



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**BIENESTAR ANIMAL EN LECHONES: VALORACIÓN DEL ESTRÉS
POR EFECTO DEL RETIRO DE LA CAMADA O DE LA MADRE**

T E S I S

Que para optar por el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A:

ARIADNA SAGRARIO YÁÑEZ PIZAÑA

Tutor:

DRA. MARÍA ELENA TRUJILLO ORTEGA
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM

Comité Tutorial:

DR. DANIEL MOTA ROJAS
Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal
DR. RAFAEL HERNÁNDEZ GONZÁLEZ
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y amor para las personas que hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mis metas, gracias por motivarme y darme la mano cuando los necesito. A ustedes eternamente mi corazón y agradecimiento.

*Para mi papá y mi mamá,
porque a donde ustedes van, yo voy.
Los amo.*

Ari

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Daniel Mota Rojas por impulsarme siempre, gracias por todo el apoyo, sinceramente ha sido un aporte invaluable durante toda mi formación profesional.

A la Dra. María Elena Trujillo Ortega y al Dr. Rafael Hernández González por brindarme siempre su apoyo para la realización de esta tesis.

Al Dr. Fernando Borderas Tordesillas por toda la paciencia y el valioso tiempo.

A todos mis amigos que me ayudaron en la fase experimental del proyecto, Paty, Miri, Moni, Martín y Efra.

A mis hermanos, Lalo y Ángel los cuales han sido dos pilares importantes en mi vida, gracias por todo el apoyo incondicional que siempre me dan, los amo.

A Orlando, mi bonito que ha compartido conmigo toda esta etapa, gracias por apoyarme, te amo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada durante la realización del posgrado. Beca no. 447642.

Al PAPITT IN232211 por el financiamiento del proyecto.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nació en la Cd. de Tula de Allende, Hidalgo el 22 de Junio de 1987. Es Médico Veterinario Zootecnista egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco en Mayo del 2011.

Es estudiante del programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Ha formado parte de comités de organización de diferentes eventos impartidos por la UAM-Xochimilco, además de su participación como ponente en eventos organizados por diferentes instituciones UAM-X, FMVZ-UNAM, FESC-UNAM, CEIEPP-UNAM.

Es autor de 1 artículo científico que evaluó el efecto que produce el transporte sobre el metabolismo de caballos, publicado en la revista científica de Zulia, Venezuela en el 2012.

Es coautor de 1 artículo científico relacionado a los factores de estrés en lechones destetados y transportados, publicado en la revista *Veterinarni Medicina* en 2013.

Ha participado como coautor en 1 capítulo del libro de “La cerda reproductora”.

Ha colaborado en diferentes proyectos de investigación en el laboratorio de Fisiopatología del Estrés y Bienestar Animal, del Departamento de Producción Agrícola y Animal en la Universidad Autónoma Metropolitana–Xochimilco, relacionados con la fisiología del estrés, bienestar animal y calidad de la carne en diferentes especies.

RESUMEN

El destete se cataloga como un evento estresante, en el cual el lechón se enfrenta a una gran variedad de factores causantes de desajustes fisiometabólicos que alteran y comprometen su desempeño (Lewis y Berry, 2006; Roldan-Santiago *et al.*, 2011a y 2013). El objetivo del presente estudio fue valorar el perfil fisiometabólico sanguíneo de lechones a diferentes edades, por efecto del retiro de la camada o de la madre, esto con la intención de buscar alternativas que reduzcan el estrés del lechón al destete. Se utilizaron un total de 270 lechones híbridos (madres York-Landrace, padres Pietrain). Los animales fueron distribuidos en 3 grupos, mismos que correspondieron a un intervalo de edad: Grupo uno (G_1 : 6 a 8 días de edad), Grupo dos (G_2 : 14 a 16 días de edad) y Grupo tres: (G_3 : 21 a 23 días de edad). Una vez definidos los grupos, éstos fueron divididos en 2 subgrupos con el objetivo de aplicar a cada uno los tratamientos correspondientes. Para el caso del tratamiento Retiro de la camada, el cual consistió en retirar a la camada de la jaula de maternidad, dicha camada fue alojada durante 30 min en una corraleta portátil colocada de forma contigua (1 m de distancia) a la jaula donde permanecía la madre. Para el caso del tratamiento Retiro de la madre consistió en retirar a la madre de la jaula paridero, en la que se encontraba junto con los lechones, la cerda se colocó en una jaula paridero contigua, a 1 m de distancia, dentro de la misma sala de maternidad, éste estímulo se mantuvo por 30 min. Al aplicar el tratamiento Retiro de la camada provocó mayores niveles ($p < 0.05$) en la pCO_2 , glucosa y lactato, acompañado del descenso importante en los niveles de la pO_2 , comparado con los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la madre. Además, se pudieron observar incrementos ($p < 0.05$) en los niveles de Ca^{++} y hematocrito únicamente en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada del G_1 . Por otro lado, el tratamiento Retiro de la madre provocó un mayor descenso ($p < 0.05$) del hematocrito en lechones pertenecientes al G_2 y G_3 . Finalmente, los resultados de la presente investigación indican que ambos tratamientos provocan diversos desajustes en el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base, metabolismo energético y equilibrio hidroelectrolítico, sin embargo, estos desajustes son mayores en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre.

