

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL**

LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

**BIENESTAR DEL LECHÓN DESTETADO: EVALUACIÓN DE LAS  
EXPRESIONES FACIALES, RESPUESTAS TERMOGRÁFICAS INFRARROJAS  
Y ANÁLISIS DE SU ESTADO DE SALUD**

Prestador de servicio social:

Viridiana Belen Alavez Bautista

Matricula: 2152043039

Asesores:

Interno. Dr. Daniel Mota Rojas

Núm. Económico: 26806

Externo: Dr. Miguel González Lozano



Lugar de realización:

Coordinación de la Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia.  
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco  
(100% en línea-Proyecto emergente UAM)

Fecha de Inicio y Término:

9 de Diciembre de 2019 al 9 de Junio de 2020

## Contenido

1. INTRODUCCION.....	3
2. MARCO TEORICO .....	4
3. OBJETIVOS.....	8
4. METODOLOGÍA UTILIZADA .....	8
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
5.1. Cambios en el sistema inmunológico por efecto del estrés al destete.....	9
5.2. Cambios en el sistema digestivo por efecto del estrés al destete.....	10
5.2.1 Diarrea post-destete .....	11
5.3. Cambios conductuales por efecto del estrés al destete.....	13
5.4 Estrategias para disminuir el estrés del destete .....	16
5.4.1 Estrategias para el aprendizaje social.....	16
5.4.2 Estrategias de Enriquecimiento ambiental .....	18
5.5. Uso de la termografía infrarroja como herramienta para evaluar el estado de los lechones al destete.....	24
5.6. Evaluación de las respuestas termográficas infrarrojas al destete .....	25
5.7. Evaluación de las expresiones faciales.....	38
6. CONCLUSIONES .....	44
7. LITERATURA CITADA .....	45

## **RESUMEN**

El destete es un periodo estresante para los lechones, debido a que se interrumpe el vínculo madre-cría, además de incluir otros factores ambientales, sociales y fisiopatológicos que los hacen susceptibles a desarrollar una reacción de estrés agudo. Aunque a corto plazo esto representa una mejora fisiológica para adaptarse al nuevo entorno, cuando los lechones no son capaces de reducir sus niveles de estrés, diversas enfermedades ponen en riesgo su salud y valor productivo. Con el fin de aminorar el efecto adverso que el destete representa, la aplicación de enriquecimiento ambiental se propone como una alternativa para reducir el estrés en lechones. No obstante, debido a que en torno a su uso existen algunas controversias, el objetivo del presente documento es analizar los factores relacionados al estrés del destete en lechones, las estrategias de enriquecimiento ambiental para reducirlo, así como la importancia de la termografía infrarroja y las expresiones faciales como medios para valorar el estrés al destete.

**Palabras claves:** destete, expresión facial, termografía infrarroja, estrés.

## 1. INTRODUCCION

El destete en el lechón representa un evento potencialmente estresante debido a la separación abrupta de la madre (Jensen y Recén, 1989; Weary et al., 2008; Manteca, 2009). Aunque la separación con la cerda es el principal estresor (Parratt et al., 2006; Manteca, 2009), se suman otros factores como la reubicación a un entorno nuevo, el cambio de dieta y la flora microbiana, así como la competencia con animales desconocidos que disputen por la obtención del alimento (D'Eath, 2005; Weary et al., 2008; Oostindjer et al., 2014).

La multifactorialidad del estrés originado por el destete implica un impacto negativo no sólo en el bienestar de los lechones, sino también en la salud de los mismos debido a una reducción en la ingesta de alimento que se refleja en una menor ganancia de peso y, por consiguiente, mayor susceptibilidad a enfermedades a causa de la desnutrición (Pollock et al., 2021). Por esta razón es importante reducir el estrés ocasionado por el destete para evitar las consecuencias que implica (Morgan et al., 2014; Masarec et al., 2021). Una estrategia que se ha sugerido es el uso del enriquecimiento ambiental para cubrir las necesidades biológicas de los lechones y evitar que se desarrollen patologías del comportamiento o agresiones hacia congéneres (Ferguson 2014).

La evidencia científica señala que el uso de estrategias de enriquecimiento ambiental disminuye las interacciones sociales negativas y los cambios fisiológicos ocasionados por el estrés del destete (van der Staay et al. 2010), observándose mayor frecuencia de conductas positivas orales o de juego (Bolhuis et al. 2005; van de Weerd et al. 2005), a diferencia de los observado en ambientes sin enriquecimiento ambiental (Bolhuis et al. 2005). No obstante, a pesar de las ventajas que se han documentado en torno al enriquecimiento ambiental aplicado a animales destetados, la monitorización del estado de los lechones mediante métodos no invasivos como la termografía infrarroja o la expresión facial siguen siendo un campo de estudio en las producciones porcinas. Por tal motivo, Por tal, el objetivo del presente documento es analizar los factores relacionados al estrés del destete en lechones, las estrategias de enriquecimiento ambiental para

reducirlo, la importancia de la termografía infrarroja y las expresiones faciales en la valoración del estrés del destete.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 La respuesta de estrés por efecto del destete en los lechones**

El destete es una práctica realizada en sistemas intensivos de producción porcina, en el cual se separa de manera abrupta a la madre de su camada, generalmente entre la tercera y cuarta semana de edad (Oostindjer et al., 2014). Es considerada como una de las etapas más críticas en la vida productiva del lechón debido a que factores nutricionales, fisiológicos, ambientales y sociales pueden comprometer el bienestar, el desarrollo intestinal y la productividad de los animales (Berry & Lewis, 2001; Wamnes et al., 2008; Campbell et al., 2013).

La separación temprana de la madre y compañeros de camada, la exposición a un entorno nuevo, la transición a una dieta a base de concentrado y el confinamiento con congéneres de otras camadas genera la activación del eje hipotálamo-pituitario-suprarrenal (HPA) en respuesta al estrés (Robert et al. 1999; Berry et al., 2001; Xiong et al., 2019), con el fin de hacer frente al cambio de ambiente (Moberg, 2000; Roldan-Santiago et al., 2013).

Con la finalidad de mantener su homeostasis, el organismo genera una respuesta fisiológica adaptativa a través de mecanismos fisiológicos, bioquímicos, inmunológicos y conductuales (Colson et al., 2006; Mota-Rojas et al., 2014). La activación del HPA induce un estado catabólico a causa de la gluconeogénesis, lipólisis y proteólisis para incrementar la disponibilidad de recursos energéticos durante estados aversivos, generando cambios hormonales y metabólicos que repercuten en la nutrición del lechón y en la conversión alimenticia (Le Dividich y Seve, 2000). Por estos efectos es importante determinar y comprender como un evento estresante como el destete influye en el rendimiento productivo de los lechones (Main et al., 2004; Leliveld et al., 2013).

Por ejemplo, algunos autores reportan que el estrés al destete puede afectar la función gastrointestinal (Pluske et al., 2018) e inmune (Campbell et al., 2013).

Dichos efectos causan un incremento en la susceptibilidad a enfermedades y un descenso en la tasa de crecimiento (Jensen et al., 1996; Campbell et al., 2013; Nannoni et al., 2016). Este hecho se debe a que la activación del HPA conduce a la liberación hipotalámica de la hormona liberadora de corticotropina (CRH), la cual actúa en la hipófisis anterior para secretar la hormona liberadora de corticotropina (CRHR) (Smith & Vale, 2006), posteriormente la proopiomelanocortina (POMC), y finalmente la síntesis y secreción de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) hacia la circulación (Stephens & Wand, 2012). La ACTH estimula la secreción de cortisol y catecolaminas debido a la ocupación de los receptores de melanocortina 2 (MC2R) en las glándulas suprarrenales (Smith & Vale, 2006), actuando a nivel del metabolismo energético (Mota-Rojas et al., 2006). Debido a dicha respuesta hormonal, diversos biomarcadores (p.ej., cortisol salival, catecolaminas, ACTH) se han sugerido para identificar y establecer el grado de estrés de los lechones durante esta fase (Machado-Neto, Graves & Curtis, 198; Chapel et al., 2017; Merlot et al., 2019; Guo et al., 2020). No obstante, ya que el control endocrino e inmunológico depende de varios elementos, es importante estudiarlos de manera particular para reconocer la asociación que existe entre ellos y el estrés del lechón (Martínez-Miró et al., 2016).

## **2.2. Tipos de destete**

Actualmente se aplican diferentes tipos de destete de acuerdo con la edad en que los lechones son separados de la cerda, aunque también existen otros criterios como el peso y medicación (Oostindjer et al., 2014). En sistemas intensivos, el destete se realiza a los 21 y 35 días de edad (Morrone et al., 2021), mientras que, en ejemplares en vida silvestre, el destete se realiza de manera gradual (al término de las semanas 14 y 17), reemplazando la leche materna por una alimentación a base de sólidos (Oostindjer et al., 2014). Existen programas con destetes a los 21 y 28 días; sin embargo, se asocian con consecuencias negativas para la tasa de crecimiento y conduce a respuestas de estrés endocrino (Colson et al., 2006).

En el destete precoz, realizado durante la primera semana de vida, la finalidad es aumentar la supervivencia de lechones nacidos de cerdas hiperprolíficas y camadas numerosas (Colson et al., 2006). No obstante, separar a los lechones a tan corta edad conlleva efectos negativos a nivel fisiológico (p. ej., aumentos en las concentraciones de cortisol en orina), conductual y de rendimiento (Hay et al., 2001; Campbell et al., 2013). En este sentido, el aparato digestivo de lechones de una semana de edad es inmaduro y su consumo de alimento es bajo, por lo que se pueden presentar diarreas (Colson et al., 2006) o periodos de inanición dentro de las primeras 12 a 48 h después del destete precoz (Orgeur et al., 2001). A nivel de comportamiento y rendimiento, un estudio realizado por Colson et al. (2006) comparó lechones destetados a los 21 y 28 días. Los autores reportaron alteraciones en el comportamiento en ambos grupos, pero los lechones destetados a los 21 días fueron los que presentaron consecuencias negativas como una reducción en la tasa de crecimiento y en las respuestas endocrinas al estrés.

Por otra parte, el destete temprano se conoce como aquel aplicado a lechones menores de 14 días. En cuanto a comportamiento, existe discrepancia en el efecto que esta edad tiene en los lechones, ya que algunos autores señalan un aumento en la agresión (Hohenshell et al., 2000; Orgeur et al., 2001), mientras que otros sugieren que mezclar lechones a una edad temprana reduce la agresión (Jensen, 1994; Pitts et al., 2000). De igual forma, se menciona que la genética y las variables ambientales influyen en los cambios (Yuan et al., 2004). Sin embargo, en diferentes partes del mundo, como Europa, se permite el destetar a los 7 días de edad, sólo si existe una mejora en la salud y el bienestar de los lechones o las cerdas (Colson et al., 2006).

Finalmente, el destete dividido consiste en destetar a los lechones de acuerdo con el peso, destetando primero a los individuos más pesados (Huting et al., 2019). El objetivo de este método es mejorar la madurez intestinal y aumentar el consumo de alimento en aquellos lechones de bajo peso (Fanaro et al., 2003; Schack-Nielsen & Michaelsen, 2007). La evidencia sugiere que, prolongando la alimentación a base de leche materna en estos lechones, con un régimen

especializado de alimentación, aumenta su rendimiento (Magowan et al., 2011; Douglas et al., 2014).



### **3. OBJETIVOS**

#### ***Objetivo General***

El objetivo del presente estudio es describir y analizar los factores relacionados al estrés del destete en lechones, las estrategias de enriquecimiento ambiental para reducirlo, así como la importancia de la termografía infrarroja y las expresiones faciales como medios para valorar el estrés al destete.

#### ***Objetivos Específicos***

- Describir y analizar los cambios en el sistema inmune y sistema digestivo del lechón destetado.
- Discutir sobre los cambios conductuales y estrategias de enriquecimiento ambiental para reducir el estrés del destete.
- Analizar y discutir sobre el uso de la termografía infrarroja como herramienta para evaluar el estado de los lechones al destete
- Describir y analizar la importancia de las expresiones faciales durante el estrés de los lechones destetados.

### **4. METODOLOGÍA UTILIZADA**

El presente documento se llevó a cabo bajo modalidad bibliográfica. Basado en una búsqueda exhaustiva en las bases de datos Web of Science, Science Direct, Scopus, Wiley Online Library y Taylor & Francis. Las imágenes termográficas y digitales fueron obtenidas durante las visitas a granja.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Cambios en el sistema inmunológico por efecto del estrés al destete

Al nacimiento, los lechones son inmunológicamente inmaduros y dependen de la transmisión de inmunidad pasiva a través del calostro (Ogawa et al., 2016; Lezama-García et al., 2022). Aunque la madurez inmunológica se desarrolla gradualmente durante las primeras semanas de vida, ésta no se completa sino hasta llegar a la edad donde los lechones son destetados (Stokes, 2017). Debido a ello, existe controversia acerca del efecto que los glucocorticoides pueden generar en el sistema inmune por la secreción de hormonas como el cortisol (Kick et al., 2012). Por ejemplo, en investigaciones donde se evaluó el destete a los 14 o 21 días, se observó una disminución en la proliferación de linfocitos (Blecha et al., 1983), y se han reportado disminuciones en la producción de citocinas de células T *in vitro* y una proporción reducida de CD4:CD8 (Tuchscherer et al., 2009).

La posible explicación fisiológica de esto se debe al fenómeno denominado como atrapamiento de linfocitos (Kick et al., 2012), refiriéndose a la disminución transitoria de las concentraciones de linfocitos presentes en vía sanguínea después de una elevación de corticosteroides (Lundin y Hedman, 1978). La duración del atrapamiento linfocitario (3 a 24 horas) depende de la duración del aumento de corticosteroides (Fauci, 1975; Hedman et al., 1984; Viswanathan et al., 2005), y la disminución en el número de células inmunes disponibles (p. ej. células T reguladoras) puede ser perjudicial debido a la inmunosupresión. Además, durante eventos de estrés crónico, la disminución del número de células inmunitarias no es reversible (Dhabhar, 2009). Por tanto, estos animales son susceptibles a enfermedades, reportando porcentajes de mortalidad entre un 6 y 10% (Xiong et al., 2019).

Kick et al. (2012) realizaron un estudio en 24 lechones para evaluar cambios fisiológicos e inmunológicos provocados por el destete en 3 grupos de estudio con destetes a diferentes edades (a los 14, 21 y 28 días). Los resultados reportados indicaron que la blastogénesis de células T a las 24 h después del destete fue menor en los lechones destetados a los 14 o 21 días de edad que en los no

destetados; sin embargo, no se observaron diferencias a los 35 días. De igual forma, al evaluar las concentraciones de cortisol, éstas llegaron a valores pico el primer día del destete, para después ir descendiendo a valores basales al día seis, un efecto que se acompañó de disminuciones significativas en el peso corporal a los 7 días para los cerdos destetados en los días 14 y 21. Finalmente, los autores señalan al destete como el evento más estresante y que a pesar de que se registraron cambios fisiológicos e inmunológicos provocados por el destete en los tres grupos de estudio, las diferencias se eliminaron en todos los lechones, el día 35, una semana posterior al destete.

Por el contrario, otros autores no han reportado efectos a largo plazo (6 a 10 semanas) del destete sobre el sistema inmune (Davis et al., 2006), ya que éstos no son persistentes (Niekamp et al., 2007). De igual forma, la presencia de eventos relacionados durante el destete como el calor, frío, transporte mezcla de animales o la irrupción del vínculo madre cría, no tuvo efecto en la proliferación de linfocitos (Sutherland et al., 2006, 2007; Rudine et al., 2007; Tuchscherer et al., 2009). Esto se sugiere como una respuesta progresiva y adaptativa del organismo al estrés. Sin embargo, como lo menciona Kanitz et al. (2004) en animales de granja, las consecuencias fisiológicas de la interrupción de la interacción hembra-cría y su asociación con la salud y el bienestar animal no se ha estudiado con amplitud, lo cual puede ser una posible explicación sobre la variabilidad del efecto sobre la inmunosupresión.

## **5.2. Cambios en el sistema digestivo por efecto del estrés al destete**

La transición de una alimentación exclusiva con leche materna a una dieta seca, sólida, menos digerible y menos palatable es uno de los eventos clave en el destete de lechones (Campbell et al., 2013; Surek et al., 2017). El cambio de dieta puede dividirse en dos fases: a) Aguda en los primeros 5 a 7 días después del destete (donde los lechones aprenden a comer el nuevo alimento ofrecido hasta recuperar un nivel de consumo comparable al que tenían antes del destete); y b) Adaptativa (Surek et al., 2017).

De manera general, durante los primeros días post-destete, el consumo de alimento se reduce, conduciendo a un periodo de desnutrición con una tasa de crecimiento reducida (Campbell et al., 2013; Upadhata y Kim, 2021). Con relación a lo anterior, se ha estimado que una vez que concluye la primera semana posterior al destete, el consumo de energía metabolizable (EM) es de 60-70% aproximadamente de la ingesta de leche materna, por lo que se requieren 2 semanas posteriores al destete para que el lechón logre recuperar el nivel de consumo de EM que mantenía durante la lactancia (Sève, 2000).

En cuanto a la composición de la nueva dieta, estudios han evaluado la relación que tiene con la función de la barrera del intestino delgado, encontrando que la composición de la dieta influye, pero es en menor medida cuando se compara el efecto del bajo consumo de alimento (Spreeuwenberg et al., 2001). Además, McCracken et al., (1999) señalan que el bajo consumo de alimento durante el periodo posterior al destete puede contribuir a la inflamación intestinal y afectar negativamente la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas a nivel histológico.

Por lo antes descrito, es importante que los lechones recién destetados tengan una adecuada ingesta de alimentos, ya de ésta influye en su crecimiento, así como en la función de la barrera intestinal, predisponiéndolos a desórdenes entéricos como la diarrea posterior al destete (Campbell et al., 2013).

