. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90003-5)

Lempersz C, Noben L, van Osta G, Wassen MLH, Meershoek BPL, Bakker P, Jacquemyn Y, Cuerva MJ, Vullings R, Westerhuis MEMH, Oei GS. Intrapartum non-invasive electrophysiological monitoring: A prospective observational study. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2020; 99(10): 1-9. doi: 10.1111/aogs.13873

Loewenstein DA, Ownby R, Schram L, Acevedo A, Rubert M, Argüelles T. An evaluation of the NINCDS-ADRDA neuropsychological criteria for the assessment of Alzheimer's disease: a confirmatory factor analysis of single versus multifactor models. *J Clin Exp Neuropsychol.* 2001;23 (3):274–84. doi: 10.1076/jcen.23.3.274.1191

Mainau E, Cuevas A, Ruiz-de-la-Torre JL, Manteca X. Effect of parity on acute phase proteins and general activity in dairy cows during the puerperal period. *Proc. ISAE2009 Cairns.* 2009. 171.

Mainau E, Dalmau A, Ruiz-de-la-Torre JL, Manteca X. A behavioural scale to measure ease of farrowing in sows. *Theriogenology*. 2010. 74: 1279-87. doi:10.1016/j.theriogenology.2010.05.034

Mainau E, Manteca X. Pain and discomfort caused by parturition in cows and sows. *Appl Anim Behav Sci*. 2011; 135: 241-251. doi:10.1016/j.applanim.2011.10.020

Mainau E, Ruiz-de-la-Torre JL, Dalmau A, Salleras JM, Manteca X. Effects of meloxicam (Metacam[®]) on post-farrowing sow behaviour and piglet performance. *Animal*. 2012; 6:494-501. doi:10.1017/S1751731111001790

Martinez-Burnes J, Muns R, Barrios-García H, Villanueva-García D, Domínguez-Oliva, Mota-Rojas D. Parturition in animals: Animal models, pain and distress. *Animlas*, 2021; 11(10):2960. doi: 10.3390/ani11102960.

McGlone JJ, Nicholson RI, Hellman JM, Herzog DN. The development of pain in young pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioral changes. *J Anim Sci*. 1993; 71:1441-6.

McGlone JJ. The future of pork production in the world: towards sustainable, welfare-positive systems. *Animals (Basel)*. 2013. 3:401-415. <https://doi.org/10.3390/ani3020401>

Mee JF. Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: a review. *Vet J*. 2008; 176: 93-101. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.032.

Mellor DJ, Fisher MW, Stafford KJ. A cost-benefit analysis of pain relief for farm animals. In: *Scientific Assessment and Management of Animal Pain*, First Ed. World Organization of Animal Health. 2008. 47–55.

Metz J, Metz JHM. Behavioural phenomena related to normal and difficult deliveries in dairy cows. *Neth J Agric Sci*. 1987; 35: 87-101. <https://doi.org/10.18174/njas.v35i2.16738>

Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. Changes in the behaviour of dairy cows during the 24 h before normal calving compared with behaviour during late pregnancy. *Appl Anim Behav. Sci*. 2011; 131: 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.01.012>

Miller L. Intrapartum Fetal Monitoring: liability and documentation. *Clin Obstet Gynecol*. 2011; 54(1): 50-5. doi: 10.1097/GRF.0b013e31820a0e27

Miranda-de la Lama GC, Estévez-Moreno LX, Sepúlveda WS, Estrada-Chavero MC, Rayas-Amor AA, Villarroel M, María GA. Mexican consumers' perceptions and attitudes towards farm animal welfare and willingness to pay for welfare friendly meat products. *Meat Science*. 2017; 125, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.12.001>

Mirza FG, Fakhoury AA, Rowley TJ, Flood PD. Role of capsaicin in a murine model of labor and delivery. *Anesthesiology*. 2013; 118(2): 430–5. doi: 10.1097/ALN.0b013e31827e8765

Mogil JS, Crager SE. What should we be measuring in behavioral studies of chronic pain in animals? *Pain*. 2004; 112: 12-15. doi: 10.1016/j.pain.2004.09.028

Mogil JS. Animal models of pain: progress and challenges. *Neuroscience*. 2009; 10: 283-294. doi: 10.1038/nrn2606

Molony V, Kent J. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *J Anim Sci*. 1997; 75(1): 266–272. doi: 10.2527/1997.751266x.