Palabras clave: lechón, destete, hematocrito, separación madre-cría

ABSTRACT

Weaning is classified as a stressful event, in which the pig is facing a variety of factors causing physio metabolic mismatches that alter and compromise their performance (Lewis and Berry, 2006; Roldan-Santiago et al, 2011a and 2013). The objective of the present study was to evaluate the physiological responses to stress in piglets of different ages caused by withdrawal of the litter or the dam. The intention was to identify alternatives that reduce weaning-induced stress in piglets. A total of 270 hybrid piglets (York-Landrace dams x Pietrain sires) were used. The animals were divided into 3 groups, same which corresponded to an age range: Group one (G_1 : 6-8 days old), Group two (G_2 : 14 to 16 days of age) and Group three (G_3 : 21 to 23 days old). Once the groups are defined, they were divided into 2 subgroups in order to apply to each corresponding treatments. In the case of Withdrawal of the litter from the farrowing cage to be housed temporarily in a small holding pen placed contiguous (1 m) to the cage where the dam remained. In the case of Withdrawal of the dam from the farrowing cage where she had remained with the piglets, the dam was placed in a cage adjacent to 1 m away, within the same maternity ward, the stimulus was maintained for 30 min. The treatment Withdrawal of the litter caused higher levels ($p < 0.05$) in pCO_2 , glucose and lactate, accompanied by significant decrease in pO_2 levels compared with piglets receiving Withdrawal of the dam. In addition, increases were observed ($p < 0.05$) in the levels of Ca^{++} and hematocrit only in piglets receiving treatment Withdrawal of the litter of the G_1 . On the other hand, the treatment of Withdrawal of the dam caused a greater decrease ($p < 0.05$) hematocrit in piglets belonging to G_2 and G_3 . The results of this research indicate that both treatments cause diverse imbalances in gas exchanges, acid-base balance, energy metabolism, and hydric equilibrium, but that the imbalances were greater in the piglets that received the treatment withdrawal of the litter than those who had their dams withdrawn.

Keywords: *piglet, weaned, hematocrit, separation of mothers from young*

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
DATOS BIOGRÁFICOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
CONTENIDO.....	VII
LISTA DE CUADROS	IX
LISTA DE FIGURAS Y DIAPORAMAS.....	X
ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS.....	XII
1. INTRODUCCIÓN	13
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	16
2.1 Vinculación madre- cría en cerdos.....	16
2.2.1 Destete convencional o tradicional	19
2.2.2 Destete anticipado o funcional.....	20
2.2.3 Destete precoz o temprano	20
2.2.4 Destete precoz segregado- SEW (Segregated Early Weaning).....	21
2.3 Destete precoz o temprano y su efecto sobre el bienestar de los lechones.....	23
2.3.1 Mezcla de distintas camadas y formación de grupos	26
2.4 Mecanismos fisiológicos en respuesta al estrés en mamíferos domésticos.....	28
2.5 Importancia de la gasometría en perinatología.....	36
3. OBJETIVO GENERAL	38
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
4. HIPÓTESIS	38
5. MATERIAL Y MÉTODOS	39
5.1 Localización	39
5.2 Numero de lechones y tratamientos.....	39
5.3 Muestreo sanguíneo.....	40
5.4 Análisis Estadístico	44
6. RESULTADOS	46

6.1 Intercambio gaseoso ($p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$)	46
Grupo 1.....	46
6.1.2 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 6 a 8 días de edad	46
Grupo 2.....	47
6.1.3 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 14 a 16 días de edad	47
Grupo 3.....	48
6.1.4 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 21 a 23 días de edad	48
6.2 Metabolismo energético (Glucosa, lactato y pH)	49
Grupo 1.....	49
6.2.1 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 6 a 8 días de edad	49
Grupo 2.....	52
6.2.2 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 14 a 16 días de edad	52
Grupo 3.....	54
6.2.3 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 21 a 23 días de edad	54
6.3 Equilibrio hidroelectrolítico (Hematocrito, Na^+, K y Ca^{++})	55
6.3.1 Efecto del tratamiento retiro de la camada vs retiro de la madre sobre el porcentaje de hematocrito del G_1 (6 a 8 días de edad), G_2 (14 a 16 días de edad) y G_3 (lechones de 21-23 días de edad).	55
7. DISCUSIÓN	60
7.1 Intercambio gaseoso	60
7.2 Metabolismo energético	62
7.3 Equilibrio hidroelectrolítico	65
8. CONCLUSIONES	69
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1.</i> Alteraciones ácido-básicas (adaptado de Häubi, 2010).	33
<i>Cuadro 2.</i> Grupos y tratamientos aplicados.	40
<i>Cuadro 3.</i> Media y error estándar del metabolismo hídrico-mineral en lechones de 6 a 8 días de edad, basal, retiro de la camada y retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría.	57
<i>Cuadro 4.</i> Media y error estándar del metabolismo hídrico-mineral en lechones de 14 a 16 días de edad, basal, retiro de la camada y retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría.	58
<i>Cuadro 5.</i> Media y error estándar sobre el metabolismo hídrico-mineral en lechones de 21 a 23 días de edad, con tratamiento basal, retiro de la camada y retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría.	59