### **5.2.1 Diarrea post-destete**

El bajo o nulo consumo de alimentos, dentro de las primeras 48 horas después del destete es asociado con modificaciones morfológicas de la mucosa intestinal y la profundidad de las criptas, favoreciendo que la mucosa intestinal se debilite y facilite el paso de bacterias y toxinas (Wijten et al., 2011; Leliveld et al., 2013). El epitelio que reviste al intestino se encarga de la absorción de nutrientes, secreción y absorción de agua y electrolitos para mantener una viscosidad adecuada del contenido luminal y desechar elementos nocivos, sobreviviendo su función vital como barrera contra antígenos y patógenos (Wijten et al., 2011). Cuando esta barrera

se altera como consecuencia del estrés o cambio de dieta, se observan respuestas inmunológicas y un aumento en la susceptibilidad de contraer una infección, observándose diarrea como signo característico en este periodo crítico (Wijtten et al., 2011; Oostindjer et al., 2014)

La diarrea posdestete (PWD, por sus siglas en inglés), se observa de manera frecuente en las unidades de producción porcina en todo el mundo, conllevando un alto impacto económico y de salud en los lechones (Rhouma et al., 2017). La PWD es multifactorial, pero la evidencia sugiere que la causa más recurrente es por la presencia de patógenos específicos que invaden el epitelio entérico (Eriksen et al., 2021). La interrupción de la inmunidad lactogénica provista por la madre, que protege a los lechones de infecciones, es otro elemento que permite el paso a infecciones bacterianas entéricas que generan diarrea (Hedegaard et al., 2017).

*Escherichia coli enterotoxigénica* (ETEC) es la bacteria asociada a esta patología y afecta principalmente a lechones dentro de las 2 primeras semanas post-destete (Rhouma et al., 2017). La pérdida del sistema inmune intestinal que era otorgado por anticuerpos a través de la leche materna favorece la proliferación de ETEC, causando daños estructurales y funcionales en el intestino delgado (Line et al., 2008). Se produce una alta producción de enterotoxinas y adhesinas, predominando estas últimas, las cuales se unen a receptores específicos (F4 y F18) (Luppi et al., 2016). La presencia de estos receptores es relevante ya que permiten evaluar la vulnerabilidad de los lechones a infecciones por ETEC, además de favorecer la adhesión y colonización del patógeno en el intestino delgado (Rhouma et al., 2017). Una vez colonizado el intestino, se liberan las enterotoxinas que afectan la funcionalidad de los enterocitos, reduciendo la absorción e incrementando la secreción de agua y electrolitos hacia la luz intestinal (Rhouma et al., 2017), generando diarreas constantes, abundantes y de consistencia líquida (Eriksen et al., 2021). Aunque ETEC es el principal agente de importancia clínica, se han reportado otros como rotavirus y el Coronavirus Entérico Porcino (Eriksen et al., 2021).

Existen otros aspectos importantes a considerar para la exacerbación de la PWD. La temperatura es crucial para observar alteraciones en el intestino, por lo cuál es

importante mantener a los cerdos en su zona termoneutral (entre 26–28°C), para evitar disminuir los movimientos peristálticos, promoviendo así la proliferación bacteriana (Rhouma et al., 2017). En instalaciones con bajas temperaturas han sido reportados casos severos de PWD que pueden ser reducidos cuando la temperatura de los corrales se controla (Line et al., 2008). Los cambios conductuales por la búsqueda de jerarquías también conllevan a una afectación en el consumo de alimento y agua, favoreciendo la aparición de diarrea por destete (Soraci et al., 2014).

Como tratamiento a la PWD, es recomendable el uso de antibióticos (p. ej., tetraciclinas, penicilina y macrólidos) administrados en el alimento, recordando la importancia de realizar antibiogramas para probar la susceptibilidad del agente patógeno al fármaco y evitar la resistencia bacteriana (Oostindjer et al., 2014; Hedegaard et al., 2017). Acompañando a los antibióticos, o de manera individual, también es posible administrar óxido de zinc (Pluske, 2013).

### **5.3. Cambios conductuales por efecto del estrés al destete**

En vida silvestre, los cerdos viven en grupos reducidos en donde los cerdos subordinados evitan conflictos con los cerdos dominantes, y solo en épocas de apareamiento los machos se enfrentan entre sí (Jensen y Wood-Gush, 1984; Gabor et al., 1999). Es decir, de manera natural, las jerarquías sociales son mantenidas con baja agresión física (Peden et al., 2018). Lo contrario ocurre en producciones intensivas ya que, de acuerdo con Camerlink y Turner (2021), los cerdos son reagrupados durante todas las etapas de su desarrollo. El reagrupamiento o mezcla funciona para ajustar la densidad de población u homogeneizar un grupo por tamaño corporal, como sucede en los corrales de destete en granjas comerciales (Ko et al., 2020). Por tanto, la agresión debida al reagrupamiento es común y genera altos niveles de estrés social al destete para establecer jerarquías de dominio, afectando el bienestar animal y las ganancias de la granja (Merlot et al., 2004; Coutellier et al., 2007; Figueroa et al., 2012; Salazar et al., 2018; Peden et al., 2018; Camerlink & Ursinus, 2020). Algunos factores que contribuyen a que se generen conductas agresivas son la edad al destete (Colson

et al., 2006; Pitts et al., 2000), la falta de uniformidad en la talla de los lechones (Jensen y Yngvesson, 1998), factores genéticos y la experiencia social (Verdon et al. 2015).

El cambio conductual de los lechones al destete afecta su bienestar, la tasa de crecimiento, calidad de la carne, y las ganancias económicas (Turner et al., 2009; D'Eath et al., 2010; Wurtz et al., 2017; Liu et al., 2022). Aunado a ello, se suma el riesgo de infecciones que podrían derivar en articulaciones infectadas y dolor (Zoric et al., 2004). Por ello es importante estudiar el comportamiento durante la fase de destete; no obstante, la medición directa de la causa, desarrollo y expresión de las conductas en los cerdos, resultan ser una tarea compleja (Turner, 2011).

Se ha señalado a la serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT) y la dopamina (DA), como los neurotransmisores responsables de modular los comportamientos agresivos en los lechones a nivel del sistema nervioso central y periférico (Bethea et al., 2015; Arroyo et al., 2016). En este sentido, un estudio realizado por Shet et al. (2020) relacionó biomarcadores sanguíneos como el cortisol, triyodotironina (T3), 5-HT y triptófano a eventos de agresión en lechones destetados y mezclados con nuevas camadas. De un total de 500 lechones de 65 camadas diferentes y alojados en 51 corrales, las concentraciones plasmáticas de T3 fueron menores ( $P < 0.01$ ) en los cerdos más agresivos en comparación con los menos agresivos, 24 horas antes (3,42 vs 5,56 ng/mL) y 24 horas después del reagrupamiento (3,88 vs 5,51 ng/mL). Para el cortisol, las cantidades fueron más altas después de la mezcla de animales (2.2, 1.8, 2.1 vs. 0,9 ng/mL;  $P < 0,05$ ), mientras que las concentraciones de 5-HT fueron menores en los lechones más agresivos (293 vs. 330 ug/ml;  $P < 0,05$ ), así como un mayor número de plaquetas (1926 vs. 1571  $\times$  109;  $P < 0,05$ ) que los cerdos menos agresivos a las 24 horas posteriores a la formación de grupos. Los autores también reportaron que los cerdos más agresivos obtuvieron las puntuaciones más altas en las lesiones cutáneas y que el número de derrotas fue relacionado positivamente ( $r = 0,241$ ,  $P < 0,05$ ) con el triptófano en plasma a las 24 h después de la mezcla. Los autores concluyeron

que existe correlación canónica significativa entre los biomarcadores y los comportamientos agresivos inducidos por el estrés social que produce el destete. Otro aspecto importante para la comprensión de las conductas agresivas es el factor genético, donde estudios han reportado que los rasgos agresivos en los cerdos se heredan (Turner et al., 2008, 2009). Es importante contemplar que la selección genética es una herramienta para mejorar el bienestar animal de los cerdos reduciendo los comportamientos agresivos (Peden et al., 2018). La evidencia científica ha precisado que las lesiones cutáneas contienen un componente con una gran carga hereditaria ( $h^2$ : 0.08–0.43) (Desire et al., 2016), por lo cual se suele evaluar las lesiones cutánea para seleccionar rasgos agresivos en grupos de cerdos (Wurtz et al., 2017; Peden et al., 2018). Sin embargo, a nivel individual las lesiones en piel podrían ser resultado de ataque de otros cerdos (Liu et al., 2022), por lo cual, para comprender la dinámica en un grupo de dos o más camadas desconocidas, se debe estudiar el comportamiento de los individuos después de haber sido forzados a establecer una nueva jerarquía de dominación (Masarec et al., 2021)

Entre las conductas anormales que presentan los recién destetados se han reportado las mordidas y el denominado “nariz en el vientre”, que es similar al que desarrollan cuando masajean la ubre de la madre (Clouard, 2022). La literatura sugiere que este comportamiento expresado, está relacionado con la edad en la que es destetado el animal, a menor edad (7 días) este comportamiento es mayor en comparación con animales separados de su madre a los 14 días y, en raras ocasiones, a los 28 días posdestete (Colson et al., 2006). Los daños físicos que adquieren los recién destetados son principalmente lesiones por mordeduras (orejas, cola y extremidades) (Dybkjær, 1992; Dudink et al., 2006; Coutellier et al., 2007; Torrey y Widowski, 2006; Gerritsen et al., 2009; Oostindjer et al., 2011). La presencia de lesiones es un reflejo de la participación en el comportamiento agresivo y su ubicación permite interpretar si fueron causadas por peleas recíprocas o acoso no recíproco (Turner et al., 2006). Las agresiones generalmente ocurren el día 1 y 2 posterior al destete y sólo disminuyen cuando



se logra establecer un orden de jerarquías (aproximadamente durante las 47 a 72 horas posterior al agrupamiento) (Fels, Hartung & Hoy, 2014).

Debido a las consecuencias negativas, es necesario implementar medidas que ayuden a reducir la agresividad de los lechones posteriores a la mezcla de animales (Shen et al., 2020), con el fin de evitar lesiones u otras patologías que contribuyan como estresores y afecten el estado de los cerdos (Grandin, 2015).

#### **5.4 Estrategias para disminuir el estrés del destete**

Todos los factores estresantes del destete conducen a alteraciones con un efecto negativo en el desarrollo de los lechones (Oostindjer et al., 2014). Por ello es imprescindible el desarrollo e implementación de estrategias que se enfoquen en minimizar el estrés y fomentar su bienestar animal durante esta etapa crítica (Mota et al., 2016; Yáñez et al., 2019).

##### **5.4.1 Estrategias para el aprendizaje social**

Los autores han descrito que la socialización genera un aumento de consumo de alimentos en los lechones, previa y posteriormente realizado el destete (Morgan et al., 2014; Guzman et al., 2021). Esto se debe a un fenómeno denominado como socialización temprana, proceso en el cual, previo al destete, se introduce a individuos desconocidos para iniciar el reconocimiento mutuo entre animales (Salazar et al., 2018). Cuando se induce una socialización previa, se promueve el desarrollo de habilidades sociales, que también tienen beneficios reflejados en etapas posteriores, observadas durante el crecimiento y hasta la finalización (Hillmann et al., 2003; D'Eath, 2005; Chaloupková et al., 2007; Kutzer et al., 2009). Esta técnica se ha propuesto como una alternativa para disminuir las peleas al destete, la familiarización de los lechones de otras camadas antes del destete (Morgan et al., 2014), y reducir la posibilidad de lesiones faciales o corporales por mordidas (Pitts et al., 2000).

El uso de esta estrategia considera la naturaleza altamente social de los cerdos desde las primeras semanas de vida, en donde están estrechamente relacionados

con la alimentación, regulación de temperatura e interacción con los compañeros de camada y la madre, de tal forma que con un aprendizaje social aprovecha esta característica del cerdo (Telkänranta & Edwards, 2018). De acuerdo a algunos estudios, se ha mostrado que las granjas donde se llevan a cabo acercamientos entre lechones de diferentes camadas durante la lactancia, desarrollan una mayor respuesta al estrés durante el destete (Coutellier et al., 2007; Colson et al., 2012; Turner et al., 2017).

Los beneficios que se han descrito en torno a esta interacción previa son que, al favorecer al contacto temprano entre individuos del nuevo grupo, se reducen los tiempos de pelea para el establecimiento de jerarquías, reflejándose en menor incidencia de heridas (D'Eath, 2005; Kanaan et al., 2012; Verdon et al., 2016; Salazar et al., 2018; Weller et al., 2019). Autores como Camerlink et al. (2018) reportaron que los lechones con experiencia social temprana no pelearon antes que los individuos sin experiencia social temprana, estas observaciones sugieren que desarrollar estrategias dirigidas a la socialización temprana (pre-destete), podrían tener un beneficio al fomentar las interacciones afiliativas. De igual forma, se ha propuesto que el suprimir cualquier tipo de barrera entre dos o más corrales, dejando que los lechones interactúen entre ellos (D'Eath, 2005; Figueroa et al., 2012; Salazar et al., 2018; Ko et al., 2020), simulan las condiciones naturales de la especie (Guzman et al., 2021), aumentan las interacciones sociales (Wattanakul et al., 1997), y disminuye la presentación de comportamientos agresivos y lesiones en los lechones (Keeling y Jensen, 2002).

Para evaluar los efectos de la socialización entre distintas camadas durante la lactancia, Verdon et al. (2016) realizaron un estudio, para evaluar si existía una reducción en la agresión generada por el destete en cerdas donde se uso un sistema de alojamiento grupal y una crianza individual. Los autores encontraron que en los lechones alojados en sistemas de lactancia grupales se redujo la agresión y presencia de lesiones. De manera similar, Masarec et al. (2021) estudiaron 12 camadas con 117 lechones (Swedish Landrace × Large White). Estos lechones fueron alojados en un corral intermedio vacío, entre dos corrales, cada corral periférico contenía una camada recién destetada. Los corrales

periféricos estaban conectados al corral intermedio por pasajes estrechos para facilitar la mezcla de forma gradual e independiente de los animales, permitiendo así un amplio espacio de interacción (luchar, montar, esquivar). Los resultados mostraron que las peleas predominaron en todas las camadas, presentándose más en los primeros días de la mezcla a diferencia de las montas, las cuales aumentaron constantemente y en el último día reemplazaron a las peleas. Otros factores como el peso (animales más pesados) y el sexo (hembras) influyen en la participación de comportamientos agresivos en los lechones.

Por tanto, debido a lo discutido es posible que se tenga influencia de factores como el sexo, peso y edad en la que se realizar, lo cual deben ser considerados por los productores para la formación de los corrales y así evitar peleas entre congéneres. De igual forma, es claro que la interacción social temprana es un factor que tiene una influencia debido al desarrollo de habilidades sociales que ponen de manifiesto durante etapas posteriores del destete.

#### **5.4.2 Estrategias de Enriquecimiento ambiental**

El enriquecimiento ambiental es definido por Orihuela et al. (2018) como el conjunto de técnicas aplicadas para la mejora de las condiciones de confinamiento en la que se encuentran los animales en un entorno de producción. Sin embargo, en un enfoque científico, el término se aplica solo a las modificaciones que sean suficientes para mejorar el funcionamiento fisiológico de los animales (Newberry, 1995) con respecto a sus necesidades biológicas o conductuales que conlleven a expresar su comportamiento normal (Arduini et al., 2017; Yañez et al., 2019).

Al igual que la interacción social, es importante estimular, a través del enriquecimiento ambiental, comportamientos deseados como interacciones afiliativas, exploración y búsqueda de alimento (Van de Weerd et al. al., 2003; Van de Weerd y Day, 2009; Duran et al., 2019). Este puede ser aplicado en el destete de lechones, como lo hecho por Martín et al. (2015), quienes observaron que lechones en entornos enriquecidos expresaron mayor actividad y juego social, en contraste con lechones que fueron criados en ambientes sin enriquecimiento,

sirviendo como una herramienta fisiológica de los lechones para poder adaptarse a nuevos entornos (Spínka et al., 2001). De manera similar, el enriquecimiento se ha asociado a una disminución en los comportamientos agonísticos de tres a seis meses después del destete (Chaloupková et al. 2007), representando una parte fundamental para preservar el bienestar de los animales (Yang et al., 2018).

El entendimiento del origen de estos comportamientos agonísticos es necesario para comprender el beneficio del enriquecimiento; por ejemplo, la agresión entre congéneres se derivada del establecimiento de jerarquías de dominancia (Verdon et al., 2016), o como respuesta a situaciones inesperadas (Bekoff, 1984; Spínka et al., 2001). La implementación exitosa del enriquecimiento ambiental puede reducir comportamientos patológicos e indeseados como estereotipias y agresiones, junto con la presencia de lesiones en orejas o en cola (Nannoni et al., 2016).

Los elementos para brindar estímulos que se utilizan para los cerdos van desde juguetes de plástico y goma, cuerdas, cadenas, y barras de metal (Scott et al., 2009; Van de Weerd and Day, 2009; Colpoys et al., 2018; Duran et al., 2016). Asimismo, en los espacios se usan sustratos como la paja, heno, madera, aserrín, composta de hongos y turba (Bracke et al., 2006; Nannoni et al., 2016). Van de Weerd et al. (2003) mencionan una serie de factores importantes para decidir el enriquecimiento adecuado. Éstos deben ser comestibles, masticables, perfumados y de fácil reposición para potencializar su efecto sobre el lechón, y lograr mantener por más tiempo la atención de los animales (Duran et al., 2019). De acuerdo con Brousset y Galindo (2004), las técnicas de enriquecimiento se pueden dividir en aquellas que responden al ambiente físico y otra al ambiente social, las cuales serán discutidas a continuación.

#### **5.4.2.1. Enriquecimiento ambiental físico**

Aunque existe un número limitado de estudios centrados a evaluar el enriquecimiento físico en lechones de cerdo doméstico, se conoce que en lechones de jabalí contribuye al desarrollo cerebral (Telkänranta y Edwards, 2018)

y en cerdos expuestos a materiales de enriquecimiento después del destete (Brown et al. al., 2017).

#### **5.4.2.1.1 Paja**

El suministro de paja suelta se considera como un estándar de oro para enriquecer espacios en la industria porcina (Chou et al., 2018). Su uso ha mostrado reducir comportamientos asociados con pérdidas económicas como lesiones en las orejas y la cola, así como la agresión (Tuytens, 2005; Van de Weerd & Day, 2009; Buijs y Muns, 2019). Esto debido a que la paja proporcionada en pequeñas cantidades estimula e induce el juego en los cerdos (Donaldson et al., 2002), además de tener óptima comestibilidad y masticabilidad (Ocepek, Newberry & Andersen, 2020).

Sin embargo, al comparar a la paja con otros elementos como la turba y el aserrín, Rosvold et al. (2018) encontraron en cerdas durante el parto, que las hembras en ambientes con turba manifestaron más el comportamiento de formar nido, lo cual denota que los animales eligen el sustrato de acuerdo a necesidades conductuales. En el caso de lechones destetados, Studnitz et al. (2007) realizaron pruebas de preferencia entre la turba, aserrín, ensilaje, composta hecha de champiñones, arena, viruta de madera, ramas, remolacha y paja. Los resultados mostraron que los lechones interactuaron y tuvieron mayor preferencia por todos los materiales, a excepción de la paja. Estas observaciones sugieren que la preferencia de los animales, el tipo de material y el comportamiento de los cerdos debe ser factores por estudiar y considerar al momento de la elección (Ocepek, Newberry & Andersen, 2020).