Mota Rojas D, Villanueva García D, Velázquez Armenta Y, Nava Ocampo A, Ramírez Necochea R, Alonso Spilsbury M, Trujillo Ortega ME. Influence of time at which oxytocin is administered during labor on uterine activity and perinatal death in pigs. *Biol Res*. 2007; 40(1): 55-63. doi: 10.4067/s0716-97602007000100006

Mota-Rojas D, Nava-Ocampo A, Trujillo ME, Velázquez-Armenta Y, Ramírez-Necochea, Martínez-Burnes J, Alonso-Spilsbury M. Dose minimization of oxytocin in early labor in sows: Uterine activity and fetal outcome. *Reprod Toxicol*. 2005; 20(2): 255-259. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2005.02.005>

Nagel C, Aurich J, Aurich C. Determination of heart rate and heart rate variability in the equine fetus by fetomaternal electrocardiography. *Theriogenology*. 2010; 73(7): 973–983. doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.11.026.

Nagel C, Aurich J, Trenk L, Ille N, Drillich M, Pohl W, Aurich C. Stress response and cardiac activity of term and preterm calves in the perinatal period. *Theriogenology*. 2016; 86(6):1498–1505. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.05.008

Nagel C, Erber R, Bergmaier C, Wulf M, Aurich J, Möstl E, Aurich C. Cortisol and progesterone release, heart rate and heart rate variability in the pregnant and postpartum mare, fetus and newborn foal. *Theriogenology*. 2012; 78(4): 759-67. doi: 10.1016/j.theriogenology.2012.03.023

Nagel C, Erber R, Ille N, von Lewinski M, Aurich J, Möstl E, Aurich C. 2014. Parturition in horses is dominated by parasympathetic activity of the autonomous nervous system. *Theriogenology*. 2014; 82(1):160-8. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.03.015

Nagel C, Erber R, Ille N, Wulf M, Aurich J, Möstl E, Aurich C. Heart rate and salivary cortisol concentrations in foals at birth. *Vet J*. 2015; 203 (2): 250-2. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.11.013

Nagel C, Trenk L, Aurich C, Ille N, Pichler M, Drillich M, Pohl W, Aurich J. Sympathoadrenal balance and physiological stress response in cattle at spontaneous and PGF2 α -induced calving. *Theriogenology*. 2016; 85(5): 979-985. doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.11.009

Naranjo RA, de la Torre Silva F, Rodríguez AA, Guillén J. Análisis de componentes principales en los motores de combustión interna HYUNDAI 1.7 MW. *Ingeniería Energética*. 2021; 42 (1).

Nolen RS. The problem with pain. Veterinarians are making a thorny issue a priority. *J Am Vet Med Assoc*. 2001;2019(3): 288-9.

Nawroth C, Langbien J, Coulon M, Gabor V, Oesterwind S, Benz-Schwarzburg J, von Borell E. Farm Animal Cognition-Linking Behavior, Welfare and Ethics. *Front Vet Sci*. 2019; 12. doi: 10.3389/fvets.2019.00024

Olmos Hernández A, Mota Rojas D, Trujillo Ortega ME, Ramírez Necochea R, Becerril Herrera M, Alonso Spilsbury M. Dinámica uterina y sufrimiento fetal en cerdas con partos espontáneos. En: Mota Rojas D, Nava Ocampo AA, Villanueva García D, Alonso Spilsbury ML. *Perinatología y Ginecobstetricia Animal: Enfoques clínicos experimentales*. México: BM Editores S.A. de C.V. 2008.13: pp.157-168.