LISTA DE FIGURAS Y DIAPORAMAS

<i>Figura 1.</i> Diaporama de la respuesta general del estrés.	32
<i>Figura 2.</i> Efecto del tratamiento retiro de la camada VS retiro de la madre en la concentración de pCO ₂ y pO ₂ durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 6 a 8 días de edad.	47
<i>Figura 3.</i> Efecto del tratamiento retiro de la camada VS retiro de la madre en la concentración de pCO ₂ y pO ₂ durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 14 a 16 días de edad.	48
<i>Figura 4.</i> Efecto del tratamiento retiro de la camada VS retiro de la madre en la concentración de pCO ₂ y pO ₂ durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 21 a 23 días de edad.	49
<i>Figura 5.</i> Valoración de la glucosa y lactato en los tratamientos retiro de la camada VS retiro de la madre a los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 6 a 8 días de edad.	50
<i>Figura 6.</i> Valoración del pH en el tratamiento retiro de la camada VS retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 6 a 8 días de edad.	51
<i>Figura 7.</i> Valoración de la glucosa y lactato en los tratamientos retiro de la camada VS retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 14 a 16 días de edad.	52
<i>Figura 8.</i> Valoración del pH en el tratamiento retiro de la camada VS retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 14 a 16 días de edad.	53
<i>Figura 9.</i> Valoración de la glucosa y lactato en los tratamientos retiro de la camada VS retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 21 a 23 días de edad.	54

Figura 10. Valoración del pH en el tratamiento retiro de la camada VS retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 21 a 23 días de edad. **55**

Figura 11. Valoración del hematocrito en el tratamiento retiro de la camada VS retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones del grupo 1 (6 a 8 días de edad), grupo 2 (14 a 16 días de edad) y grupo 3 (lechones de 21-23 días de edad). **56**

Diaporama 1. Material y Métodos. **42**

Diaporama 2. Material y Métodos. **43**

ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

- **ACTH:** Hormona Adrenocorticotropa o Corticotropina
- **BA:** Bienestar Animal
- **Ca⁺⁺:** Calcio
- **CCK:** Colecistoquinina
- **cm:** Centímetro
- **EPO:** Eritropoyetina
- **h:** Hora
- **HCO₃⁻:** Bicarbonato
- **HPA:** Eje Hipotálamo-Pituitaria-Adrenal
- **CO₂:** Dióxido de Carbono
- **kg:** Kilogramo
- **K⁺:** Potasio
- **mg/dL:** Miligramos sobre Decilitro
- **min:** Minutos
- **mmHg:** Milímetros de Mercurio
- **mmol/L:** Milimoles sobre Litro
- **Na⁺:** Sodio
- **NK:** Células Natural Killer
- **LUC-NE:** Locus Coeruleus
- **pCO₂:** Presión de Dióxido de Carbono
- **pH:** Potencial de Hidrogeniones
- **pKa:** es la fuerza que tienen las moléculas de disociarse (es el logaritmo negativo de la constante de disociación ácida de un ácido débil).
- **PTH:** Hormona paratiroidea
- **pO₂:** Presión de Oxígeno
- **s:** Segundos
- **SNS:** Sistema Nervioso Simpático
- **VS:** Versus

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia del bienestar animal se ha desarrollado rápidamente en los últimos 10 años y ha sido importante para separar lo científico o netamente biológico, de los juicios morales (Martínez-Rodríguez *et al.*, 2011; Mota-Rojas *et al.*, 2012). Así, hablar de bienestar en la producción porcina conduce a analizar todas las etapas productivas bajo las cuales los cerdos son sometidos (Martínez-Rodríguez *et al.*, 2011; Mota-Rojas *et al.* 2012 a, b). Actualmente en la producción porcina, el destete es un hecho aislado que tiene lugar en un día específico y usualmente se lleva a cabo separando abruptamente a los lechones de su madre alrededor de la tercera o cuarta semana de edad, práctica conocida como “destete precoz” (Parratt, *et al.*, 2006; Pluske *et al.*, 2007).

En condiciones naturales, durante la primera semana posparto la cerda se aleja con su camada para alimentarlos aproximadamente 30 veces al día; posteriormente, alrededor de los 10 días de nacidos, los lechones junto con la cerda entran en contacto con otras cerdas y sus crías en un grupo social, por lo que la frecuencia con la que la cerda alimenta a su lechones disminuye. Conforme la producción de leche de la madre va declinando, el lechón se va adaptando a otro tipo de alimentos (raíces y follajes) para llenar sus requerimientos nutricionales, y finalmente entre los 4 a 5 meses de edad la lactancia ha terminado (Weary *et al.*, 2008), debido a ello, el destete comercial se cataloga como un evento estresante, en el cual el lechón se enfrenta a una gran variedad de factores causantes de desajustes fisiometabólicos que alteran y comprometen su desempeño en los siguientes días a la separación de su madre, debido al cambio de alimento, el transporte, el ambiente de las nuevas instalaciones y el agrupamiento con lechones extraños (Lewis y Berry, 2006; Roldan-Santiago *et al.*, 2011a y 2013). Notablemente este destete brusco que experimentan los lechones en sistemas intensivos contrasta con el desarrollo natural de este proceso. Probablemente, esta es una de las causas que explican la tasa de mortalidad importante que se observa durante esta fase que va del 15 al 20 % y el empeoramiento de los índices productivos (Chapinal *et al.*, 2006; Gondret *et al.*, 2005; Knol *et al.*, 2002). La finalidad principal de acortar los días de lactancia es aprovechar mayormente a la cerda, ya que al disminuir los días de lactancia, las cerdas tienen un mayor número de partos por año y, por lo tanto, mayor número de lechones, además de que tienen menor desgaste fisiológico (Trujillo-Ortega, 2002). Asimismo, el acortamiento de la lactancia tiene

como objetivo reducir la prevalencia de enfermedades de transmisión vertical entre la cerda y el lechón (Davis *et al.*, 2006). Sin embargo, se sabe que la inmunidad pasiva proporcionada por la madre no es lo suficientemente alta como para prevenir que todos los lechones de una misma camada sean infectados por algún patógeno, por lo que algunas enfermedades son exacerbadas por destetes precoces (Thomas y Roderick, 1997). Por otro lado, destetar lechones a edades más tempranas permite mejorar el estado sanitario del lechón y maximizar el rendimiento reproductivo, lo que resulta en más cerdos destetados por cerda/año.