#### **5.4.2.1.2. Madera**

Encuestas realizadas a agricultores y ganaderos con respecto al tema de enriquecimiento ambiental han reportado que la madera es un material usado con frecuencia debido al costo y durabilidad (Haigh & O'Driscoll, 2016), dos características relevantes que deben tener los aditamentos para enriquecer los

corrales de los cerdos (Van de Weerd et al., 2003). La preferencia del material e incluso la posición de éste ha sido estudiada por Canning et al. (2013), quienes observaron que colgar la madera para facilitar el acceso a ella, en vez de colocarla directamente en el piso, aumentó el interés y la frecuencia de uso de los cerdos. Otro estudio realizado por Telkanranta et al. (2014) comparó dos sustratos: madera (rama fresca colgante) y cadenas con tubos de polietileno. Los autores indicaron que los cerdos interactuaron más con las ramas y, aunque no se redujeron los comportamientos agresivos, los cerdos a los que se les ofreció madera presentaron menos daños en colas y orejas. De tal forma que se refuta la idea de que es importante considerar la preferencia a los materiales usados para el enriquecimiento, pero dichos materiales también deben ser elegidos en función del costo.

#### **5.4.2.2 Enriquecimiento alimenticio**

La forma en la que se ofrece el alimento al animal también influye en la percepción de estrés, ya que en vida silvestre el cerdo dedica la mayor parte de su tiempo a la búsqueda y consumo de alimento. Sin embargo, en unidades de producción las conductas alimenticias se ven afectadas por el uso de sustratos inadecuados, la falta de complejidad para localizar los alimentos y dietas a base de concentrado, lo cual podría desarrollar patologías conductuales (estereotipias e inactividad) (Bashaw, 2001).

En respuesta a una búsqueda de ofrecer alimento de manera diferente a los lechones recién destetados, O'Connell et al. (2002) señalaron que los lechones muestran mayor competencia por el alimento dependiendo del tipo de comedero instalado, provocando lesiones o riñas. De igual forma, Masarec et al. (2021) evaluaron el efecto de la forma/tipo de comedero (tolva (circular en medio del corral) vs comedero estándar (canal colocado en una pared lateral)), sobre el comportamiento de los lechones destetados. Lo observado indicó mayores comportamientos de competencia en los comederos con los grupos de alta densidad y una preferencia significativa hacia la tolva. Esto contradice la

sugerencia de adoptar maneras novedosas para proporcionar el alimento; no obstante, para considerar se recomienda determinar el tipo/posición del comedero cuando se planifica el diseño de un corral de destete.

Por otra parte, Winfield et al. (2017) evaluaron el comportamiento de lechones lactantes y al destete frente a bloques nutricionales para lamer. Utilizando distintas formas desde cuña, ladrillo y cubo, la forma de ladrillo atrajo más a los lechones, lo cual está relacionado con un comportamiento similar al masaje cooperativo de la ubre de la madre, por lo que este tipo de enriquecimiento podría resultar útil para estimular el comportamiento cooperativo natural de los lechones. Por consiguiente, antes de implementar una técnica de enriquecimiento ambiental es importante evaluar la preferencia no sólo a los materiales, sino también al tipo de alimento de acuerdo con las necesidades conductuales del animal.

#### **5.4.2.3. Enriquecimiento ocupacional**

Este tipo de enriquecimiento hace referencia a la introducción de objetos táctiles (juguetes) con el propósito de entretener. Pueden ser de distintos materiales: naturales como coco, bambú, flores, madera y ramas); o fabricados como pelotas de hielo con sangre, rompecabezas, termiteros, cadenas u objetos de plástico (Newberry, 1995). En este sentido, se ha descrito que los juguetes pueden proporcionar una salida para la frustración (Van de Weerd et al., 2003). Por lo anterior, Hwang et al. (2021) realizaron un estudio donde evaluaron los efectos de un juguete hecho de caucho de silicona (24 × 14 × 10 cm, ancho × largo × alto) color blanco de 2 kg, sobre el comportamiento de lechones recién destetados. Al integrar dos grupos, uno con el juguete colocado en el suelo y el segundo sin juguete, los resultados indicaron que el peso corporal de los lechones alojados en un ambiente enriquecido aumentó en un 10% al finalizar la prueba en comparación con el grupo control. Además, en los corrales enriquecidos con juguetes aumentó el comportamiento de alimentación y disminuyeron comportamientos agonísticos y de nariz en el vientre, mejorando el peso corporal de los lechones destetados. Además, en otros estudios enfocados a evaluar el efecto del uso de juguetes en la

salud de la microbiota intestinal, Saladrigas-García et al., (2021) reportó que el enriquecimiento con juguetes y socialización temprana de los lechones redujo el metabolismo energético, lo cual puede asociarse a una mejor respuesta adaptativa durante el periodo post-destete. Con estos resultados se permite señalar que los juguetes pueden promover comportamientos de juego que ayuda a evitar el aburrimiento, por tanto, estimularía que los animales se mantengan distraídos.

#### **5.4.2.4. Enriquecimiento sensorial**

El enriquecimiento sensorial hace referencia a técnicas diseñadas para la estimulación de uno o más sentidos del animal a nivel visual, auditivo, olfativo, táctil y gustativo (Bloomsmitth et al., 1991; Brousset & Galindo, 2004). Para evaluar el efecto del estímulo olfativo Nowicki, et al. (2015) realizaron un estudio, para evaluar la preferencia de los cerdos a aromas naturales y sintéticos. Los autores encontraron que, entre los aromas sintéticos y naturales, los cerdos destetados mostraron mayor predilección por los naturales como tierra húmeda, hierba fresca y hongos secos. En el mismo estudio, durante la segunda etapa, los autores compararon el comportamiento de cerdos mantenidos en tres corrales diferentes (sin enriquecimiento, con objeto aromatizado, y con un recipiente sin aromas). Aquellos individuos en los corrales aromatizados redujeron el tiempo dedicado a comportamientos agonísticos durante los primeros nueve días de estudio, aunque no hubo diferencia significativa entre los tratamientos pasado este periodo. La ventaja de este tipo de estrategia es que el aroma puede renovarse cada cierto tiempo para mantener el interés de los animales y promover las conductas deseadas.

#### **5.4.2.5. Enriquecimiento ambiental social**

##### **5.4.2.5.1. Organización social**

En esta categoría se ven implicados cambios en la dinámica de los grupos sociales, de acuerdo con la estructura física (número de individuos, rango de edad y distribución de sexos) y social (orden jerárquico de grupos) (Brousset & Galindo,



2004). Morrone et al. (2021) evaluaron los efectos de la diferencia de edades en los corrales de destete posterior a este evento. En los cuatro corrales en donde se colocó un lechón de cuatro meses (el resto tenían 21 días de edad), la presencia del animal de mayor edad redujo las interacciones agresivas, el tiempo dedicado a las peleas, el número de lesiones y la duración de las vocalizaciones. Por lo que los autores lograron concluir que la presencia de un cerdo de mayor edad influyó positivamente en el bienestar de los lechones, posiblemente actuando como referencia social.

### **5.5. Uso de la termografía infrarroja como herramienta para evaluar el estado de los lechones al destete**

El destete es un proceso complejo que no sólo implica la separación del vínculo madre-cría (Weary et al., 2008), sino que incluye la suma de estresores como nuevos olores y ruidos, alojamiento, transporte, agrupamiento con animales desconocidos, hacinamiento, variaciones de temperatura este proceso, entre otros factores (Roldan Santiago et al., 2013; Mota-Rojas et al., 2014). Por lo anterior, es importante estudiar esta etapa crítica y los efectos del estrés en la vida productiva del cerdo, lo cual permitirá el desarrollo de estrategias enfocadas a reducir los efectos de los estresores a los que se enfrentan los lechones (Mota-Rojas et al., 2016) y, en consecuencia, preservar su bienestar animal (Yañez-Pizaña et al., 2019).

La termografía infrarroja (IRT), descrita como una técnica no invasiva, permite medir los cambios en la transferencia de calor y el flujo sanguíneo, por medio de la detección de variaciones en la temperatura corporal (Jones y Plassmann, 2002; van den Heuvel et al., 2004). Stewart et al., 2008; Nääs et al., 2014; Pérez-Pedraza et al., 2018; Mota-Rojas et al., 2022). Estos cambios en la microcirculación superficial se asocian con activación del sistema nervioso autónomo (SNA), ya sea por eventos de origen inflamatorio, infeccioso, neoplásico, por dolor o estrés (Rocha & Póvoas, 2017; Casas-Alvarado et al., 2020). De manera particular, ya que la respuesta al estrés involucra un incremento

en la temperatura corporal, evaluar este parámetro en los lechones puede servir como medio para determinar el estado de salud de un animal.

Debido a ello, la IRT es una herramienta muy importante para predecir parámetros fisiológicos y de estrés en animales de granja, a través de la medición de la temperatura superficial de regiones específicas como ojos, orejas, hombros, flancos y ubres (Cook et al., 2001; Stewart et al., 2007, 2008; McCafferty, 2007; Tan et al., 2009; Johnson et al., 2011; Ludwig et al., 2010; De Lima et al., 2013; Luzi et al., 2013; Soerensen et al. al., 2014; McManus et al., 2016; Pichova et al., 2017; Zaninelli et al., 2017, 2018). En este sentido, dentro de la evaluación del estrés en los cerdos durante el destete, las imágenes termográficas podrían ser implementadas para identificar los cambios en el flujo sanguíneo, en respuesta al aumento de la temperatura corporal, los cuales están asociados con condiciones ambientales estresantes (McManus et al., 2016; Pérez-Pedraza et al., 2018).

Las regiones específicas que se utilizan son llamadas “ventanas térmicas”, las cuales se caracterizan por ser regiones con vasos sanguíneos superficiales en donde se lleva a cabo el intercambio de calor con el medio (Casas-Alvarado et al., 2020; Flores-Peinado et al., 2020). Actualmente, las regiones que se han elegido incluyen la carúncula lagrimal, la región ocular y auricular, los flancos del tórax, el área femoral y el rostro (Travain et al., 2016; Lush et al., 2018; Reyes-Sotelo et al., 2020).

## **5.6. Evaluación de las respuestas termográficas infrarrojas al destete**

En una evaluación realizada en el Centro Porcino CEIEPP de la FMVZ de la UNAM, ubicado en Jilotepec, Estado de México, se realizó el monitoreo al destete de 20 cerdas y sus camadas. Se empleó una cámara infrarroja FLIR Thermal TM E50 (FLIR Systems, United States) para la recolección de imágenes termográficas, con una emisividad ajustada a 0.95 (Cangar et al., 2008; Nääs et al., 2010). Las imágenes térmicas se obtuvieron de cinco etapas: 1. Pre-destete, 2. Destete, 3. Transporte, 4. Corral destetados y 5. Recuperación. Las ventanas térmicas evaluadas fueron el conducto auditivo, área nasal (trompa), tórax,

abdomen, miembro torácico y abdomen (Figura 1). Estas regiones se seleccionaron con base a los resultados de experimentos preliminares que evaluaron la asociación entre la temperatura de la superficie de la piel en diferentes áreas del cuerpo y la temperatura rectal (Andersen y Nørgaard, 2006; Sasaki et al., 2016). La evidencia científica sugiere que la temperatura superficial de áreas como los ojos, las orejas y las ubres son aquellas que guardan una mayor correlación con la temperatura corporal (Soerense & Pedersen, 2015).

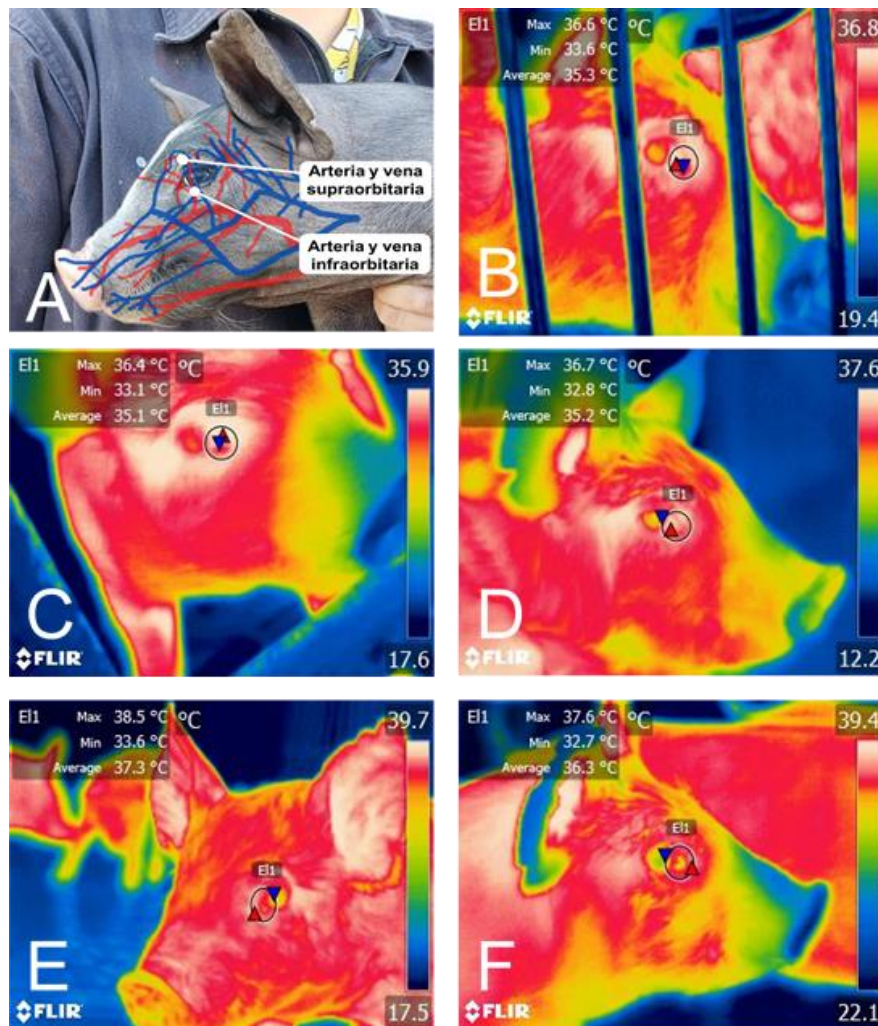


Figura 1. Cambios en la microcirculación de la región ocular por efecto del destete, evaluado a través de la carúncula lagrimal (E1). (A) Esta ventana térmica fue delimitada considerando la comisura medial de los párpados inferior y superior, hasta un cuarto de la región del ojo. Esta zona es irrigada por las arterias supraorbitaria e infraorbitaria. (B) Pre-destete. La temperatura máxima fue de

36.6°C (triángulo rojo) y la mínima de 33.6°C (triángulo azul) con el animal en reposo. (C) Destete. Durante la separación madre-cría, se aprecia una disminución de 0.1°C en la temperatura máxima y de 2°C menos para la temperatura mínima. Esto es efecto de la vasoconstricción periférica con disminución de la circulación superficial y del calor irradiado. (D) Transporte. Mientras los animales comienzan a ser manipulados (para medicación y pesaje) y colocados en la camioneta para ser llevados a los corrales de animales recién destetados, se observa el aumento en la temperatura máxima y mínima de 36.7°C y 32.8°C, respectivamente. (E) Durante los primeros minutos en el corral de destete. Aumentos de 1.8 °C y 0.3°C, para las temperaturas máximas y mínimas, respectivamente, se registran en los lechones. Este hallazgo puede explicarse porque la llegada a un nuevo lugar y la mezcla con nuevos compañeros son considerados eventos estresantes, que se suman a la separación madre-cría-camada lo cual lleva a la activación de SNA, provocando una respuesta de vasodilatación. (F) Recuperación. Durante esta etapa, donde se encuentra mayor número de animales estresados y con lesiones (debido a las peleas para el establecimiento de jerarquías), la temperatura máxima disminuyó a 37.6°C y a 32.7°C la mínima, acción vasomotora que es parte de la activación de SNA. Las imágenes fueron tomadas con una cámara FLIR Thermal TM E50 (FLIR Systems, United States).

Con respecto al ojo, la carúncula lagrimal ha sido objeto de estudio en múltiples investigaciones (Huggins & Rakobowchuk, 2019; Seixas & Ammer, 2019; Sutherland et al., 2020; Wang et al., 2021). Esta ventana térmica permite evaluar la región que está irrigada por dos arterias principales, la arteria supraorbitaria y la infraorbitaria, de las cuales nace un capilar llamado lagrimal (lacrimalis) que proporciona circulación a la glándula lagrimal (Veterinaria, N. A., 2017) la cual, también es considerada una ventana termica. La inervación proviene del nervio infraorbitario que deriva como una rama del nervio facial (facialis), que es considerado como área de alta sensibilidad, que da respuesta a la actividad del Sistema Nervioso Simpático (Foster et al., 2017; Cannas et al., 2018; Gómez-

Prado et al., 2022). Así, la carúncula lagrimal ha sido elegida ventana térmica en estudios realizados en animales, con la finalidad de evaluar la actividad del SNA, estrechamente vinculada con eventos donde existe dolor y estrés (Stewar et al., 2009; Stewar et al., 2010; Travain et al., 2015; Lowe et al., 2020). En la Figura 2, se muestra la evaluación realizada en la glándula lagrimal de lechones al destete, una respues térmica que esta controlada por la activación del Sistema Nervioso Autónomo en su parte simpática, la cual secreta catecolaminas y éstas ejercen una vasoconstricción de los capilares que irrigan la región ocular, disminuyendo la circulación y, por consiguiente, la temperatura local.