Oliviero C, Hironen M, Valros A, Peltoniemi O. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing. *Anim Reprod Sci*. 2010; 119(1-2): 85-91. doi: 10.1016/j.anireprosci.2009.12.009.

Overall K. The role of stress and stressors in the development of fears phobias and anxieties. *Clinical behavioral medicine for small animals*. Mosby St Louis, Missouri; 1997.p. 210-211.

Owens JL, Edey TN, Bindon BM, Piper LR. Parturient behaviour and calf survival in a herd selected for twinning. *Appl Anim Behav Sci*.1985; 13(4): 321-333. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(85\)90012-7](https://doi.org/10.1016/0168-1591(85)90012-7)

Padbury JF, Agata Y, Polk DH, Wang DL, Lam RW, Callegari CC. Catecholamine and endorphin responses to delivery in term and preterm lambs. *Dev Pharmacol Ther.* 1988; 11(1): 44-50. doi: 10.1159/000457663

Palmer J. Fetal monitoring. *Proceedings of the Equine Symposium and Annual Conference, San Antonio, TX, 2000.* pp. 39-43.

Parsons RL, Millman ST, Coetzee JF, Karriker LA, Mohling CM, Pairis-Garcia MD, Stalder K, Johnson AK. Sow behavioral responses to transient, chemically induced synovitis lameness. *Acta Agric Scand Sec A Anim Sci.* 2015; 65:122-5. doi:10.1080/09064702.2015.1110617

Paul-Murphy J, Ludders JW, Robertson SA, Gaynor JS, Hellyer PW, Wong PL. The need for a cross-species approach to the study of pain in animals. *J Am Vet Med Assoc.* 2004; 224(5): 692-7. doi: 10.2460/javma.2004.224.692

Peltoniemi OAT, Oliviero C. Housing, management and environment during farrowing and early lactation. En: Farmer C, editor. *The Gestating and Lactating Sow.* Wageningen: Academic Publishers. 2015. p. 231–52.

Prunier A, Mounier L, Le Neindre P, Leterrier C, Mormède P, Paulmier V, Prunet P, Terlouw C, Guatteo R. Identifying and monitoring pain in farm animals: A review. *Animal.* 2013; 7(6): 998–1010. doi: 10.1017/S1751731112002406.

Raekallio M, Heinonen K, Kuussaari J, Vainio O. Pain alleviation in animals: attitudes and practices of Finnish veterinarians. *Vet J.* 2003; 165(2): 131-5.

Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, Keefe FJ, Mogil JS, Ringkamp M, Sluka KA, Song XJ, Stevens B, Sullivan MD, Tutelman PR, Ushida T, Vader K. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain.* 2020;161 (9): 1976-1982. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001939

Reef VB, Vaala WE, Worth LT, Spencer PA, Hammett B. Ultrasonographic evaluation of the fetus and intrauterine environment in healthy mares during late gestation. *Vet Radiol Ultrasound.* 1995; 36(6): 533-541. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1995.tb00308.x>

Reef VB, Vaala WE, Worth LT, Sertich PL, Spencer PA. Ultrasonographic assessment of fetal well-being during late gestation: development of an equine biophysical profile. *Equine Vet J.* 1996; 28(3): 200-208. doi: 10.1111/j.2042-3306.1996.tb03773.x

Rodríguez JG, Gímenez Legal E. Aplicación del análisis de componentes principales en la investigación de aguas de pozo para el consumo humano. *Población y Desarrollo*. 2017; 23 (45): 38-52 doi:10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023(45)038-052

Roughan JV, Wright-Williams SL, Flecknell PA. Automated analysis of postoperative behavior: assessment of Home Cage Scan as a novel method to rapidly identify pain and analgesic effects in mice. *Lab Anim*. 2009; 43(1): 17-26. doi: 10.1258/la.2008.007156

Rukwied R, Dusch M, Schley M, Forsch E, Schmelz M. Nociceptor sensitization to mechanical and thermal stimuli in pig skin in vivo. *Eur J Pain*. 2008;12 (2): 242-50. doi: 10.1016/j.ejpain.2007.05.007

Rutherford KMD. Assessing pain in animals. *Anim Welfare*. 2002; 11(1): 31-53.