En años recientes se han realizado estudios acerca de las relaciones entre el comportamiento y respuestas fisiológicas para medir el bienestar animal, así como identificar las causas de estrés en los cerdos mantenidos en confinamiento (Broom, 1988). En este sentido, diversos estudios mencionan que la capacidad de adaptación del lechón a estos estímulos estresantes repercutirá no sólo en su bienestar, sino en sus parámetros productivos durante su desarrollo, provocando disminución en el consumo de alimento, retraso en su crecimiento y, por consecuencia, pérdida en la ganancia diaria de peso (Hyun *et al.*, 1998; Wamnes *et al.*, 2006; Van der Meulen *et al.*, 2010). Otros estudios han reportado las consecuencias sobre el comportamiento y el rendimiento de un destete temprano en cerdos, por lo general, evalúan el comportamiento de alimentación o el consumo durante el período post-destete (Worobec, *et al.*, 1999; Armaset *et al.*, 2004; Colson *et al.*, 2006), otros más, van orientados al estrés que sufre la camada y el efecto que éste pudiera tener en el sistema inmune y desadaptación de los lechones (Niekamp *et al.*, 2007; Roldan-Santiago, *et al.*, 2013 a,b). Recientemente, durante la evaluación del bienestar animal se ha hecho más fácil la aplicación del análisis de la sangre y en particular a través del uso de nuevas tecnologías como el uso de equipo de gasometría arterial (ABG), (Sánchez -Aparicio *et al.*, 2008, 2009; Villanueva- García y Mota -Rojas 2008; Becerril -Herrera, *et al.*, 2009, 2010 y Trujillo -Ortega, *et al.*, 2011). En los últimos años, se han evaluado perfiles hemodinámicos completos sobre el grado de estrés en los animales y el bienestar animal desde el nacimiento (González -Lozano *et al.*, 2009ab ; Orozco- Gregorio *et al.*, 2008, 2010 ; Mota -Rojas *et al.*, 2011 , 2012ab; y Trujillo -Ortega *et al.*, 2011) hasta el matadero (Averos *et al.*, 2007 ; Becerril -Herrera *et al.*, 2009 , 2010; Mota -Rojas *et al.*, 2009 , 2010 , 2012a ; Tadich *et al.*, 2009 y Ondruska *et al.*, 2011) , así como en cerdos criados en un entorno natural o en instalaciones

de laboratorio (Trujillo -Ortega *et al.*, 2007 ; Sanchez –Aparicio *et al.*, 2008 ; Sanchez –Aparicio *et al.*, 2009 ; González –Lozano *et al.*, 2009a , b) .

Los avances de la tecnología en materia de alojamiento, nutrición, salud y manejo son fundamentales para el control de aquellos factores estresantes que inciden en el lechón durante el destete, sin embargo, es necesario ampliar el conocimiento de los efectos biológicos que el estrés provoca durante esta etapa con el fin de mejorar tanto el bienestar como la productividad del lechón. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue valorar el perfil fisiometabólico sanguíneo en lechones de diferentes edades, por efecto del retiro de la camada o retiro de la madre.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Vinculación madre- cría en cerdos

La conducta materna es el proceso que resulta de la combinación de factores neuronales, humorales y sensoriales, cuyo fin lleva al individuo a nutrir y cuidar a su progenie mediante la expresión de diversos patrones conductuales dirigidos a incrementar la viabilidad de la cría (Ramírez *et al.*, 2011). El comportamiento materno de la cerda salvaje, así como de la cerda doméstica mantenida en condiciones de pastoreo, forma parte de una conducta con secuencias bien definidas, que incluyen el aislamiento y búsqueda de un sitio para anidar, construcción del nido, parto, ocupación del nido integración social, defensa de la camada y destete (Stolba Wood-Gush, 1989; Jensen, 1988; Cronin, 1989). Desde el punto de vista zootécnico, la conducta materna es importante pues determina de alguna forma, la mortalidad y crecimiento de los lechones. Cerca del 15 % de los lechones nacidos vivos mueren antes del destete (McKay, 1993; Blackshaw *et al.*, 1994); de éstos, del 70 % al 80 % de las muertes son atribuidas directa o indirectamente a la conducta de la cerda. Según Jensen (1986), en estudios etológicos descriptivos con cerdos domésticos en ambientes naturales, los principales elementos del comportamiento materno, relevantes para la supervivencia del neonato parecen ser: la elección del lugar para parir y comportamientos involucrados en la construcción del nido; el parto, incluyendo la aceptación de la progenie, amamantamiento y la defensa del nido y/o la camada. El comportamiento de construcción del nido preparto, ayuda a desarrollar comportamiento materno en cerdas nulíparas (Cronin y van Amerogen, 1991). Las cerdas que paren en condiciones al aire libre tienen la oportunidad de construir nidos antes del parto; los nidos favorecen la vínculos madre-cría (Stolba y Wood-Gush, 1989; Cronin y van Amerogen, 1991), proporcionan protección física y térmica para la camada (Jensen, 1989) y los nidos elaborados ayudan a que la hembra resople antes de acostarse, disminuyendo el riesgo de aplastamiento (Baxter, 1984). Diversos estudios (p. e. Herskin, *et al.*, 1998) indican que la ejecución de estos comportamientos pueden mejorar el parto y supervivencia de los lechones.