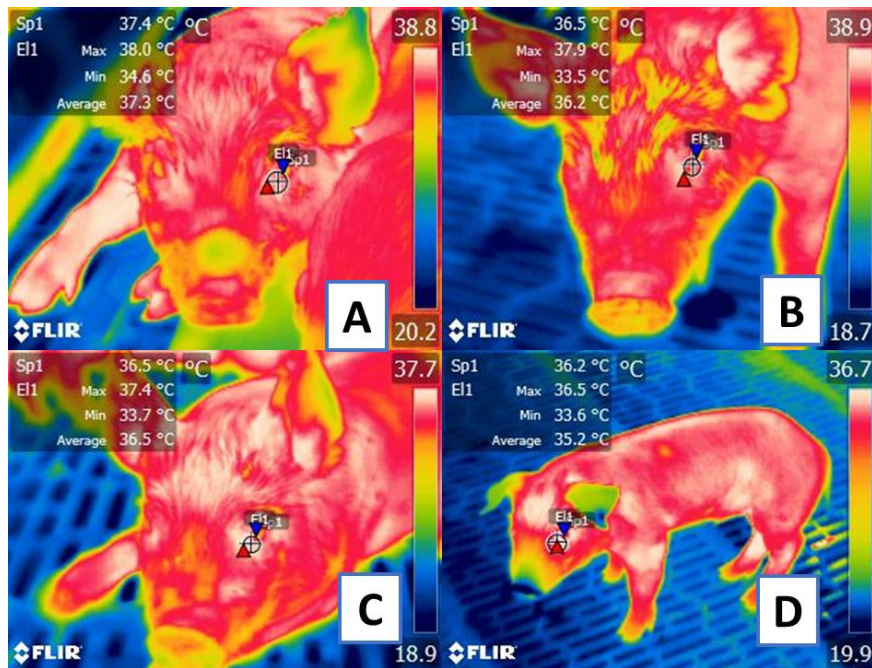


Figura 2. Efecto del destete sobre la respuesta térmica en lechones. (A) Previo al destete. Se observa que la presencia de la madre y de congéneres de la misma camada propicia temperaturas máximas y mínimas en la carúncula lagrimal (E1) de 38°C y 34.6°C, respectivamente, además de que la temperatura de la glándula lagrimal (Sp1) se ubica en 37.4°C. (B) 10 min posterior del destete. Posterior al destete, la temperatura máxima de la glándula lagrimal (Sp1) disminuyó 0.9°C, además de la disminución de 0.1°C de la temperatura máxima y 1.1 °C de la carúncula lagrimal

(EI1). (C) 40 min del destete. En esta fase se observó que la temperatura mantuvo su disminución de 0.9°C en la glándula lagrimal, junto con la disminución de 0.6°C en la temperatura máxima y de 0.9°C y de 1.2°C de la temperatura mínima en la carúncula lagrimal. (D) 7 h posterior al destete. A pesar de ser un evento prologado, valores bajos se mantienen en la glándula lagrimal (Sp1) con reducción de 1.2°C, mientras que en el caso de la carúncula lagrimal (EI1), la temperatura máxima disminuyó 0.5°C mientras que la mínima disminuyó 1°C.

Otra ventana térmica que se evaluó fue la de conducto auditivo (Figura 3) (Warriss et al., 2006). En esta región, el área del canal auditivo puede considerarse una buena ventana térmica debido a que la irrigación de la oreja proviene de la arteria auricular caudal (*auricularis caudalis*), la cual posee tres ramificaciones: la lateral (*lateralis*), intermedia (*intermedius*) y medial (*medialis*), mientras que la inervación proviene de la rama del nervio facial (*facialis*), conocida como auriculopalpebral (*auriculopalpebralis*) (Soerense & Pedersen, 2015; Casas-Alvarado et al., 2022).



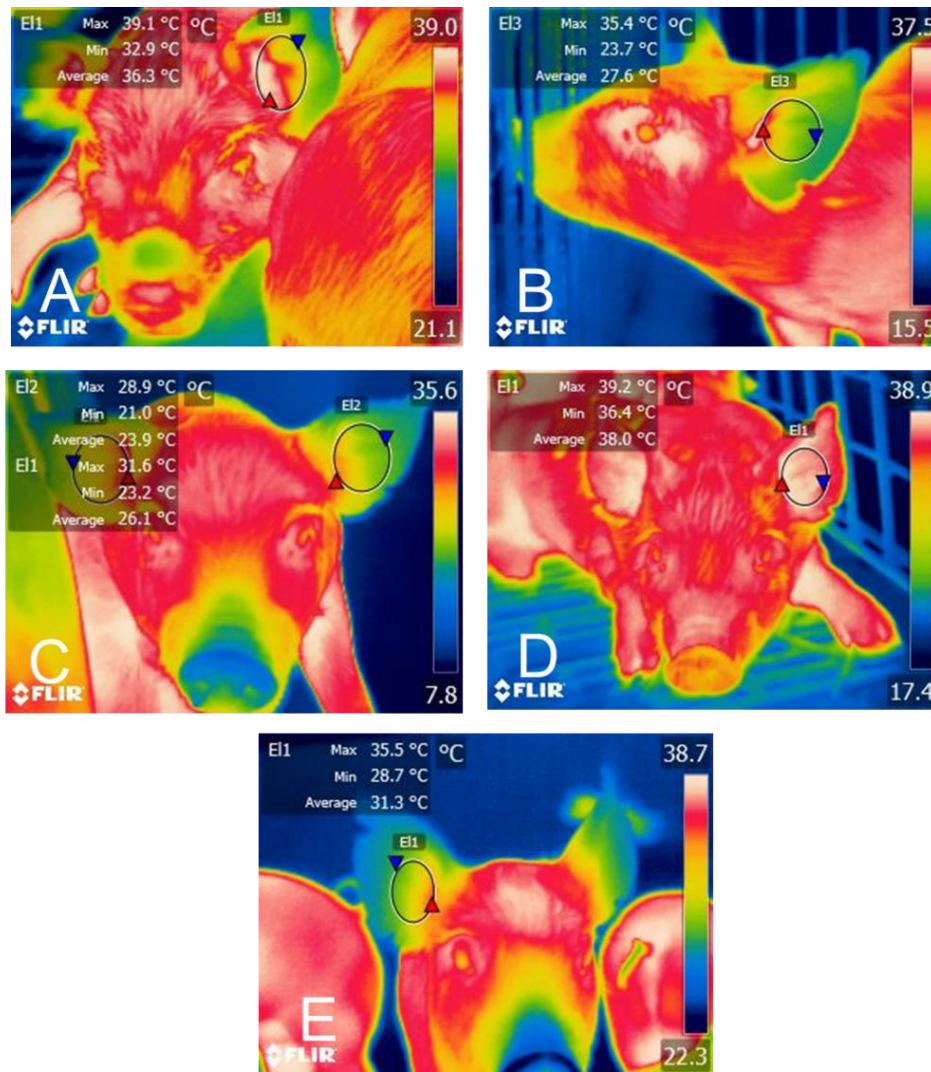


Figura 3. Cambios en la microcirculación de la región de la oreja por efecto del destete evaluado a través del conducto auditivo (EI1). Esta ventana fue marcada delimitando con una elipse de 2 cm aproximadamente la región auricular obteniendo así la temperatura irradiada de la membrana timpánica o del oído interno. (A) Pre-destete durante esta etapa se observó una temperatura máxima (triángulo rojo) de 39.1°C, una mínima (triángulo azul) de 32.9°C y promedio de 36.3°C; Posteriormente en el (B) Destete se nota una evidente disminución de la temperatura con una temperatura de 35.4°C máxima y 23.7°C mínima, la temperatura promedio sugiere una drástica disminución de 8.7°C, esta respuesta de vasoconstricción periférica se observa en respuesta al momento de la separación de la madre, iniciándose el momento de estrés más importante durante

esta práctica, los grupos donde se encontraban acurrucados los lechones se rompen y el estrés se ve en aumento por la presencia de las personas; (C) Transporte. Las temperaturas observadas en esta fase son de 31.6°C como temperatura máxima, 23.2 °C mínima y un promedio de 26.1°C, por lo que se observa que sigue en descenso la temperatura, durante esta fase los lechones son manipulados para pesaje y administración de medicamentos, posteriormente fueron colocados en el vehículo, agravándose así el estrés observado en la etapa anterior, y provocando una respuesta de vasoconstricción periférica evidente. (D) Corral de destetados. Una vez en los nuevos corrales y comenzados los comportamientos agresivos la temperatura registrada fue de 39.2°C temperatura máxima, 36.4°C temperatura mínima y promedio de 38°C, notándose una respuesta de vasodilatación por la elevación de la temperatura en esta área, temperaturas que son similares a las registradas en la etapa previa al destete. (E) Recuperación. Por último, las temperaturas observadas son de 35.5°C temperatura máxima, 28.7 temperatura mínima y un promedio de 31.3°C. Las imágenes fueron tomadas con una cámara FLIR Thermal TM E50 (FLIR Systems, United States) con emisividad de 0,95.

Por otra parte, la ventana térmica de la nariz se delimita con una elipse que abarca toda la nariz y los dos orificios nasales del lechón (Flores-Peinado et al., 2020). La irrigación de esta zona es por las arterias nasales laterales y cuadales, así como por la vena dorsal nasal (Gómez-Prado et al., 2022) (Figura 5).



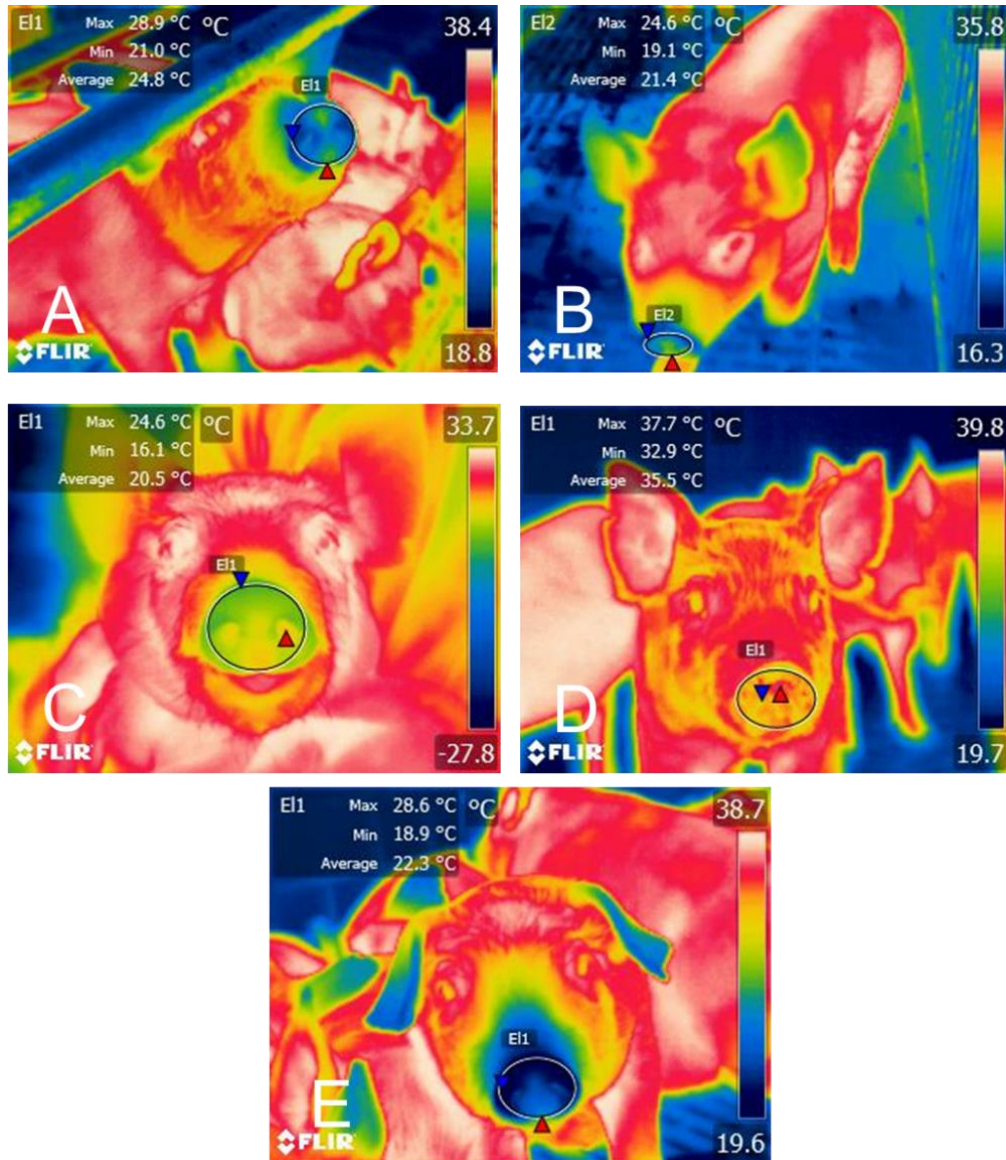


Figura 4. Cambios en la microcirculación de la región nasal por efecto del destete evaluado a través de la trompa (E1 1): (A) Pre-destete. La temperatura registrada corresponde a un 28.9°C máxima (triángulo rojo) y mínima de 21°C (Triángulo azul), considerándose al animal en un estado basal; (B) Destete. Una vez que la madre fue retirada, las temperaturas de la ventana térmica que se registraron fueron de 24.6 °C máxima y mínima de 19.1 °C, esta acción de vasoconstricción se observa al momento en que se da la separación madre cría; (C) Transporte. Durante el pesaje y medicación de los animales, la temperatura de la trompa muestra 24.6 °C máxima y mínima de 16.1 °C, observándose una disminución de

4.3°C y 4.9 °C con respecto a la estapa pre-destete; (D) Corral destetados. Una vez en corral de destete, con los nuevos compañeros de camada, la temperatura es de 37.7°C máxima y mínima de 32.9 °C, este aumento responde a la respuesta de SNA, en donde la respuesta de vasodilatación periférica se ve influenciada por el estrés que esta experimentando el lechón; (E) Recuperación. Este monitoreo final, muestra la temperatura con una temperatura de 28.6 °C máxima y mínima de 18.9 °C, nuevamente llega a valores semejantes a los obtenidos durante la etapa de pre-destete. Las imágenes fueron tomadas con una cámara FLIR Thermal TM E50 (FLIR Systems, United States) con emisividad de 0,95.

En cuanto a las ventanas apendiculares, en donde se evaluó el miembro torácico y pélvico (Figura 5) Casas-Alvarado et al. (2022) señalan que la gran cantidad de vasos sanguíneos en las extremidades (anteriores y posteriores) permite visualizar el intercambio de calor a través de la evaluación termográfica.

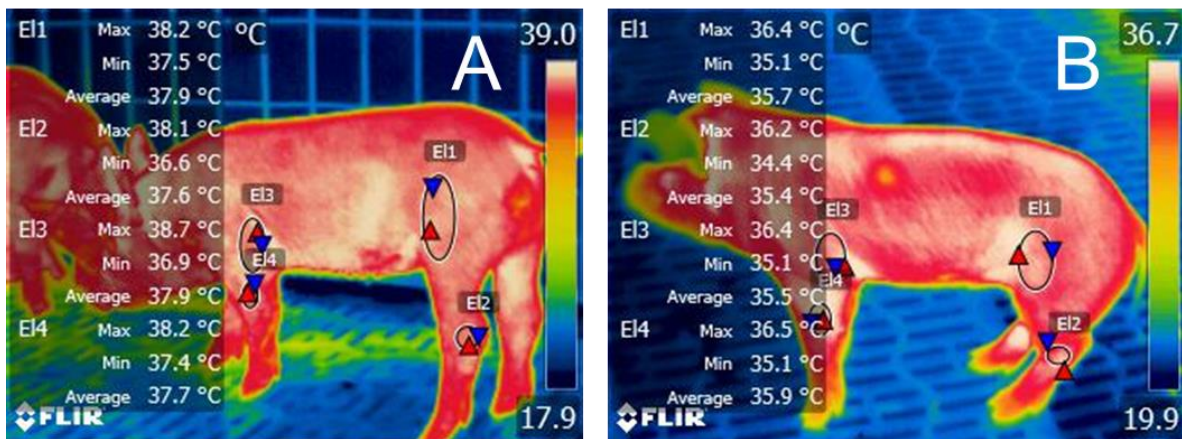


Figura 5. Cambios en la microcirculación la region apendicular por efecto del destete evaluado a través miembro torácico (Biceps braquial (E13) y antebrazo (E14)) y miembro pélvico (Femoral (E11) y Corvejon (E12)). Las ventas térmicas fueron delimitadas con una elipse. (A) Corral de destetados. Durante la llegada al nuevo corral la temperatura registrada en miembro torácico fue: a) Biceps braquial: Temperatura máxima (Triangulo rojo) 38.7°C, temperatura mínima (triángulo azul) de 36.9°C y promedio de 37.9°C. b) Antebrazo: Temperatura máxima 38.2°C, temperatura mínima de 37.4 °C y promedio de 37.7 °C. Para miembro pélvico se

registraron: a') Femoral: Temperatura máxima 38.2 °C, temperatura mínima de 37.5°C y promedio de 37.9°C. b') Corvejón: Temperatura máxima 38.1°C, temperatura mínima de 36.6°C y promedio de 37.6 °C. (B) Recuperación. Una vez en esta etapa, se presenta una respuesta de SNA de vasoconstricción periférica al disminuirse la temperatura en ambos miembros evaluados, posterior al las peleas y donde los lechones se observaron agotados y con lesiones provocadas por las riñas durante los primeros minutos en el nuevo corral. Las temperaturas registradas de miembro torácico fueron: a) Biceps braquial: Temperatura máxima 36.4°C, temperatura mínima de 35.1°C y promedio de 35.5 °C. b) Antebrazo: Temperatura máxima 36.5°C, temperatura mínima de 35.1°C y promedio de 35.9 °C. Para miembro pélvico se registraron: a') Femoral: Temperatura máxima 36.4°C, temperatura mínima de 35.1°C y promedio de 35.7°C. b') Corvejon: Temperatura máxima 36.2°C, temperatura mínima de 34.4°C y promedio de 35.4°C. Las imágenes fueron tomadas con una cámara FLIR Thermal TM E50 (FLIR Systems, United States) con emisividad de 0.95.

La Figura 6 muestra la delimitación de las regiones corporales del tórax y abdomen, las cuales han sido elegidas para hacer una estimación del grado de confort de los animales cuando son expuestos a condiciones ambientales extremas (Mota-Rojas et al., 2020a). La irrigación de interés en el caso del miembro torácico es la proporcionada por la arteria axilar (arteria axillaris) que surge de la primera costilla y sigue como la arteria braquial profunda (profunda brachii); para el antebrazo discurre como la arteria antebraquial profunda (profunda antebrachii), y finalmente se divide en ramas del carpo palmar (ramus carpeus palmaris) y el palmar (ramus palmaris) (Mota-Rojas et al., 2022b; 2022c). Para el caso de miembro pélvico, éste se encuentra vascularizado por una rama de la arteria iliaca externa derivada de la arteria femoral (femoralis) que, a nivel medial de la región femoral (regio femoralis), se continúa como arteria safena (safena) y se divide en la arteria femoral caudal distal (caudalis femoris distalis) y en la arteria tibial caudal (tibial cranialis) y craneal (tibial caudalis) (Veterinaria, N. A., 2017).