Schönfelder A, Schrödl W, Krüger M, Richter A, Sobiraj A. The change of acute phase protein haptoglobin in cattle during spontaneous labor and Caesarean section with or without torsion uteri intrapartum. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*. 2005; 118(5-6):240-6.

Small AK, Sidebotham M, Fenwick J, Gamble J. Intrapartum cardiotocograph monitoring and perinatal outcomes for women at risk: Literature review. *Women and Birth*. 2020; 33 (5): 411-418. doi: 10.1016/j.wombi.2019.10.002.

Seskel K. Tratamiento clínico del dolor: Consecuencias del dolor en el comportamiento de los animales. En: *Evaluación científica y manejo del dolor animal*. Coordinado por Mellor DJ, Thornber PM, Bayvel D, Kahn S. 2008. Cap 2: p. 79-132.

Sherrington CS. *The Integrative Action of the Nervous System*. New York: C Scribner's Sons; 1906.

Sneddon LU, Elwood RW, Adamo SA, Leach MC. Defining and assessing animal pain. *Anim Behav*. 2014; 97: 201-212. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.09.007>

Sneddon LU. Pain perception in fish: indicators and endpoints. *ILAR J*. 2009; 50(4); 338-42. doi: 10.1093/ilar.50.4.338

Sternberg WF, Ritchie J, Mogil JS. Qualitative sex differences in kappa-opioid analgesia in mice are dependent on age. *Neuroscience Lett*. 2004; 363 (2): 178-81. doi: 10.1016/j.neulet.2004.04.004

Swindle MM, Smith AC. Swine in the Laboratory: Surgery, Anesthesia, Imaging, and Experimental Techniques. third ed. CRC Group, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL; 2015. p. 593

Taverne MAM, Naaktgeboren C, Elsaesser F, Forsling ML, van derWeyden GC, Ellendorff F, Smidt D. Myometrial electrical activity and plasma concentrations of progesterone, estrogens and oxytocin during late pregnancy and parturition in the miniature pig. *Biol Reprod.* 1979; 21(5): 1125-34. doi: 10.1095/biolreprod21.5.1125

Tenbergen R, Friendship R, Cassar G, Amezcua MR, Haley D. Investigation of the house of meloxicam post farrowing for improving sow performance and reducing pain. *J Swine Heal Prod.* 2014; 22(1):10-5.

Thodberg K, Jensen KH, Herskin MS. Nest building and farrow in sows: relation to the reaction pattern during stress, farrowing environment and experience. *Appl Anim Behav Sci.* 2002; 77(1): 21-42. doi: 10.1016/S0168-1591(02)00026-6

Tong C, Conklin DR, Liu B, Ririe DG, Eisenach JC. Assessment of behavior during labor in rats and effect of intrathecal morphine. *Anesthesiology.* 2008; 108(6):1081-6. doi: 10.1097/ALN.0b013e318167afb3

Trenk L, Kuhl J, Aurich J, Aurich C, Nagel C. Heart rate and heart rate variability in pregnant dairy cows and their fetuses determined by fetomaternal electrocardiography. *Theriogenology.* 2015; 84(8): 1405-10. doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.07.027

Trentini R, Di Fede E, Iannetti L, Ruggieri E. Pre-slaughtering stunning effects on small ruminants welfare: a review. *Large Anim Rev.* 2011; 17(5): 177-186.