Después del parto se forma un vínculo entre la madre y sus crías. Esta unión ocurre al inicio del ciclo de amamantamiento, cuando la cerda responde específicamente por primera vez a la

estimulación táctil de sus glándulas mamarias (Quiles y Hevia, 2006), expresando de este modo el reconocimiento cerda-camada, y evitando así, la agresividad hacia su progenie. Blackshaw y Hagel (1990) mencionan que la relación entre la cerda y su camada es desarrollada por la madre desde el primer día. A diferencia de las cerdas, los lechones son capaces de distinguir su ambiente hogareño con mucha precisión de 12 (Morrow-Tesch y McGlone, 1990) a 24 h después del nacimiento. Las principales investigaciones mencionan que los lechones tienen desarrollado el sentido del olfato, el cual interviene en el reconocimiento de la madre. La atracción de los lechones hacia un ambiente familiar, a pesar de la ausencia de su madre, ha sido observado, Horrell y Mim Eaton (1984), señalan que los lechones de uno a catorce días de vida preferían las virutas de madera mezcladas con heces de su propia madre, demostrando una clara preferencia de los lechones por un ambiente familiar, en relación con la madre. Por su parte, Fuentes *et al.*, (2012) impregnaron con esencia de acetato de isoamilo las mamas de las cerdas durante la lactancia y, posteriormente, hicieron lo mismo con los comederos y el suelo en los corrales post-destete, comprobando estos autores como la odorización de estos corrales favoreció un destete menos traumático, ya que observaron una menor frecuencia de comportamientos agonísticos. Este hecho pone en evidencia que los lechones muestran preferencia por aquellos ambientes hogareños. Horrell y Hodgson (1992a) señalan que los lechones pueden reconocer el olor de las heces de su madre a las 24 h de edad. Asimismo, se ha observado que a través del sentido del oído, los lechones son capaces de identificar las vocalizaciones de la madre de las 24 a 48 h de vida (Shilito-Walser, 1986; Horell y Hodgson, 1992b). En este contexto, se ha observado que los órganos de los sentidos están involucrados en esta relación, y las principales evidencias apuntan a que es el sentido del olfato puede ser el más importante. Por su otra parte, se ha mencionado que las cerdas pueden distinguir a sus propias crías, por el olor particular de cada lechón (Maletínská *et al.*, 2002). De igual forma, Meese y Baldwin (1975) corroboraron la importancia del olfato en la identificación de los lechones, cuando observaron que cerdas con el bulbo olfatorio extirpado, no mostraban agresión al introducir lechones extraños, mientras que cerdas no operadas en las mismas condiciones, mostraban agresión en algún momento de la experimentación. Otras investigaciones señalan, que la cerda reconoce a sus lechones cuando estos poseen varios días de edad. Horell y Hudgson (1992a), observaron que las cerdas separadas de su camada a través de una malla de alambre, no reconocían a sus lechones en el primer día de edad, pero si los identificaban a los siete día de edad. Por otra parte, el sentido del oído también está implicado en el reconocimiento

de la camada por parte de la cerda. Los estudios de Illmann *et al.*, (2002) ponen de manifiesto como la cerda es capaz de reconocer las vocalizaciones grabadas de su propia camada en detrimento de otras camadas. Además, la cerda también puede reconocer las vocalizaciones emitidas por los lechones en diversas situaciones adversas tales como: aplastamiento, aislamiento o prácticas de manejo que supongan estrés o sufrimiento hacia los lechones provocando de la cerda reacciones de alerta y estrés (Spinka *et al.*, 2000).

Las cerdas primíparas pueden mostrar comportamiento agresivo en contra de su propia camada al momento de parir, observándose tanto heridas o la muerte de los lechones (van der Oteen *et al.*, 1998). Sin embargo, existen otros rasgos conductuales de la cerda como son la “pasividad” o inmovilidad” post-parto como factores clave para mejorar la supervivencia de los lechones. En este sentido, se ha visto que las cerdas primerizas con mayor tendencia a ser agresivas ante sus lechones también mostraban una mayor nerviosismo y reactividad frente a sus lechones durante los primeros días de vida (Ahlström *et al.*, 2002), respuestas que estos autores asociaron con la incapacidad de estas primerizas a adaptarse al ambiente restrictivo del parto. Se considera que la mayoría de los comportamientos que llevan a la muerte de los lechones son falla en el amamantamiento, mediante un cuidado materno pobre y el consecuente aplastamiento de los lechones por la cerda (Fraser, 1990a). Por lo tanto, cabe destacar la importancia de proporcionar un ambiente lo más adecuado posible para que las cerdas puedan expresar la conducta materna.