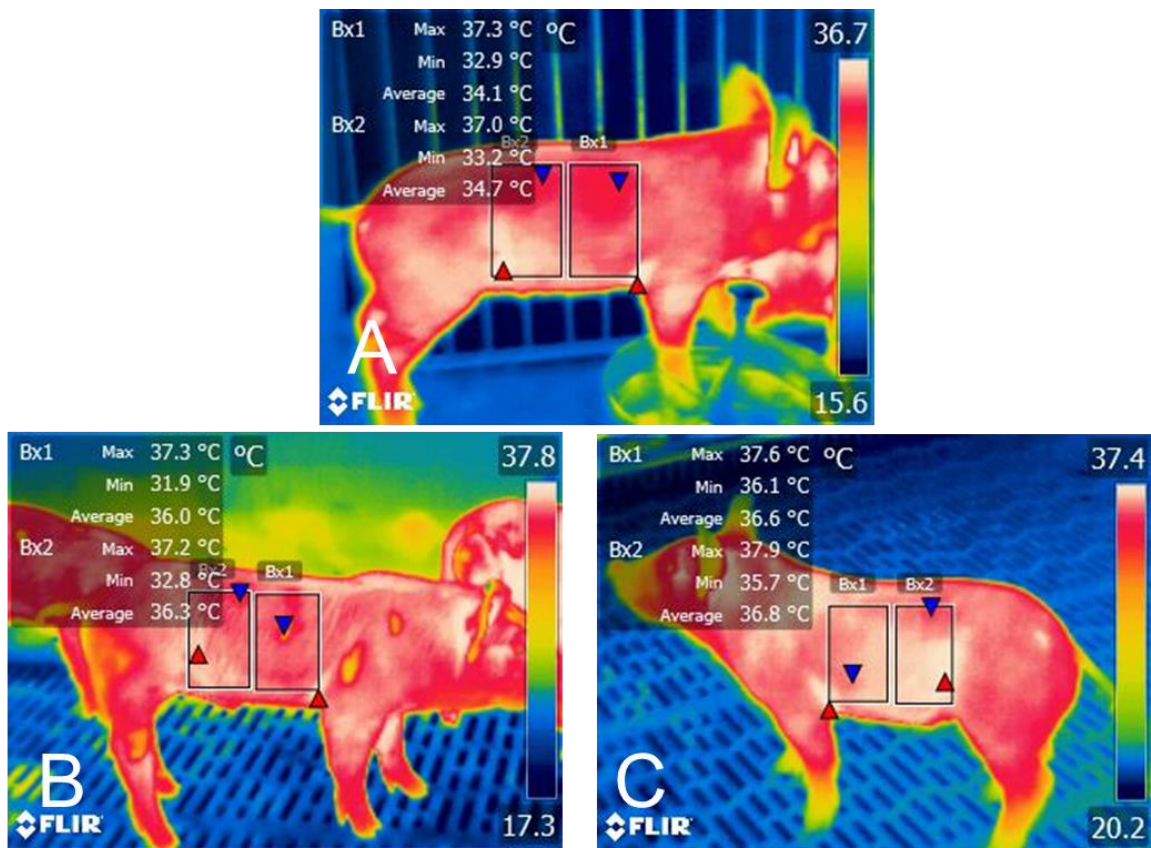


Figura 6. Cambios en la microcirculación de la región corporal por efecto del destete, evaluado a través del tórax y el abdomen (Bx1 y Bx2). Esta área fue delimitada con un triángulo de aproximadamente 1.5 x 2 cm, aproximadamente. (A) Destete. En esta fase, el tórax presenta una temperatura máxima de 37.3°C (triángulo rojo), mínima de 32.9°C (triángulo azul) y promedio de 34.1°C. Por otra parte, el abdomen registra una temperatura máxima, mínima y promedio de de 37°C, 33.2°C y 34.7°C, respectivamente. (B) Corral destetado. Los valores del tórax y el abdomen, con respecto a la etapa del destete, registran un aumento de 1.9 y 1.6°C, respectivamente. (C) Recuperación. Durante esta etapa, se mantiene el incremento de la temperatura cuando es comparada con las dos fases previas, en donde el tórax presenta una temperatura máxima de 37.6°C, mínima de 36.1°C y promedio de 36.6°C, mientras que el abdomen registra una temperatura máxima de 37.9°C, mínima de 35.7°C y promedio de 36.8°C. Las imágenes fueron

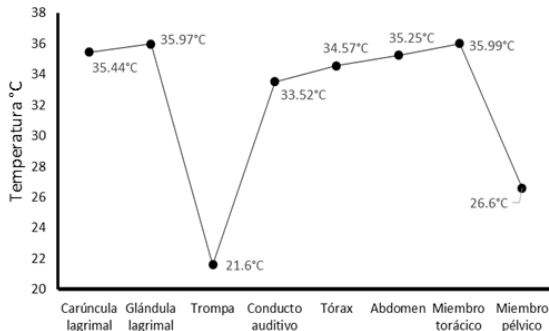


tomadas con una cámara FLIR Thermal TM E50 (FLIR Systems, United States) con emisividad de 0,95.

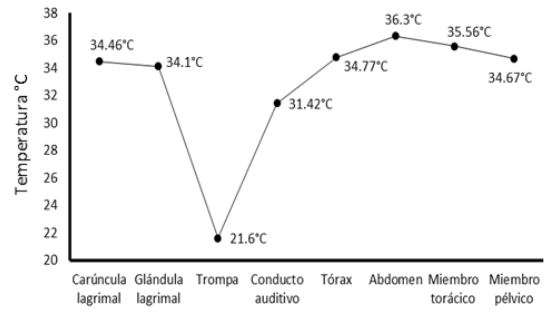
Todas las respuestas observadas en los termogramas responden a un proceso de estrés mediante el cual se altera la respuesta vasomotora y, con ello, la temperatura superficial de áreas como orejas, ojos y el dorso de los cerdos (Loughmiller et al., 2001; Magnani et al., 2011). La respuesta vasoconstrictora inicial disminuye la temperatura de la piel, mientras que, después de un tiempo, sigue un aumento en la temperatura de la piel, liberando el calor acumulado en el núcleo a partir de la vasoconstricción inicial (Loughmiller et al., 2001). Durante un evento estresante, la activación de sistema nervioso simpático conduce a un aumento de la temperatura corporal, evento conocido como hipertermia por estrés (Quimby, Smith & Lunn, 2011), el cual ha sido estudiado en especies como ratas y ovejas (Całkosiński et al., 2015; Cannas et al., 2018; Verduzco-Mendoza et al., 2021).

De acuerdo con los resultados obtenidos durante el seguimiento realizado en el Centro Porcino CEIEPP, la Figura 7 muestra la respuesta térmica de los lechones donde se observa la temperatura media de las ocho ventanas térmicas evaluadas durante todo el manejo del destete que inició con: (A) Pre-destete. En esta etapa, las temperaturas registradas en las distintas regiones corporales fueron: en la carúncula lagrimal 34.44°C, glándula lagrimal 35.97°C, conducto auditivo 33.52°C, miembro torácico 35.99°C. Las zonas con menor temperatura fueron la trompa con 21.6°C, seguida del miembro pélvico 26.6°C. Para el (B) Destete, se observó un incremento de temperatura en el tórax (34.77°C), abdomen (36.3°C), miembro pélvico (34.67°C). Por el contrario, disminuciones en los valores fueron registrados en carúncula lagrimal (-0.98°C), glándula lagrimal (-1.87°C) y conducto auditivo (2.1°C). Durante el (C) Transporte, el conducto auditivo marcó sus niveles más bajos con una temperatura de 28.24°C, 5. 28°C por debajo de la etapa previa. En contraste, la temperatura del abdomen se incrementó hasta temperaturas de 37.8°C y la trompa (24.02 °C) también aumentó 2.42°C. Una vez en (D) Corral de destetados, se observó un incrementó en las temperaturas de la carúncula

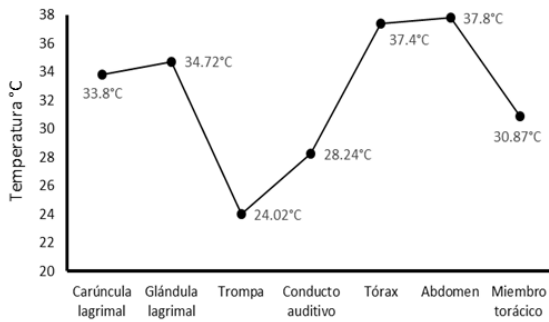
lagrimal (35.9°C) glándula lagrimal (36.45°C), trompa (31.39°C) y miembro torácico (36.38°C). (E) Recuperación. Se resalta la disminución en los valores de la trompa, con 29.84 °C y del conducto auditivo con 33.96°C.



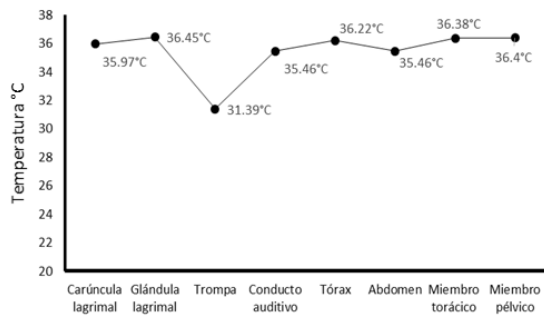
**A**



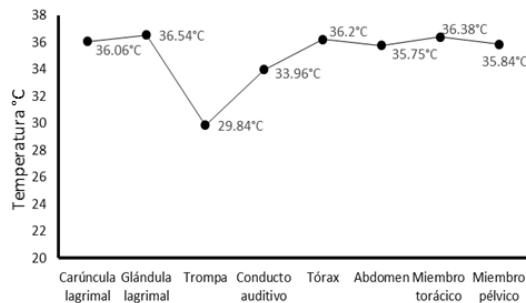
**B**



**C**



**D**



**E**

Figura. 7. Efecto del estrés del destete sobre la temperatura promedio de lechones. Las imágenes fueron tomadas con una cámara FLIR Thermal TM E50 (FLIR Systems, United States) con emisividad de 0,95. Las imágenes térmicas

fueron procesadas por el software FLIR tools durante A) Pre-destete B) Destete C) Transporte D) Corral destetados E) Recuperación.

Las modificaciones que sufre la carúncula lagrimal se han reportado como un indicativo de la activación autónoma en respuesta a emociones negativas (ansiedad o miedo), principalmente en animales de compañía (Foster & Ijichi, 2017; Riemer et al., 2021). Existen hallazgos reportados en trabajos realizados en la región del ojo que señalan que esta área muestra una mayor respuesta a la actividad de SNA en contraste con otras áreas como la región auricular, por lo que se considera una buena ventana térmica para evaluar estrés en los animales (Casas-Alvarado et al., 2022). No obstante, algunos autores han recomendado la evaluación toda la región facial, debido a que estudios en medicina humana señalan que realizar una evaluación de áreas como las orejas, nariz, labios y mejillas están asociadas a grados de confort (Li, Menassa, & Kamat, 2018; Mota-Rojas et al., 2021).

Finalmente es importante señalar que, al evaluar respuestas térmicas, por ejemplo, en eventos dolorosos que son los mas estudiados (Casas-Alvarado et al., 2022), se requiere el uso en conjunto con otras herramientas que, de manera no invasiva, permitan evaluar el efecto que eventos como el destete tiene en los lechones.

### **5.7. Evaluación de las expresiones faciales**

Las expresiones faciales en animales se han sugerido como otro indicador que podría sugerir el estado de bienestar, debido a que este comportamiento no verbal puede ser una forma inflexible de expresar un estado físico o emocional en el animal (Mota-Rojas et al., 2021). Actualmente existe controversial sobre cual es la función exacta de las expresiones faciales ya que, por una parte se relacionan a estados emocionales (Lezama-García et al., 2019), mientras que otros autores como Iglesias et al. (2016) sugieren que permiten la comunicación y la interacción social entre animales.

La base neurobiológica del uso de la expresión facial radica en la captación de estímulos auditivos, olfativos, gustativos, visuales o táctiles percibidos a través de fibras sensoriales. Estas señales se transmiten hacia estructuras cerebrales como la corteza cerebral, el hipotálamo, hipocampo y amígdala, las cuales se encargan de procesar y emitir una respuesta motora mediante la contracción de los músculos faciales debido a la activación de los nervios facial y trigémino (Boissy et al., 2007; Leliveld, Langbein & Puppe, 2013a; Konok et al., 2015; Bennett et al., 2017). Lo anterior permite comprender la complejidad de este proceso, particularmente cuando es aplicado a animales y a especies de granja como los cerdos (Mota et al., 2021; Horstmann 2003).

El estudio de la expresión se realiza mediante el sistema de codificación facial (FACS) propuesto por Ekman y Friesen (1978), el cual describe los movimientos de la cara en un sistema alfanumérico en base a las contracciones de los músculos de la cara, denominándolos como "unidades de acción facial" (UAF) (McLennan et al 2019). A través de la identificación de ciertos movimientos faciales como la tensión de los músculos orbitales o tensión de los músculos faciales, es que estudio de la expresión facial en medicina veterinaria se asocia al reconocimiento del dolor a través de las escalas denominadas Grimace (Miller & Leach, 2015; Camerlink et al., 2018). Éstas han sido adaptadas a especies como ratas, ratones, conejos, hurones, caballos, ovejas, lechones, cerdas y focas (Langford et al., 2010; Sotocinal et al., 2011; Keating et al., 2012; Dalla-Costa et al., 2014; Di Giminiani et al., 2016; Guesgen et al., 2016; McLennan et al., 2016; Häger et al., 2017; Reijgwart et al., 2017; Viscardi et al., 2017; MacRae et al., 2018; Navarro, Mainau & Manteca; 2020). Es importante resaltar que este sistema sólo permite reconocer los cambios en la expresión facial de acuerdo con los movimientos de los músculos de la cara y no describe los cambios ante los diferentes fenómenos que se enfrenta un animal.

En el lechón, distintos autores han aplicado la expresión facial (Piglet Grimace Scale –PGS) para evaluar el dolor durante prácticas como la castración o el corte de cola (McLennan et al., 2018; Di Giminiani et al 2016). En este sentido, Viscardi et al. (2018) evaluaron las características de la expresión facial en 19 lechones



bajo la aplicación de un estímulo doloroso. Los autores identificaron tres unidades de acción facial: 1) tensión orbital; 2) tensión muscular/nariz abultada; y 3) posición de las orejas, como se observan en la Figura 8. Los resultados descritos por estos autores sugieren que un evento doloroso en los cerdos genera cambios motores en la expresión facial. Aunque este efecto aún no ha sido determinado durante la etapa del destete, la Figura 9 muestra resultados preliminares de los autores en cuanto a los cambios de expresión facial en lechones destetados.

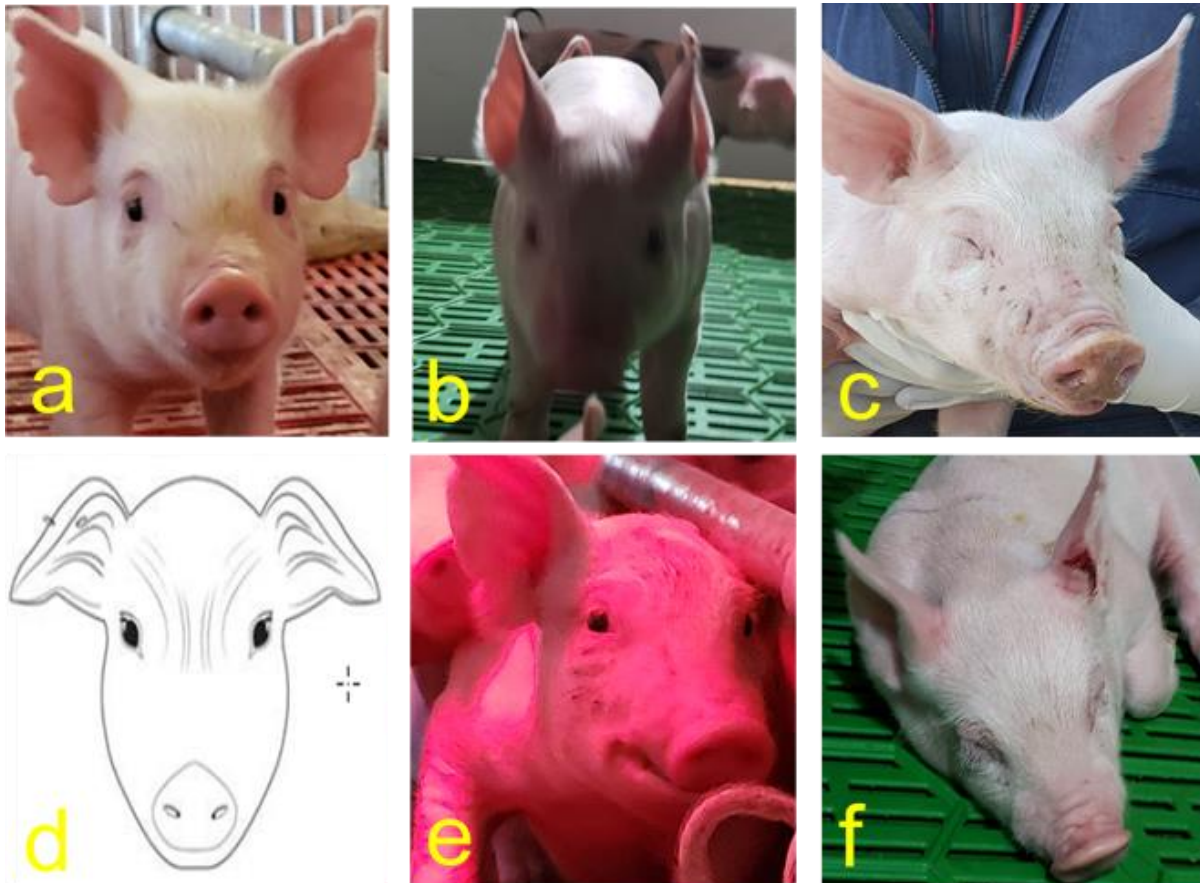


Figura 8. Expresiones faciales en cerdos: (A) sin dolor. (B) Tensión orbitaria: Se observa cierre del ojo a más de la mitad de la zona orbitaria (donde es posible ver pupila totalmente dilatada y parte de la esclerótica), u ojos cerrados completamente, conocido como “apretón de alta intensidad”. También se distingue un significativo fruncido de cejas. (C) Posición de las orejas: Se encuentran totalmente retraídas desde la línea de base hacia caudal (pegadas a la cabeza). El pabellón auricular interno es claramente visible desde una vista lateral. (D)

Tensión temporal: Se observan pliegues con tensión, de alta intensidad, en la frente (“frente arrugada”) y entre los ojos llegando una parte de la piel que cubre el hueso nasal (prehocico). (E) Contracción del labio superior: el labio superior se levanta parcial o totalmente, con moderada o alta tensión y se observa un abultamiento en labio superior. (F) Nariz abultada/ tensión en la mejilla: el área dorsal de la nariz se observa abultada, las mejillas presentan evidente tensión muscular (Orbicularis oris m., Caninus m. y Musculus levator labii superioris), ambas áreas presentan múltiples pliegues o arrugas (Adaptado de Mota-Rojas et al., 2020b; Lou et al., 2022).