Tuytens FAM, de Graaf S, Heerkens JLT, Jacobs L, Nalon S, Stadig L, Van Laer E, Ampe B. Observer bias in animal behaviour research: can we believe what we score, if we score what we believe? *Anim Behav.* 2014; 90: 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.02.007>

Uitdehaag KA, Ekkel D, Kanis E, Knol E. Sow behaviour during parturition to the observed and the genetic merit for weaning survival. *App Anim Behav Sci.* 2008; 114: 86-92. doi:10.1016/j.applanim.2008.01.005

van der Weyden GC, Taverne MA, Okkens AC, et al. The intrauterine position of canine fetuses and their sequence of expulsion at birth. *J Small Anim Pract.* 1981; 22(8): 503-10. doi: 10.1111/j.1748-5827.1981.tb00637.x

van Dierendonck MC, Burden FA, Rickards K, van Loon JPAM. Monitoring acute pain in donkeys with the Equine Utrecht University Scale for Donkeys Composite

Pain Assessment (EQUUS-DONKEY-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Donkey Facial Assessment of Pain (EQUUS-DONKEY-FAP). *Animals*. 2020; 10(2):354. doi: 10.3390/ani10020354.

Verbeke WAJ, Viaene J. Ethical challenges for livestock production: Meeting consumer concerns about meat safety and animal welfare. *J Agric Environ Ethics*. 2000; 12: 141-151. doi:10.1023/A:1009538613588

Viitasaari E, Raekallio M, Heinonen M, Valros A, Peltoniemi O, Hänninen L. The effect of ketoprofen on post-partum behaviour in sows. *Appl Anim Behav Sci*. 2014. 158:16–22. doi: 10.1016/j.applanim.2014. 06.005

Viscardi AV, Turner PV. Use of meloxicam or ketoprofen for piglet pain control following surgical castration. *Front Vet Sci*. 2018; 5, 299. doi: 10.3389/fvets.2018.00299

von Borell E, Langbein J, Després G, Hansen S, Leterrier C, Marchant-Forde J, Marchant-Forde R, Minero M, Mohr E, Prunier A, Valance D, Veissier I. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals - a review. *Physiol Behav*. 2007; 92(3): 293–316. doi: 10.1016/j.physbeh.2007.01.007

Weary DM, Niel L, Flower FC, Fraser D. Identifying and preventing pain in animals. *Appl Anim Behav Sci*. 2006; 100: 64-76. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.04.013>

Wehrend A, Hofmann E, Failing K, Bostedt H. Behaviour during the first stage of labour in cattle: Influence of parity and dystocia. *Appl Anim Behav Sci*. 2006; 100:164-170. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.11.008>

Wenzlawowicz Von. Electrical stunning of sows and sheep. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*. 2009; 116(3):107-109. doi: 10.2376/0341-6593-116-107

Woodworth RS, Sherrington CS. A pseudoaffective reflex and its spinal path. *J Physiol*. 1904; 31(3 -4): 234–243.

Zaleski HM, Hacker RR. Effect of oxygen and neostigmine on stillbirth and pig viability. *J Anim Sci*. 1993; 71:298-305.

Zhang M, Li X, Zhang X, Liu H, Li J, Bao J. Effects of confinement duration and parity on stereotypic behavioral and physiological responses of pregnant sows. *Physiol Behav*. 2017; 179: 369-376. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.07.015.

Zhang WC, Nakao T, Moriyoshi M, Nakada K, Ribadu AY, Ohtaki T, Tanaka Y. Relationship of maternal plasma progesterone and estrone sulfate to dystocia in Holstein-Friesian heifers and cows. *J Vet Med Sci.* 1999; 61(8): 909-13. doi: 10.1292/jvms.61.909

Zhang X, Li C, Hao Y, Gu X. Effects of different farrowing environments on the behavior of sows and piglets. *Animals.* 2020;10(2): 320. doi: 10.3390/ani10020320

Zimmermann M. Behavioural investigations of pain in animals. En: Duncan IJH, Molony V (eds.): *Assessing Pain in Farm Animals.* CEC Agriculture Report EUR 9742 EN, Luxembourg; 1986.