Se ha visto que desde el momento del parto se establecen lazos madre-cría, éstos se hacen más fuertes a medida que avanza la lactancia. Durante la ocupación del nido, el contacto entre los animales se mantiene por el comportamiento olfativo (Jensen, 1988). Estudios realizados con las cerdas en pastoreo muestran que las hembras aceptan a lechones ajenos cuando éstos se acercan a investigarlas, o dormir junto o encima de ellas, y también mamar (Alonso-Spilsbury *et al.*, 1998), de alguna manera las cerdas están motivadas a proteger a los lechones, desarrollando una defensa de grupo, además de ser capaces de dejar el alimento para defender a un lechón que se encuentre chillando (Dellmeier y Fried, 1991). Debido a que las cerdas son altamente tolerables a los lechones ajenos, resulta relativamente fácil donar lechones a hembras nodrizas, siempre y cuando éstas tengan tetas disponibles y el manejo se realice durante los primeros dos días después del parto,

cuando todavía no se ha realizado el orden de la teta. En condiciones de confinamiento total se ha visto que los lechones adoptados después de una semana de vida causan problemas en el establecimiento de la jerarquía, creando interrupciones en el amamantamiento y reduciendo la ganancia de peso (Horrell y Bennett, 1981); aunado a esto, algunas veces son agredidos por la cerda nodriza (Horrell, 1982).

2.2 Estrategias de destete empleadas en la cría de cerdos

En la actualidad, los Sistemas de Producción Porcina tienen la necesidad de incorporar la aplicación de nuevas estrategias, producto de las recientes investigaciones, que permitan incrementar la eficiencia de éstos sistemas, cuyo propósito principal es responder a la activa competencia de la industria porcina y a las necesidades del mercado (Shon *et al.*, 1994; Vázquez-Rocha, 2006). De esta manera, la implementación de una o varias estrategias impone cambios en la forma de producir, operar y organizar la producción (Kato y Suárez, 1996). El área de destete es una de las etapas de producción en donde se emplean diferentes estrategias, esto con el propósito de aumentar la productividad en la crianza de cerdos.

2.2.1 Destete convencional o tradicional

Este es realizado a las 8 ó 9 semanas (56 a 63 días), es el elegido tradicionalmente por el productor que desconoce otras maneras de manejo y de alimentación de lechones destetados. Si el establecimiento no cuenta con orientación técnica y mano de obra adecuada, se menciona que es el método más seguro. Este tipo de destete, se sigue practicando en sistemas extensivos o semiextensivos. Sin embargo, se señala que este destete tiene 4 inconvenientes importantes (Vázquez-Rocha, 2006):

1. El número de lechones por cerda por año es muy bajo, ya que el ciclo reproductivo se alarga y solo permite tener 1.8 partos por cerda por año.

2. Posterior a la lactancia, el estado de la cerda no es el mejor, normalmente la condición corporal es deficiente, lo que dificulta la aparición del primer celo post-destete así como, una baja tasa de ovulación con el riesgo de obtener camadas pequeñas.
3. El crecimiento normal del lechón puede ser menor al potencial por insuficiencia en componentes de la leche materna para ese periodo de crecimiento, a menos que se suplemente con alimento balanceado desde edades tempranas (alimento pre- iniciador).
4. La cantidad de alimento necesario para conseguir un lechón de 20 Kg de peso vivo (PV) es mucho mayor que en otros tipos de destete.

2.2.2 Destete anticipado o funcional

El destete anticipado o funcional se realiza entre las 5 a 7 semanas de edad (35 a 49 días), se menciona que es bastante fácil de hacerlo, pues la función digestiva del lechón ya está adaptada para otra alimentación. Además la cerda en este tipo de destete, no presenta una condición corporal tan mala ocasionada por una lactación larga, y el peso mínimo de los lechones al destete es de 9 a 11 Kg (Gómez, 2006; Vázquez-Rocha, 2006).

Presenta varias ventajas respecto al destete tradicional, tales como (Gómez, 2006):

- Mayor número de lechones/cerdo/año
- Mayor número de lechones destetados
- Ahorro en el alimento, así como, mejor transformación de este.

2.2.3 Destete precoz o temprano

En la actualidad el destete precoz o temprano es una herramienta de manejo que se ha popularizado dentro de la porcicultura, anteriormente se veía como una herramienta primaria para el control de la transmisión vertical de las infecciones (madre-camada). Sin embargo, se ha visto que esta estrategia ofrece ventajas, como el aumento del número de lechones/cerda/año a través de la reducción del intervalo entre parto/hembra/año (Morilla, 1997; Harris, 2002; Segalés, 2002).

Este destete es realizado entre las 3 a 4 semanas (21 a 28 días) de edad, alcanzando los lechones entre 6 a 8 Kg de PV. A esta estrategia de destete se les ha denominado como convencional, para diferenciarlos del destete temprano segregado, (Britt, 1996). Este destete representa el sistema generalizado en la producción porcina intensiva, ya que con los avances en alimentación e instalaciones se consigue una adaptación del lechón (Brent *et al.*, 1997; Parratt, *et al.*, 2006; Pluske *et al.*, 2007).

Con la estrategia de destete precoz o temprano se ha implementado el sistema de tres sitios: en el primer sitio, se encuentran las reproductoras y el área de maternidad; el segundo sitio, los lechones destetados hasta la etapa de crecimiento y, el tercer sitio para la engorda (Morilla, 1997; English, 1992; Epperson, 2002; Harris, 2002).