Figura 9. Unidades de acción facial en lechones durante el destete. Durante este proceso los lechones presentan una secuencia de UAF que inician en la etapa previa al destete con un estado de alerta, ojos abiertos mostrando una forma circular, las orejas se muestran erguidas con ligera tensión orbital; al momento de la separación madre-crías los lechones se observan agitados, evidente tensión

orbital, las orejas continúan erguidas; para ser transportados los lechones son manipulados (pesaje y medicación) lo cual genera vocalizaciones, agitación, tensión orbital y las orejas ligeramente inclinadas hacia caudal, una vez en el vehículo de transporte se observa un ligero estado de relajación por el enriquecimiento con cama de paja, que funciona como distractor; una vez en los nuevos corrales de destetados nuevamente es muy evidente la tensión orbital, un estado de alerta y agitación; por último horas después de haber llegado al nuevo corral y de las peleas (establecimiento de jerarquías) los lechones muestran un estado de agotamiento, pues se observan recostados con los codos flexionados, ojos ligeramente cerrados, las orejas se encuentran retraídas hacia caudal (Adaptado de Mota Rojas-2020).

Camerlik et al. (2018) evaluaron 38 cerdos (26 machos y 12 hembras) de cruce comercial (Large White x Landrace x American Hampshire) con el objetivo de identificar las expresiones faciales relacionadas a una agresión. Los resultados indicaron diferencias entre los individuos que ganaban y perdían los encuentros. En los ganadores, una menor proporción del hocico y orejas dirigidas hacia adelante fue observado. Cuando se realizó la separación de los animales, las orejas se encontraban hacia atrás y los ojos estaban abiertos en menor rango, los autores sugirieron que la identificación de los movimientos faciales, en conjunto con medidas métricas faciales, podría aportar información sobre la respuesta emocional e intencional de los animales. En este sentido, cuando ocurre se llevan a cabo interacciones agresivas entre animales, mientras que uno de los individuos emite un cambio en la expresión el facial, el otro podría reconocer la intención y detener o huir antes de que escale a un ataque o al siguiente nivel de conducta agonista (Waller *et al.*, 2017).

Durante otros eventos en lechones como la castración, diversos estudios han mostrado que la aplicación de la PGS permite identificar el dolor y además evaluar terapias analgésicas locales (Valenzuela et a., 2019). De igual forma, los estudios en torno a la aplicación de la PGS también se encaminan a determinar hasta qué edad es apropiado usar esta escala. Por ejemplo, el de Vullo et al. (2020), quienes

reportan una excelente confiabilidad entre observadores (coeficiente de correlación de 0.87) con cerdos de hasta  $73 \pm 10.6$  días. Recientemente, aunado a la evaluación de la expresión facial y con el propósito de incrementar la objetividad de las escalas Grimace, autores como Lou et al. (2022) han propuesto técnicas de morfometría geométrica para refinar y determinar objetivamente la presencia de dolor en lechones. No obstante, debido a la complejidad de los movimientos faciales aún se requieren estudios adicionales para aplicar estas técnicas de ganadería de precisión.

Por consiguiente, la evaluación de las intenciones y el estado emocional reflejado por la expresión facial de los animales aportan información valiosa para evitar agresiones entre los individuos y prevenir pérdidas económicas e impactos negativos en las emociones de los animales. Aunque existe el interés por la investigación de las expresiones faciales asociados a estado negativos en los animales (Mogil et al., 2020), es necesario establecer las características faciales exactas que ayuden a reconocer alguna emoción en particular (Sandem et al., 2006; Defensor et al., 2012; Bennett et al., 2017), sobre todo cuando se trata de una especie –lechones– durante un evento en específico como el destete.

## **6. CONCLUSIONES**

El destete es un evento que se considera dentro de la vida productiva de los lechones. Debido a ello, es esencial comprender que el destete representa un estresor para los lechones ya que son expuestos a factores como la interrupción del vínculo madre-cría, la separación de la camada, el reagrupamiento con congéneres de diferentes hembras, el transporte y, sobre todo, la transición de una dieta líquida a base de leche materna a una dieta sólida. Todos estos elementos ambientales, sociales y microbianos activan los mecanismos de adaptación del lechón para compensar el cambio de alojamiento y alimentación. No obstante, así como estos mecanismos fisiológicos le otorgan beneficios, cuando la respuesta al estrés se mantiene por largos periodos, los lechones son susceptibles a presentar enfermedades gastrointestinales con signos clínicos

como la diarrea post-destete. A nivel médico, esto significa cambios en la histología y fisiología intestinal para la absorción de nutrientes, pero también representa pérdidas económicas por el porcentaje asociado a mortalidad o una conversión alimenticia y ganancia de peso deficiente.

Como una posible solución, las estrategias de enriquecimiento ambiental aplicadas a lechones destetados han mostrado disminuir la agresión y lesiones en los animales. Actualmente existen diversos materiales que se consideran como enriquecimiento (p. ej., juguetes aromatizados, madera, paja, entre otros). Sin embargo, la aplicación de estas estrategias requiere considerar las preferencias de los animales, los materiales a elegir, e inclusive el lugar donde se colocarán para lograr emplearlos de manera exitosa.

Otra manera de contribuir a mejorar el bienestar de los lechones y evitar consecuencias fisiopatológicas, es mediante el reconocimiento temprano de estrés agudo o dolor al momento de ser movidos a su nuevo corral. Técnicas como la IRT y la PGS permiten evaluar, de manera no invasiva, los cambios a nivel fisiológico –respuesta vasomotora periférica– y a nivel conductual –cambios en la expresión facial– que pueden ser indicativos del estrés agudo que los lechones experimentan durante el destete, y servir de base para proponer mejoras o intervenir de manera oportuna.

## **7. LITERATURA CITADA**

Ashaw, M. J., Tarou, L. R., Maki, T. S., & Maple, T. L. (2001). A survey assessment of variables related to stereotypy in captive giraffe and okapi. *Applied Animal Behaviour Science*, 73(3), 235-247.

Bekoff, M. (1984). Social play behavior. *Bioscience*, 34(4), 228-233.

Bennett, V., Gourkow, N., & Mills, D. S. (2017). Facial correlates of emotional behaviour in the domestic cat (*Felis catus*). *Behavioural Processes*, 141, 342-350.

- Berry, R. J., & Lewis, N. J. (2001). The effect of duration and temperature of simulated transport on the performance of early-weaned piglets. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(2), 199-204.
- Blecha, F., Pollmann, D. S., & Nichols, D. A. (1983). Weaning pigs at an early age decreases cellular immunity. *Journal of Animal Science*, 56, 396–400.
- Bloomsmith, M. A., Brent, L. Y., & Schapiro, S. J. (1991). Guidelines for developing and managing an environmental enrichment program. *Laboratory Animal Science*, 41, 372-377.
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M. B., Moe, R. O., Spruijt, B., Keeling, L. J., & Aubert, A. (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior*, 92(3), 375-397.
- Bolhuis, E. J., Oostindjer, M., Hoeks, C. W., de Haas, E. N., Bartels, A. C., Ooms, M., & Kemp, B. (2013). Working and reference memory of pigs (*Sus scrofa domestica*) in a holeboard spatial discrimination task: the influence of environmental enrichment. *Animal cognition*, 16, 845-850.
- Brousset, H.J.D. & Galindo, M.F. (2004). Enriquecimiento ambiental en fauna silvestre. En: Galindo MF, Orihuela TA, editores. *Etología aplicada*. México DF: Universidad Autónoma de México, pp. 279-309.
- Brown, S. M., Peters, R., & Lawrence, A. B. (2017). Up-regulation of IGF-1 in the frontal cortex of piglets exposed to an environmentally enriched arena. *Physiology & Behavior*, 173, 285-292.
- Buijs, S., & Muns, R. (2019). A review of the effects of non-straw enrichment on tail biting in pigs. *Animals*, 9(10), 824.
- Całkosiński, I., Dobrzyński, M., Rosińczuk, J., Dudek, K., Chrószcz, A., Fita, K., & Dymarek, R. (2015). The use of infrared thermography as a rapid, quantitative, and noninvasive method for evaluation of inflammation response in different anatomical regions of rats. *BioMed Research International*, 2015.

- Camerlink, I., & Ursinus, W. W. (2020). Tail postures and tail motion in pigs: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 230, 105079.
- Camerlink, I., Coulange, E., Farish, M., Baxter, E. M., & Turner, S. P. (2018). Facial expression as a potential measure of both intent and emotion. *Sci. Rep.* 8, 17602.
- Camerlink, I., Proßegger, C., Kubala, D., Galunder, K., & Rault, J. L. (2021). Keeping littermates together instead of social mixing benefits pig social behaviour and growth post-weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 235, 105230.
- Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of animal science and biotechnology*, 4(1), 1-4.
- Cannas, S., Palestrini, C., Canali, E., Cozzi, B., Ferri, N., Heinzl, E., & Dalla Costa, E. (2018). Thermography as a non-invasive measure of stress and fear of humans in sheep. *Animals*, 8(9), 146.
- Canning, P., Robbins, K., Kains, F., Blackwell, T. (2013). Sensory devices for nursery and grow-finisher pigs. In: 32nd Centralia Swine Research Update. 30 January 2013. Ontario, Canada.
- Casas-Alvarado, A., Martínez-Burnes, J., Mora-Medina, P., Hernández-Avalos, I., Domínguez-Oliva, A., Lezama-García, K., Gómez-Prado, J., & Mota-Rojas, D. (2022). Thermal and Circulatory Changes in Diverse Body Regions in Dogs and Cats Evaluated by Infrared Thermography. *Animals*, 12(6), 789.
- Casas-Alvarado, A.; Mota-Rojas, D.; Hernández-Ávalos, I.; Mora-Medina, P.; Olmos-Hernández, Verduzco-Mendoza, A., Reyes-Sotelo, B.; & Martínez-Burnes, J. (2020). Advances in infrared thermography: Surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine. *Journal of Thermal Biology*, 92, 102664.
- Chaloupková, H., Illmann, G., Bartoš, L., & Špinka, M. (2007). The effect of pre-weaning housing on the play and agonistic behaviour of domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 103(1-2), 25-34.



- Chapel, N. M., Byrd, C. J., Lugar, D. W., Morello, G. M., Baumgard, L. H., Ross, J. W., ... & Johnson, J. S. (2017). Determining the effects of early gestation in utero heat stress on postnatal fasting heat production and circulating biomarkers associated with metabolism in growing pigs. *Journal of Animal Science*, *95*(9), 3914-3921.
- Chou, J. Y., D'Eath, R. B., Sandercock, D. A., Waran, N., Haigh, A., & O'Driscoll, K. (2018). Use of different wood types as environmental enrichment to manage tail biting in docked pigs in a commercial fully-slatted system. *Livestock Science*, *213*, 19-27.
- Clouard, C., Resmond, R., Prunier, A., Tallet, C., & Merlot, E. (2022). Exploration of early social behaviors and social styles in relation to individual characteristics in suckling piglets. *Scientific Reports*, *12*(1), 2318.
- Colson, V., Martin, E., Orgeur, P., Prunier, A. (2012). Influence of housing and social changes on growth, behaviour and cortisol in piglets at weaning. *Physiol. Behav.* *107*, 59–64.
- Colson, V., Orgeur, P., Foury, A., & Mormède, P. (2006). Consequences of weaning piglets at 21 and 28 days on growth, behaviour and hormonal responses. *Applied Animal Behaviour Science*, *98*(1-2), 70-88.
- Cook, N., Schaefer, A., Warren, L., Burwash, L., Anderson, M., & Baron, V. (2001). Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: an assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eye. *Can. J. Anim. Sci.* *81* (4), 621.
- Coutellier, L., Arnould, C., Boissy, A., Orgeur, P., Prunier, A., Veissier, I., & Meunier-Salaun, M.C., (2007). Pig's responses to repeated social regrouping and relocation during the growing-finishing period. *Appl. Anim. Behav. Sci.* *105*, 102–114
- Dalla Costa, E., Minero, M., Lebelt, D., Stucke, D., Canali, E., & Leach, M. C. (2014). Development of the Horse Grimace Scale (HGS) as a pain

- assessment tool in horses undergoing routine castration. *PLoS one*, 9(3), e92281.
- Davis, M. E., S. C. Sears, J. K. Apple, C. V. Maxwell, & Z. B. Johnson. (2006). Effect of weaning age and commingling after the nursery phase of pigs in a wean-to-finish facility on growth, and humoral and behavioral indicators of well-being. *J. Anim. Sci.* 84:743–756.
- De Lima, V., Piles, M., Rafel, O., López-Béjar, M., Ramón, J., Velarde, A., & Dalmau, A., (2013). Use of infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits. *Res. Vet. Sci.* 95 (2), 802–810
- D'Eath, R.B. (2005). Socialising piglets before weaning improves social hierarchy formation when pigs are co-mingled post-weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 199–211.
- D'Eath, R.B., Turner, S.P., Kurt, E., Evans, G., Tholking, L., Looft, H., Wimmers, K., Murani, E., Klont, R., Foury, A., Ison, S.H., Lawrence, A.B., & Mormede, P. (2010). Pigs' aggressive temperament affects pre-slaughter mixing aggression, stress and meat quality. *Animal* 4, 604–616.
- Defensor, E. B., Corley, M. J., Blanchard, R. J., & Blanchard, D. C. (2012). Facial expressions of mice in aggressive and fearful contexts. *Physiology & behavior*, 107(5), 680-685.
- Desire, S., Turner, S.P., D'Eath, R., Doeschl-Wilson, A.B., Lewis, C., Roehe, R. (2016). Prediction of reduction in aggressive behaviour of growing pigs using skin lesion traits as selection criteria. *Anim. Int. J. Anim. Biosci.* 10 (08), 1243–1253. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000112>.
- Dhabhar, F. S. (2009). Enhancing versus suppressive effects of stress on immune function: Implications for immunoprotection and immunopathology. *Neuroimmunomodulation* 16, 300–317.
- Di Giminiani, P., Brierley, V. L., Scollo, A., Gottardo, F., Malcolm, E. M., Edwards, S. A., & Leach, M. C. (2016). The assessment of facial expressions in

- piglets undergoing tail docking and castration: toward the development of the piglet grimace scale. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, 100.
- Donaldson, T. M., Newberry, R. C., Špinka, M., & Cloutier, S. (2002). Effects of early play experience on play behaviour of piglets after weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 79(3), 221-231.
- Douglas, S. L., I. Wellock, S. A. Edwards, and I. Kyriazakis. (2014). High specification starter diets improve the performance of low birth weight pigs to 10 weeks of age. *J. Anim. Sci.* 92, 4741– 4750.
- Dudink, S., Simonse, H., Marks, I., de Jonge, F.H., & Spruijt, B.M. (2006). Announcing the arrival of enrichment increases play behaviour and reduces weaning-stress-induced behaviours of piglets directly after weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101, 86–101.
- Dybkjær, L., 1992. The identification of behavioural indicators of 'stress' in early weaned piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 35, 135–147.
- Ekman, P., Friesen, W. (1978). *Facial Action Coding System: a Technique for the Measurement of Facial Movement*. CA: Consulting Psychologists Press, Palo Alto.
- Eriksen, E. Ø., Kudirkiene, E., Christensen, A. E., Agerlin, M. V., Weber, N. R., Nødtvedt, A., & Pedersen, K. S. (2021). Post-weaning diarrhea in pigs weaned without medicinal zinc: risk factors, pathogen dynamics, and association to growth rate. *Porcine Health Management*, 7(1), 1-19.
- Fanaro, S., R. Chierici, P. Guerrini, and V. Vigi. (2003). Intestinal microflora in early infancy: composition and development. *Acta Paediatr. Suppl.* 91, 48–55.
- Fauci, A. S. (1975). Mechanisms of corticosteroid action on lymphocyte subpopulations. *Immunology* 28, 669–680.
- Fels, M., Hartung, J., & Hoy, S. (2014). Social hierarchy formation in piglets mixed in different group compositions after weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 152, 17–22.

- Figuroa, J., Temple, D., Sol'a-Oriol, D., P'erez, J.F., Manteca, X. (2012). Effect of early social interaction on maternal recognition, welfare and performance of piglets. In: 46th Congress of the International Society for Applied Ethology (ISAE). Vienna, Austria. 31 July-4 August.
- Ferguson, D. M. (2014). Key features of "environmental fit" that promote Good animal welfare in different husbandry systems. *Revue Scientifique et Technique* 33(1), 161-169.
- Flores-Peinado, S., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Mora-Medina, P., Cruz-Monterrosa, R., Gómez-Prado, J., Hernández, M. G., Cruz-Playas, J., & Martínez-Burnes, J. (2020). Physiological responses of pigs to preslaughter handling: Infrared and thermal imaging applications. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 8(1), 71-84.
- Foster, S., & Ijichi, C. (2017). The association between infrared thermal imagery of core eye temperature, personality, age and housing in cats. *Applied Animal Behaviour Science*, 189, 79-84.
- Gabor, T.M., Hellgren, E.C., Van den Bussche, R.A., & Silvy, N.J. (1999). Demography, socio-spatial behaviour and genetics of feral pigs (*Sus scrofa*) in a semi-arid environment. *J. Zool.* 247, 311–322.
- Gerritsen, R., Soede, N., Hazeleger, W., Langendijk, P., Dieleman, S., Taverner, M., Kemp, B. (2009). Intermittent suckling enables estrus and pregnancy during lactation in sows: effects of stage of lactation and lactation during early pregnancy. *Theriogenology* 71, 432–440.
- Gómez-Prado, J., Pereira, A. M., Wang, D., Villanueva-García, D., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Hernández-Avalos, I., Martínez-Burnes, J., Casas-Alvarado, A., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necoechea, R., Verduzco-Mendoza, A., Hernández, A., Torres, F., & Mota-Rojas, D. (2022). Thermoregulation mechanisms and perspectives for validating thermal windows in pigs with hypothermia and hyperthermia: An overview. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1023294.

- Grandin, T., (2015). An introduction to implementing an effective animal welfare program. In: Grandin, T. (Ed.), *Improving Animal Welfare: A Practical Approach*, 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK.
- Guesgen, M. J., Beausoleil, N. J., Leach, M., Minot, E. O., Stewart, M., & Stafford, K. J. (2016). Coding and quantification of a facial expression for pain in lambs. *Behavioural Processes*, 132, 49-56.
- Guo, H., He, J., Yang, X., Zheng, W. & Yao, W. (2020). Responses of intestinal morphology and function in offspring to heat stress in primiparous sows during late gestation. *J. Therm. Biol.* 89, 102539.
- Häger, C., Biernot, S., Buettner, M., Glage, S., Keubler, L. M., Held, N., & Bleich, A. (2017). The Sheep Grimace Scale as an indicator of post-operative distress and pain in laboratory sheep. *PloS one*, 12(4), e0175839.
- Haigh, A., O'Driscoll, K., (2016). Irish farmers experiences of tail biting. In: *Proceedings of the 43rd Annual Irish Pig Health Society Symposium*, 12 Apr 2016, Mullingar, Co. Westmeath, Ireland.
- Hay, M., Orgeur, P., Le´vy, F., Le Dividich, J., Concordet, D., Nowak, R., Schaal, B., Morme`de, P. (2001). Neuroendocrine consequences of very early weaning in swine. *Physiol. Behav.* 72, 263–269.
- Hedegaard, C. J., Lauridsen, C., & Heegaard, P. M. (2017). Purified natural pig immunoglobulins can substitute dietary zinc in reducing piglet post weaning diarrhoea. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 186, 9-14.
- Hillmann, E., Von Hollen, F., Bünger, B., Todt, D., & Schrader, L. (2003). Farrowing conditions affect the reactions of piglets towards novel environment and social confrontation at weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81, 99–109.
- Hohenshell, L.M., Cunnick, J.E., Ford, S.P., Kattesh, H.G., Zimmerman, D.R., Wilson, M.E., Matteri, R.I., Carroll, J.A., & Lay, D.C. (2000). Few differences found between early- and late-weaned pigs raised in the same environment. *J. Anim. Sci.* 78, 38–49.

- Horstmann, G. (2003). What do facial expressions convey: Feeling states, behavioral intentions, or actions requests?. *Emotion*, 3(2), 150.
- Huggins, J.; Rakobowchuk, M. (2019). Utility of lacrimal caruncle infrared thermography when monitoring alterations in autonomic activity in healthy humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 119, 531–538.
- Huting, A. M., Wellock, I., Tuer, S., & Kyriazakis, I. (2019). Weaning age and post-weaning nursery feeding regime are important in improving the performance of lightweight pigs. *Journal of animal science*, 97(12), 4834-4844.
- Hwang, H. S., Lee, J. K., Eom, T. K., Lee, D. H., & Rhim, S. J. (2021). Effect of toys on behaviour and body weight of weaned pigs after mixing. *Czech Journal of Animal Science*, 66(8), 323-330.
- Iglesias-Hoyos, S., Castillo Arreola, A. D., & Muñoz-Delgado, J. I. (2016). Reconocimiento facial de expresión emocional: diferencias por licenciaturas. *Acta de investigación psicológica*, 6(3), 2494-2499.
- International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. *Nomina Anatomica Veterinaria*; World Association of Veterinary Anatomists: Hanover, Germany, 2017; pp. 1–178.
- Jensen, P. y Recén, B. (1989). When to wean – observations from free-ranging domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 23, 49-60.
- Jensen, P., & Wood-Gush, D. G. (1984). Social interactions in a group of free-ranging sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 12(4), 327-337.
- Jensen, P. (1994). Fighting between unacquainted pigs: effects of age and of individual reaction pattern. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 41, 37–52.
- Jensen, P., Yngvesson, J. (1998). Aggression between unacquainted pigs - Sequential assessment and effects of familiarity and weight. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58, 49–61.

- Johnson, S.R., Rao, S., Hussey, S.B., Morley, P.S., Traub-Dargatz, J.L., 2011. Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. *J. Equine Vet. Sci.* 31 (2), 63–66.
- Kanitz, E., M. Tuchscherer, B. Puppe, A. Tuchscherer, and B. Stabenow. 2004. Consequences of repeated early isolation in domestic piglets (*Sus scrofa*) on their behavioural, neuroendocrine, and immunological responses. *Brain Behav. Immun.* 18, 35–45.
- Keating, S. C., Thomas, A. A., Flecknell, P. A., & Leach, M. C. (2012). Evaluation of EMLA cream for preventing pain during tattooing of rabbits: changes in physiological, behavioural and facial expression responses. *PLoS One*, 7(9), e33337.
- Keeling, L., & Jensen, P., 2002. Behavioural disturbances, stress and welfare. In: Jensen, P. (Ed.), *The Ethology of Domestic Animals - An Introductory Text*. CAB Int. Wallingford, UK, pp. 79–98.
- Kick, A. R., Tompkins, M. B., Flowers, W. L., Whisnant, C. S., & Almond, G. W. (2012). Effects of stress associated with weaning on the adaptive immune system in pigs. *Journal of Animal Science*, 90(2), 649-656.
- Ko, H. L., Chong, Q., Escribano, D., Camerlink, I., Manteca, X., & Llonch, P. (2020). Pre-weaning socialization and environmental enrichment affect life-long response to regrouping in commercially-reared pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 229, 105044.
- Konok, V., Nagy, K., & Miklósi, Á. (2015). How do humans represent the emotions of dogs? The resemblance between the human representation of the canine and the human affective space. *Applied Animal Behaviour Science*, 162, 37-46.
- Kutzer, T., Bünger, B., Kjaer, J. B., & Schrader, L. (2009). Effects of early contact between non-littermate piglets and of the complexity of farrowing conditions on social behaviour and weight gain. *Applied Animal Behaviour Science*, 121(1), 16-24.

- Langford, D. J., Bailey, A. L., Chanda, M. L., Clarke, S. E., Drummond, T. E., Echols, S., & Mogil, J. S. (2010). Coding of facial expressions of pain in the laboratory mouse. *Nature methods*, 7(6), 447-449.
- Le Dividich, J., & Sève, B. (2000). Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic Animal Endocrinology*, 19(2), 63-74.
- Leliveld, L. M. C., Riemensperger, A. V., Gardiner, G. E., O'Doherty, J. V., Lynch, P. B., & Lawlor, P. G. (2013). Effect of weaning age and postweaning feeding programme on the growth performance of pigs to 10 weeks of age. *Livestock Science*, 157(1), 225-233.
- Leliveld, L. M., Langbein, J., & Puppe, B. (2013a). The emergence of emotional lateralization: evidence in non-human vertebrates and implications for farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 145(1-2), 1-14.
- Lezama-García, K., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Villanueva-García, D., Domínguez-Oliva, A., Gómez-Prado, J., ... & Muns, R. (2022). Strategies for hypothermia compensation in altricial and precocial newborn mammals and their monitoring by infrared thermography. *Veterinary Sciences*, 9(5), 246.
- Liu, M., Xu, Q., Zhao, J., Guo, Y., Zhang, C., Cheng, M., ... & Zhou, B. (2022). Pigs' skin lesions at weaning are primarily caused by standoff and being bullied instead of unilateral active attack at the individual level. *Applied Animal Behaviour Science*, 247, 105556.
- Lou, M. E., Porter, S. T., Massey, J. S., Ventura, B., Deen, J., & Li, Y. (2022). The Application of 3D Landmark-Based Geometric Morphometrics towards Refinement of the Piglet Grimace Scale. *Animals*, 12(15), 1944.
- Loughmiller, J. A., Spire, M. F., Dritz, S. S., Fenwick, B. W., Hosni, M. H., & Hogge, S. B. (2001). Relationship between mean body surface temperature measured by use of infrared thermography and ambient temperature in clinically normal pigs and pigs inoculated with *Actinobacillus*



- pleuropneumoniae. *American journal of veterinary research*, 62(5), 676-681.
- Lowe, G., McCane, B., Sutherland, M., Waas, J., Schaefer, A., Cox, N., & Stewart, M. (2020). Automated collection and analysis of infrared thermograms for measuring eye and cheek temperatures in calves. *Animals*, 10(2), 292.
- Ludwig, N., Gargano, M., Luzi, F., Carezzi, C., Verga, M., 2010. Applicability of infrared thermography as a non invasive measurements of stress in rabbit. *World Rabbit Sci.* 15 (4), 199–206.
- Lundin, P., and L. Hedman. 1978. Influence of corticosteroids on lymphocyte recirculation. *Lymphology* 11:216–221.
- Luppi A, Gibellini AM, Gin T, Vangroenweghe F, Vandenbroucke V, Bauerfeind R, et al. Prevalence of virulence factors in enterotoxigenic *Escherichia coli* isolated from pigs with post-weaning diarrhoea in Europe. *Porcine Health Manag.* 2016;2:1–6.
- Lush, J., & Ijichi, C. (2018). A preliminary investigation into personality and pain in dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 24, 62-68.
- Machado-Neto, R., Graves, C. N., & Curtis, S. E. (1987). Immunoglobulins in piglets from sows heat-stressed prepartum. *Journal of Animal Science*, 65(2), 445-455.
- MacRae, A. M., Makowska, I. J., & Fraser, D. (2018). Initial evaluation of facial expressions and behaviours of harbour seal pups (*Phoca vitulina*) in response to tagging and microchipping. *Applied Animal Behaviour Science*, 205, 167-174.
- Magnani, D., Gatto, M., Cafazzo, S., Stelletta, C., Morgante, M., & Costa, L. N. (2011). Difference of surface body temperature in piglets due to the backtest and environmental condition. In *Animal hygiene and sustainable livestock production. Proceedings of the XVth International Congress of the*

- International Society for Animal Hygiene, Vienna, Austria, 3-7 July 2011, Volume 3 (pp. 1029-1032). Tribun EU.
- Magowan, E., M. E. E. Ball, and K. J. McCracken. 2011. The performance response of pigs of different wean weights to “high” or “low” input dietary regimes between weaning and 20 weeks of age. *Livest. Sci.* 136:232–239. doi:10.1016/j.livsci.2010.09.010
- Main, R. G., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Goodband, R. D., & Nelssen, J. L. (2004). Increasing weaning age improves pig performance in a multisite production system. *Journal of animal science*, 82(5), 1499-1507.
- Manteca, V., X. (2009). Conducta de termorregulación y de alimentación. In: Manteca, V., X. (Ed.), *Etología Veterinaria*. Multimédica Ediciones Veterinarias, Barcelona, España, pp. 75-110.
- Martínez-Miró, S., Tecles, F., Ramón, M., Escribano, D., Hernández, F., Madrid, J., ... & Cerón, J. J. (2016). Causes, consequences and biomarkers of stress in swine: an update. *BMC veterinary research*, 12(1), 1-9.
- McCafferty, D.J., 2007. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal. Rev.* 37 (3), 207–223.
- McCracken, B. A., Spurlock, M. E., Roos, M. A., Zuckermann, F. A., & Gaskins, H. R. (1999). Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine. *The Journal of nutrition*, 129(3), 613-619.
- McLennan, K. M. (2018). Why pain is still a welfare issue for farm animals, and how facial expression could be the answer. *Agriculture*, 8(8), 127.
- McLennan, K. M., Miller, A. L., Dalla Costa, E., Stucke, D., Corke, M. J., Broom, D. M., & Leach, M. C. (2019). Conceptual and methodological issues relating to pain assessment in mammals: The development and utilisation of pain facial expression scales. *Applied Animal Behaviour Science*, 217, 1-15.

- McLennan, K. M., Rebelo, C. J., Corke, M. J., Holmes, M. A., Leach, M. C., & Constantino-Casas, F. (2016). Development of a facial expression scale using footrot and mastitis as models of pain in sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, *176*, 19-26.
- McManus, C., Tanure, C.B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A.M., Menegassi, S.R.O., Stumpf, M.T., Kolling, G.J., Dias, E., Costa Jr., J.B.G., 2016. Infrared thermography in animal production: an overview. *Comput. Electron. Agric.* *123*, 10–16.
- Merlot, E., Constancis, C., Resmond, R., Serviento, A. M., Renaudeau, D., Prunier, A., & Tallet, C. (2019). Heat exposure of pregnant sows modulates behaviour and corticotrope axis responsiveness of their offspring after weaning. In *53. Congress of the International Society for Applied Ethology (ISAE)* (p. np). Wageningen Academic Publishers.
- Merlot, E., Meunier-Salaün, M.C., & Prunier, A. (2004). Behavioural, endocrine and immune consequences of mixing in weaned piglets. *Applied Animal Behavioral Science* *85*, 247–257.
- Miller, A. L., & Leach, M. C. (2015). The mouse grimace scale: a clinically useful tool?. *PloS one*, *10*(9), e0136000.
- Moberg, G.P., 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: Moberg, G.P., Mench, J.A. (Eds.), *The Biology of Animal Stress*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 1e21.
- Mogil, J. S., Pang, D. S., Dutra, G. G. S., & Chambers, C. T. (2020). The development and use of facial grimace scales for pain measurement in animals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *116*, 480-493.
- Morgan, T., Pluske, J., Miller, D., Collins, T., Barnes, A. L., Wemelsfelder, F., & Fleming, P. A. (2014). Socialising piglets in lactation positively affects their post-weaning behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, *158*, 23-33.
- Morrone, B., Bernardino, T., Tatemoto, P., Rodrigues, F. A. M. L., de Moraes, J. E., da Cruz, T. D. A., & Zanella, A. J. (2021). Indication that the presence of

- older conspecifics reduces agonistic behaviour in piglets at weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 234, 105201.
- Mota-Rojas, D., Becerril, M., Lemus, C., Sánchez, P., González, M., Olmos, S. A., ... & Alonso-Spilsbury, M. (2006). Effects of mid-summer transport duration on pre-and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science*, 73(3), 404-412.
- Mota-Rojas, D., López, A., Muns, R., Mainau, E., Martínez-Burnes, J., (2016). Welfare newborn pig. In: Mota-Rojas, D., Velarde-Calvo, A., Huertas-Canen, S., Cajiao, M.N. (Eds.), *Animal Welfare, A Global Vision in Ibero-America*. Bienestar Animal una Visión Global en Iberoamérica, 3rd ed. Elsevier, Barcelona, Spain, pp. 51–62.
- Mota-Rojas, D., Marcet-Rius, M., Ogi, A., Hernández-Ávalos, I., Mariti, C., Martínez-Burnes, J., Mora-Medina, P., Casas, A., Domínguez, A., Reyes, B., & Gazzano, A. (2021). Current advances in assessment of dog's emotions, facial expressions, and their use for clinical recognition of pain. *Animals*, 11(11), 3334.
- Mota-Rojas, D., Napolitano, F., Braghieri, A., Guerrero-Legarreta, I., Bertoni, A., Martínez-Burnes, J., Cruz-Monterrosa, R., Gómez, J., Ramírez-Bribiesca, E., Barrios-García, H., José, N., Álvarez, A., Mora-Medina, P., & Orihuela, A. (2020a). Thermal biology in river buffalo in the humid tropics: Neurophysiological and behavioral responses assessed by infrared thermography. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(1), 0-0.
- Mota-Rojas, D., Orihuela, A., Martínez-Burnes, J., Gómez, J., Mora-Medina, P., Alavez, B., Ramírez, L., & González-Lozano, M. (2020b). Neurological modulation of facial expressions in pigs and implications for production. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 8(4), 232-243.
- Mota-Rojas, D., Roldan-Santiago, P., Pérez-Pedraza, E., Martínez-Rodríguez, R., Hernández-Trujillo, E., & Trujillo-Ortega, M.E. (2014). Stress factors in weaned piglet. *Vet. Mex.* 45, 37–51.

- Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Casas-Alvarado, A., Gómez-Prado, J., Hernández-Ávalos, I., Domínguez-Oliva, A., Lezama-García, K., Jacome-Romero, J., Rodríguez-González, D., & Pereira, A. M. (2022a). Clinical usefulness of infrared thermography to detect sick animals: Frequent and current cases. *CABI Reviews*, (2022a).
- Mota-Rojas, D., Wang, D., Titto, C. G., Martínez-Burnes, J., Villanueva-García, D., Lezama, K., Domínguez, A., Hernández-Avalos, I., Mora-Medina, P., Verduzco, A., Olmos-Hernández, A., Casas, A., Rodríguez, D., José, N., Rios, J., & Pelagalli, A. (2022b). Neonatal infrared thermography images in the hypothermic ruminant model: Anatomical-morphological-physiological aspects and mechanisms for thermoregulation. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 963205.
- Lezama-García, K., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Villanueva-García, D., Domínguez-Oliva, A., Gómez-Prado, J., Mora-Medina, P., Casas-Alvarado, A., Olmos-Hernández, A., & Muns, R. (2022c). Strategies for hypothermia compensation in altricial and precocial newborn mammals and their monitoring by infrared thermography. *Veterinary Sciences*, 9(5), 246.
- Nannoni, E., Sardi, L., Vitali, M., Trevisi, E., Ferrari, A., Barone, F., & Martelli, G. (2016). Effects of different enrichment devices on some welfare indicators of post-weaned undocked piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, 184, 25-34.
- Newberry, R. C. (1995). Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science*, 44(2-4), 229-243.
- Niekamp, S. R., Sutherland, M. A., Dahl, G. E., & Salak-Johnson, J. L. (2007). Immune responses of piglets to weaning stress: Impacts of photoperiod. *J. Anim. Sci.* 85:93–100.