Además, el destete precoz o temprano, puede reducir el trabajo al disminuir el manejo de alimentos, camas y estiércol, comparado con el que es necesario cuando las cerdas amamantan a los lechones. Por otro lado, se pueden ahorrar espacio, porque se pueden cuidar más lechones en un mismo lugar cuando se retira a la cerda, además, de ahorrar alimento para la cerda, puesto que cuando se alcanza una mayor producción de leche puede llegar a consumir entre 7 y 9 Kg de alimento al día, permitiendo que las cerdas vuelvan a ser nuevamente inseminadas después del parto. Sin embargo, el gran inconveniente que encierra el programa de destete precoz reside en que una gran parte de los productores no aplican un manejo adecuado y cuidadoso. Cuanto más joven y pequeño es el lechón al destete tanto mayor es la atención que se debe brindar a la higiene, medio ambiente y control contra enfermedades, por lo cual es importante contar con el equipo adecuado para el manejo de los lechones (Pluske *et al.*, 2007).

2.2.4 Destete precoz segregado- SEW (*Segregated Early Weaning*)

Es una modificación norteamericana del denominado Destete Precoz Medicado, desarrollado en los años 70' en la Universidad de Cambridge, por el grupo conformado por Alexander, Thornton, Boon, Lysons, y Gush (1980) quienes demostraron que muchos patógenos

podrían ser eliminados, trasladando a las cerdas para el parto en un sitio segregado (separado), el destete de los lechones a los cinco días de edad en otro sitio segregado y una fuerte medicación con antibióticos, antes y durante la lactación a la cerda, así como a los lechones antes y después del destete.

Debido a que el costo de esta estrategia era alto y además que se registraba una elevada mortalidad de lechones, se introdujeron modificaciones encaminadas a mejorar ambas desventajas. En primer lugar, parto y lactancia transcurren ahora en el mismo sitio de servicio y gestación. En segundo lugar, la edad al destete en el sistema SEW va desde los 16-17 días a destetes con edades más temprana que van de los 7-10 días después del parto, y los lechones son trasladados a un sitio de recría segregado. Y por último, la reducción en el uso de medicamentos. La principal ventaja de esta estrategia (SEW) es la disminución de la transmisión de enfermedades de la cerda a los lechones (transmisión vertical) (Worobec *et al.*, 1999).

Sin embargo, uno de los problemas potenciales asociado con el bienestar durante la aplicación de la estrategia SEW, es la edad a la que son separados de la madre, ya que el destete precoz (3- 4 semanas) de los lechones fue identificado como una medida de bienestar. El destete realizado a las 3 o menos semanas de edad es ilegal en algunos países miembros de la Comunidad Europea. Existe evidencia de que lechones destetados antes de las 4 semanas de edad ingieren menor alimento y el ritmo de ganancia de peso es lento (Leibbrandt *et al.*, 1975), muestran una respuesta inmune débil (Metz y Gonyou, 1990), se menciona que son más activos a participar en conductas como el hociqueo ventral (“belly-nosing”) (Boe, 1993) y vocalizan en rangos más altos (Weary *et al.*, 1997). Los lechones destetados durante los 12 a 14 días de edad, ingieren muy poco alimento hasta las 36-48 h post-destete. Sin embargo, los lechones destetados a las 3-4 semanas comienzan a ingerir alimento a las 24 h generalmente (Metz y Gonyou, 1993). Por otro lado, algunos estudios han examinado la respuesta del comportamiento en lechones destetados a diferentes edades aplicándoles la estrategia SEW (Worobec *et al.*, 1997) donde encontraron que la incidencia del hociqueo ventral es aproximadamente lo doble en lechones que fueron destetados a los 14 días de edad vs lo de 28 días de edad y nuevamente dos veces más alta en lechones destetados a los 7 días de edad. Zimmermar y Cunnick (1997) no encontraron diferencia del hociqueo ventral en

lechones destetados entre 10 y 30 días de edad, sin embargo, señalan que los lechones destetados a edades más tempranas eran más activos y dedicaban más tiempo a la manipulación de sus compañeros de jaula. Patience *et al.*, (1997) encontraron que el hociqueo ventral representaba casi el doble de frecuencia en lechones destetados a los 12 días en comparación con lechones destetados a los 21 días de edad, asimismo, los lechones más jóvenes gastaban más tiempo comiendo, tomando agua y masticando objetos. Lechones destetados a edades más tempranas muestran niveles más altos de hociqueo ventral y además de morder a compañeros del corral durante todo el periodo de crecimiento hasta la engorda (Patience *et al.*, 1997). Cabe señalar que en estos estudios los lechones fueron destetados bajo condiciones similares, esto no permite evaluar los efectos de la estrategia SEW versus un destete convencional. Una edad más temprana ayuda a romper la transmisión en una mayor gama de enfermedades entre la madre y los lechones (Dritz *et al.*, 1994). Sin embargo, si es posible lograr un estado de salud similar, hay ventajas potenciales sobre el bienestar y no hay inconvenientes productivos en destetar lechones a una mayor edad. Por ejemplo, Dritz *et al.* (1994) señalan que no hay diferencias en el aumento de peso entre lechones destetados de 9 y 19 días empleando la estrategia SEW.

Por último, Robert *et al.*, (1999) mencionan que existen algunos temas asociados al bienestar animal durante la aplicación de la estrategia SEW que deben ser atendidos de manera urgente: a) el impacto del destete precoz en la cerda, (b) el manejo de los lechones con bajo peso y (c) el transporte de lechones recién destetados.