- Nowicki, J., Swierkosz, S., Tuz, R., & Schwarz, T. (2015). The influence of aromatized environmental enrichment objects with changeable aromas on the behaviour of weaned piglets. *Veterinarski Arhiv*, 85(4), 425-435.
- O'Connell, N. E., Beattie, V. E., & Weatherup, R. N. (2002). Influence of feeder type on the performance and behaviour of weaned pigs. *Livestock Production Science*, 74(1), 13-17.
- Ocepek, M., Newberry, R. C., & Andersen, I. L. (2020). Which types of rooting material give weaner pigs most pleasure?. *Applied Animal Behaviour Science*, 231, 105070.
- Ogawa, S., Tsukahara, T., Imaoka, T., Nakanishi, N., Ushida, K., & Inoue, R. (2016). The effect of colostrum ingestion during the first 24 hours of life on early postnatal development of piglet immune systems. *Animal Science Journal*, 87(12), 1511-1515.
- Oostindjer, M., Kemp, B., van den Brand, H., & Bolhuis, J. E. (2014). Facilitating 'learning from mom how to eat like a pig'to improve welfare of piglets around weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 160, 19-30.
- Oostindjer, M., van den Brand, H., Kemp, B., & Bolhuis, J. E. (2011). Effects of environmental enrichment and loose housing of lactating sows on piglet behaviour before and after weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 134(1-2), 31-41.
- Orgeur, P., Hay, M., Morme`de, P., Salmon, H., Le Dividich, J., Nowak, R., Schaal, B., Le´vy, F. (2001). Behavioural, growth and immune consequences of early weaning in one-week-old Large-White piglets. *Reprod. Nutr. Dev.* 41, 321–332.
- Parratt, C.A., Chapman, K.J., Turner, C., Jones, P.H., Mendl, M.T. y Miller, B.G. (2006). The fighting behaviour of piglets mixed before and after weaning in the presence or absence of a sow. *Applied Animal Behaviour Science*, 101 (1-2): 54-67.

- Peden, R.S., Turner, S.P., Boyle, L.A., Camerlink, I. (2018). The translation of animal welfare research into practice: the case of mixing aggression between pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 204, 1–9.
- Pérez-Pedraza, E., Mota-Rojas, D., González-Lozano, M., Guerrero-Legarreta, I., Martínez- Burnes, J., Mora-Medina, P., Cruz-Monterrosa, R., & Ramírez-Necoechea, R. (2018). Infrared thermography and metabolic changes in castrated piglets due to the effects of age and the number of incisions in the testicles. *Am. J. Anim. Vet. Sci.* 13 (3), 104–114.
- Pichova, K., Bilcik, B., Kost'al, L. (2017). Assessment of the effect of housing on feather damage in laying hens using IR thermography. *Animal*, 11 (4), 661–669.
- Pitts, A. D., Weary, D. M., Pajor, E. A., & Fraser, D. (2000). Mixing at young ages reduces fighting in unacquainted domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 68(3), 191-197.
- Pluske, J.R. (2013) Feed- and feed additives-related aspects of gut health and development in weanling pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 4, 1.
- Pluske, J.R., Durmic, Z., Payne, H.G., Mansfield, J., Mullan, B.P., Hampson, D.J., & Vercoe, P.E. (2007). Microbial diversity in the large intestine of pigs born and reared in different environments. *Livestock Science*, 108 (1-3): 113-116.
- Pollock, J., Glendinning, L., Smith, L. A., Mohsin, H., Gally, D. L., Hutchings, M. R., & Houdijk, J. G. (2021). Temporal and nutritional effects on the weaner pig ileal microbiota. *Animal Microbiome*, 3(1), 1-17.
- Quimby, J. M., Smith, M. L., & Lunn, K. F. (2011). Evaluation of the effects of hospital visit stress on physiologic parameters in the cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13(10), 733-737.
- Reijgwart, M. L., Schoemaker, N. J., Pascuzzo, R., Leach, M. C., Stodel, M., de Nies, L., & van Zeeland, Y. R. (2017). The composition and initial evaluation of a grimace scale in ferrets after surgical implantation of a telemetry probe. *PloS one*, 12(11), e0187986.

- Reyes-Sotelo, B., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Olmos-Hernández, A., Hernández-Ávalos, I., Casas-Alvarado, A., Gómez, J Mora-Medina, P. (2020). Thermal homeostasis in the newborn puppy: Behavioral and physiological responses. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(3), 0-0.
- Rhouma, M., Fairbrother, J. M., Beaudry, F., & Letellier, A. (2017). Post weaning diarrhea in pigs: risk factors and non-colistin-based control strategies. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1), 1-19.
- Riemer, S., Heritier, C., Windschnurer, I., Pratsch, L., Arhant, C., & Affenzeller, N. (2021). A review on mitigating fear and aggression in dogs and cats in a veterinary setting. *Animals*, 11(1), 158.
- Robert, S., Weary, D. M., & Gonyou, H. (1999). Segregated early weaning and welfare of piglets. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 2(1), 31-40.
- Roldan-Santiago, P., Martinez-Rodriguez, R., Yanez-Pizana, A., Trujillo-Ortega, M. E., Sanchez-Hernandez, M., Perez-Pedraza, E., & Mota-Rojas, D. (2013). Stressor factors in the transport of weaned piglets: a review. *Veterinární medicína*, 58(5).
- Rosvold, E. M., Newberry, R. C., Framstad, T., & Andersen, I. L. (2018). Nest-building behaviour and activity budgets of sows provided with different materials. *Applied Animal Behaviour Science*, 200, 36-44.
- Rudine, A. C., Sutherland, M. A., Hulbert, L., Morrow, J. L., & McGlone, J. J. (2007). Diverse production system and social status effects on pig immunity and behavior. *Livest. Sci.* 111, 86–95.
- Saladrigas-García, M., D'Angelo, M., Ko, H. L., Traserra, S., Nolis, P., Ramayo-Caldas, Y., & Martín-Orúe, S. M. (2021). Early socialization and environmental enrichment of lactating piglets affects the caecal microbiota and metabolomic response after weaning. *Scientific Reports*, 11(1), 1-13.
- Salazar, L. C., Ko, H. L., Yang, C. H., Llonch, L., Manteca, X., Camerlink, I., & Llonch, P. (2018). Early socialisation as a strategy to increase piglets'



- social skills in intensive farming conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 206, 25-31.
- Sandem, A. I., Janczak, A. M., Salte, R., & Braastad, B. O. (2006). The use of diazepam as a pharmacological validation of eye white as an indicator of emotional state in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 96(3-4), 177-183.
- Schack-Nielsen, L., & Michaelsen, K. F. (2007). Advances in our understanding of the biology of human milk and its effects on the offspring. *J. Nutr.* 137, 503S–510S. doi:10.1093/jn/137.2.503S
- Seixas, A., & Ammer, K. (2019). Utility of infrared thermography when monitoring autonomic activity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 119, 1455–1457.
- Sève, B. (2000). Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic Animal Endocrinology*, 19(2), 63-74.
- Shen, C., Tong, X., Chen, R., Gao, S., Liu, X., Schinckel, A. P., & Zhou, B. (2020). Identifying blood-based biomarkers associated with aggression in weaned pigs after mixing. *Applied Animal Behaviour Science*, 224, 104927.
- Smith, S. M. & Vale, W. W. (2006). The role of the hypothalamic-pituitary-axis in the neuroendocrine responses to stress. *Dialogues Clin. Neurosci.* 8, 383–395
- Soerensen, D.D., Clausen, S., Mercer, J.B., Pedersen, L.J., (2014). Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. *Computers and Electronics in Agriculture*, 109, 52–58.
- Soraci, A. L., Amanto, F., Tapia, M. O., de la Torre, E., & Toutain, P. L. (2014). Exposure variability of fosfomycin administered to pigs in food or water: Impact of social rank. *Research in Veterinary Science*, 96(1), 153-159.
- Sotocinal, S. G., Sorge, R. E., Zaloum, A., Tuttle, A. H., Martin, L. J., Wieskopf, J. S., ... & Mogil, J. S. (2011). The Rat Grimace Scale: a partially automated

- method for quantifying pain in the laboratory rat via facial expressions. *Molecular Pain*, 7, 1744-8069.
- Spreeuwenberg, M. A. M., Verdonk, J. M. A. J., Gaskins, H. R., & Verstegen, M. W. A. (2001). Small intestine epithelial barrier function is compromised in pigs with low feed intake at weaning. *The Journal of nutrition*, 131(5), 1520-1527.
- Stephens, M. A. C. & Wand, G. (2012). Stress and the HPA axis: Role of glucocorticoids in alcohol dependence. *Alcohol Research: Current Reviews*, 34, 468–483
- Stewart, M., Stafford, K.J., Dowling, S.K., Schaefer, A.L., Webster, J.R. (2008). Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology & Behavior*, 93 (4–5), 789–797.
- Stewart, M., Stookey, J. M., Stafford, K. J., Tucker, C. B., Rogers, A. R., Dowling, S. K., & Webster, J. R. (2009). Effects of local anesthetic and a nonsteroidal antiinflammatory drug on pain responses of dairy calves to hot-iron dehorning. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1512-1519.
- Stewart, M., Verkerk, G. A., Stafford, K. J., Schaefer, A. L., & Webster, J. R. (2010). Noninvasive assessment of autonomic activity for evaluation of pain in calves, using surgical castration as a model. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3602-3609.
- Stewart, M., Webster, J., Verkerk, G., Schaefer, A., Colyn, J., & Stafford, K. (2007). Noninvasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiology & Behavior*, 92 (3), 520–525.
- Stokes, C. R. (2017). The development and role of microbial-host interactions in gut mucosal immune development. *Journal of animal science and biotechnology*, 8(1), 1-10.
- Studnitz, M., Jensen, M. B., & Pedersen, L. J. (2007). Why do pigs root and in what will they root?: A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to

- environmental enrichment. *Applied animal behaviour science*, 107(3-4), 183-197.
- Surek, D., Santos, S. A. D., Rocha, C. D., França, M. I. D., Alberton, G. C., & Maiorka, A. (2017). Pelleting of diet for weaning pigs of different initial weights. *Ciência Rural*, 47.
- Sutherland, M. A., S. R. Niekamp, S. L. Rodriguez-Zas, & J. L. Salak-Johnson. (2006). Impacts of chronic stress and social status on various physiological and performance measures in pigs of different breeds. *Journal of Animal Science*, 84, 588–596.
- Sutherland, M. A., Worth, G. M., Dowling, S. K., Lowe, G. L., Cave, V. M., & Stewart, M. (2020). Evaluation of infrared thermography as a non-invasive method of measuring the autonomic nervous response in sheep. *PLoS One*, 15(5), e0233558.
- Tan, J.H., Ng, E.Y.K., Acharya, U.R., & Chee, C. (2009). Infrared thermography on ocular surface temperature: A review. *Infrared Physics & Technology*, 52 (4), 97–108.
- Telkanranta, H., & Edwards, S.A. (2018). Lifetime consequences of the early physical and social environment of piglets. *Advances in Pig Welfare*, 1, 101–136.
- Torrey, S., & Widowski, T.M. (2006). Is belly nosing redirected suckling behaviour? *Applied Animal Behavior Science*, 101, 288–304.
- Travain, T., Colombo, E. S., Grandi, L. C., Heinzl, E., Pelosi, A., Previde, E. P., & Valsecchi, P. (2016). How good is this food? A study on dogs' emotional responses to a potentially pleasant event using infrared thermography. *Physiology & Behavior*, 159, 80-87.
- Travain, T., Colombo, E. S., Heinzl, E., Bellucci, D., Previde, E. P., & Valsecchi, P. (2015). Hot dogs: Thermography in the assessment of stress in dogs

- (*Canis familiaris*)—A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior*, 10(1), 17-23.
- Tuchscherer, M., Kanitz, E., Puppe, B., Tuchscherer, A., & Viergutz, T. (2009). Changes in endocrine and immune responses of neonatal pigs exposed to a psychosocial stressor. *Research Veterinary Science* 87, 380–388.
- Turner, S. P., Farnworth, M. J., White, I. M. S., Brotherstone, S., Mendl, M., Knap, P., Lawrence, A. B. (2006). The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 96(3–4), 245–259.
- Turner, S.P., Roehe D., R., 'Eath, R.B., Ison, S.H., Farish, M., Jack, M.C., Lundeheim, N., Rydhmer, L., & Lawrence, A.B. (2009). Genetic validation of postmixing skin injuries in pigs as an indicator of aggressiveness and the relationship with injuries under more stable social conditions. *Journal of Animal Science*, 87 (10), 3076–3082.
- Turner, S.P., Roehe, R., Mekki, W., Farnworth, M.J., Knap, P.W., & Lawrence, A.B. (2008). Bayesian analysis of genetic associations of skin lesions and behavioural traits to identify genetic components of individual aggressiveness in pigs. *Behavior and Genetics*, 38 (1), 67–75.
- Tuytens, F. A. M. (2005). The importance of straw for pig and cattle welfare: a review. *Applied animal behaviour science*, 92(3), 261-282.
- Upadhaya, S. D., & Kim, I. H. (2021). The impact of weaning stress on gut health and the mechanistic aspects of several feed additives contributing to improved gut health function in weanling piglets—A review. *Animals*, 11(8), 2418.
- Valenzuela, C., Torres, C., Muñoz, V., Simbaina, J. C., Sánchez, A., Bustamante, T., Sepúlveda, J. M., Piron, R., Del Campo, M., & Lagos, N. (2019). Evaluation of Neosaxitoxin as a local anesthetic during piglet castration: A potential alternative for Lidocaine. *Toxicon*, 164, 26-30.

- van der Staay, F. J., van Zutphen, J. A., de Ridder, M. M., & Nordquist, R. E. (2017). Effects of environmental enrichment on decision-making behavior in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 194, 14-23.
- Van de Weerd, H. A., & Day, J. E. (2009). A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(1), 1-20.
- Van de Weerd, H. A., Docking, C. M., Day, J. E., Avery, P. J., & Edwards, S. A. (2003). A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 84(2), 101-118.
- Verdon, M., Hansen, C. F., Rault, J. L., Jongman, E., Hansen, L. U., Plush, K., & Hemsworth, P. H. (2015). Effects of group housing on sow welfare: A review. *Journal of animal science*, 93(5), 1999-2017.
- Verdon, M., Morrison, R. S., & Hemsworth, P. H. (2016). Rearing piglets in multi-litter group lactation systems: effects on piglet aggression and injuries post-weaning. *Applied Animal Behavior Science*, 183, 35-41.
- Verduzco-Mendoza, A., Bueno-Nava, A., Wang, D., Martínez-Burnes, J., Olmos-Hernández, A., Casas, A., Domínguez, A., & Mota-Rojas, D. (2021). Experimental applications and factors involved in validating thermal windows using infrared thermography to assess the health and thermostability of laboratory animals. *Animals*, 11(12), 3448.
- Veterinaria Nomina Anatomica (2017). International committee on veterinary gross anatomical nomenclature (ICVGAN). Published by the Editorial Committee, Hannover.
- Viscardi, A. V., & Turner, P. V. (2018). Efficacy of buprenorphine for management of surgical castration pain in piglets. *BMC veterinary research*, 14(1), 1-12.
- Viscardi, A. V., Hunniford, M., Lawlis, P., Leach, M., & Turner, P. V. (2017). Development of a piglet grimace scale to evaluate piglet pain using facial expressions following castration and tail docking: a pilot study. *Frontiers in Veterinary Science*, 4, 51.

- Viswanathan, K., Daugherty, C., & Dhabhar, F. S. (2005). Stress as an endogenous adjuvant: Augmentation of the immunization phase of cell-mediated immunity. *International Immunology* 17, 1059–1069.
- Vullo, C., Barbieri, S., Catone, G., Graić, J. M., Magaletti, M., Di Rosa, A., & Dalla Costa, E. (2020). Is the piglet grimace scale (pgs) a useful welfare indicator to assess pain after cryptorchidectomy in growing pigs?. *Animals*, 10(3), 412.
- Wamnes, S., Lewis, N. J., & Berry, R. J. (2008). The behaviour of early-weaned piglets following transport: Effect of season and weaning weight. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(3), 357-367.
- Wang, F.-K., Shih, J.-Y., Juan, P.-H., Su, Y.-C., & Wang, Y.-C. (2021). Non-invasive cattle body temperature measurement using infrared thermography and auxiliary sensor. *Sensors*, 21, 2425.
- Warriss, P. D., Pope, S. J., Brown, S. N., Wilkins, L. J., Knowles, T. G. (2006) Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging. *Veterinary Records*, 158, 331–334
- Wattanukul, W., Stewart, A.H., Edwards, S.A., & English, P.R. (1997). Effects of grouping piglets and changing sow location on suckling behaviour and performance. *Applied Animal Behavior Science*, 55, 21–35.
- Weary, D.M., Jasper, J., & Hotzel, M.J. (2008). Understanding weaning distress. *Applied Animal Behaviour Science* 110 (1-2), 24-41.
- Wijtten, P. J., van der Meulen, J., & Verstegen, M. W. (2011). Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: a review. *British Journal of Nutrition*, 105(7), 967-981.
- Winfield, J. A., Macnamara, G. F., Macnamara, B. L., Hall, E. J., Ralph, C. R., O’Shea, C. J., & Cronin, G. M. (2017). Environmental enrichment for sucker and weaner pigs: the effect of enrichment block shape on the behavioural interaction by pigs with the blocks. *Animals*, 7(12), 91.

- Wurtz, K.E., Siegford, J.M., Bates, R.O., Ernst, C.W., & Steibel, J.P. (2017). Estimation of genetic parameters for lesion scores and growth traits in group-housed pigs. *Journal of Animal Science*, 95 (10), 4310–4317.
- Xiong, X., Tan, B., Song, M., Ji, P., Kim, K., Yin, Y., & Liu, Y. (2019). Nutritional intervention for the intestinal development and health of weaned pigs. *Frontiers in veterinary science*, 6, 46.
- Yang, C. H., Ko, H. L., Salazar, L. C., Llonch, L., Manteca, X., Camerlink, I., & Llonch, P. (2018). Pre-weaning environmental enrichment increases piglets' object play behaviour on a large scale commercial pig farm. *Applied Animal Behaviour Science*, 202, 7-12.
- Yáñez-Pizaña, A., Mota-Rojas, D., Ramírez-Necochea, R., Castillo-Rivera, M., Roldán-Santiago, P., Mora-Medina, P., & González-Lozano, M. (2019). Application of infrared thermography to assess the effect of different types of environmental enrichment on the ocular, auricular pavilion and nose area temperatures of weaned piglets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 33-42.
- Yuan, Y., Jansen, J., Charles, D., & Zanella, A. J. (2004). The influence of weaning age on post-mixing agonistic interactions in growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 88(1-2), 39-46.
- Zaninelli, M., Redaelli, V., Luzi, F., Bontempo, V., Dell'Orto, V., Savoini, G. (2017). A monitoring system for laying hens that uses a detection sensor based on infrared technology and image pattern recognition. *Sensors* 17, 1195.
- Zoric, M., Sjölund, M., Persson, M., Nilsson, E., Lundeheim, N., & Wallgren, P. (2004). Lameness in piglets. Abrasions in nursing piglets and transfer of protection towards infections with Streptococci from sow to offspring. *Journal of Veterinary Medicine Series B*, 51(6), 278–284.