2.3 Destete precoz o temprano y su efecto sobre el bienestar de los lechones

El bienestar animal se puede definir como un estado de completa salud mental y física, donde el animal está en perfecta armonía con el ambiente que lo rodea. Anteriormente, Brambell (1965), en su informe sobre el bienestar de los animales en los sistemas intensivos de producción, define el bienestar en un término muy amplio, como el buen estado físico y mental de los animales. A pesar de estas definiciones el estado de bienestar es un estado dinámico variado en sus manifestaciones y

enormemente complejo. Su naturaleza puede variar en el mismo individuo de un momento a otro. Es irreal que el animal se encuentre en el mismo estado de bienestar todo el tiempo (Grandin, 2000).

El destete es uno de los períodos más estresantes en la vida productiva de un lechón, pues hay cambios intestinales, inmunológicos y de comportamiento (Campbell, 2013). En condiciones naturales, el proceso de destete en los cerdos se da gradualmente, disminuyendo la frecuencia del cuidado de la madre y aumentando poco a poco el consumo de alimento sólido (Newberry y Wood-Gush, 1985; Jensen y Recén, 1989; Bøe, 1991). Una vez abandonado el nido, lo cual ocurre en condiciones naturales a los 10 días de edad (Stangel y Jensen, 1991), los lechones se integran gradualmente a la pira. Como se ha mencionado anteriormente, el destete en condiciones naturales es un proceso lento y gradual que comienza en la segunda semana después del parto y tiene una duración promedio de 10 semanas (Alonso-Spilsbury y Mayagoitia, 1998b), 13 (Newberry y Wood-Gush, 1985), 17.2 (Jensen y Recén, 1989) y 18.9 semanas, contrastando notablemente con la abrupta separación de la cerda y los lechones en la crianza comercial, que puede ocurrir desde el día 14 al 21 post-parto, práctica extendida en muchos países del mundo y conocido como destete precoz (Pluske, *et al.*, 1995; Hohenshell, *et al.*, 2000). El destete brusco que experimentan los lechones en sistemas intensivos contrasta con el desarrollo natural de este proceso. Probablemente, esta es una de las causas que explican la tasa de mortalidad importante que se observa durante esta fase que va del 15 al 20 % y el empeoramiento de los índices productivos (Chapinal *et al.*, 2006; Gondret *et al.*, 2005; Knol *et al.*, 2002).

Un argumento para aplicar comercialmente el destete precoz, es el de mejorar el estado sanitario de la pira, controlando con ello la transmisión vertical de enfermedades infecciosas causadas por enfermedades bacterianas, virales e inclusive parasitarias (Alexander *et al.*, 1980; Castro, 1995; Harris y Alexander, 2000). Se ha determinado que las enfermedades pueden ser transmitidas desde la etapa de lactancia, por ello se prefiere acortar esta etapa para disminuir el riesgo de infección (Alexander *et al.*, 1980). La reducción en la edad a la cual los lechones son separados de la madre, ha sido lograda gracias a avances en el control de la genética, la nutrición y del ambiente (Miller, 1994), con lo cual se puede llegar a obtener un mayor número de lechones destetados por hembra por año (Koketsu *et al.*, 1997; Koketsu y Dial, 1998). Esta práctica, sin embargo, tiene también efectos negativos ya que puede reducir la eficiencia reproductiva, disminuyendo el porcentaje

de fertilidad, y el tamaño de la camada siguiente, además de incrementar los días de destete a la presentación del estro (Moore, 1992; Trujillo, 1998).

El destete, no importando la edad al que se realice, siempre será una fuente de tensión para los lechones: el estrés será mayor cuanto más temprano se realice la separación de la madre. Debido a ello, el lechón se ve sujeto a tres tipos de tensión al momento del destete (Aherne, 1982; Pluske *et al.*, 1997; Gómez, 2006):

- a) Tensión ambiental: por enfriamiento, corrientes de aire, fluctuaciones de temperatura, malas condiciones sanitarias e instalaciones inadecuadas.
- b) Tensión social: por separación de la madre, la presencia de un nuevo local y la mezcla de animales desconocidos de otras camadas.
- c) Tensión nutricional: por el cambio de dieta líquida a sólida, y la incorporación de nuevos ingredientes. El cambio repentino de 16 comidas regulares al día con una dieta de leche altamente nutritiva y digerible, por una harina seca, hace que los cerdos rehúsen consumir el alimento por un periodo de 12 a 16 h. Por otro lado, el intestino delgado del lechón experimenta cambios morfológicos y fisiológicos importantes durante las 24 h posterior al destete, fundamentalmente una atrofia de las vellosidades, hiperplasia de las criptas intestinales, una reducción en la actividad específica de algunas enzimas como la lactasa y sacarosa, y la reducción de la capacidad de absorción (Pluske *et al.*, 1997). Después de este ayuno ingieren una gran cantidad de alimento, sobrecargando su sistema digestivo, produciendo brotes frecuentes de diarrea asociada a la proliferación de bacterias enterotoxigénicas en el intestino delgado y/o la fermentación de los nutrientes menos digeribles de la dieta en el intestino grueso (McCracken y Kelly, 1993).

El estrés que provoca el destete así como un manejo inadecuado en la movilización, reagrupación, pesaje y la administración de tratamientos le ocasiona al lechón pérdida de peso (Pajor *et al.*, 1991), disminución de consumo de alimento (Cisneros, 2000), mayor número de días al

mercado (Tokach *et al.*, 1994) y conductas anómalas como trompeteo de vientre (Algers, 1984) y postura de perro sentado (Fraser, 1980), ambos indicadores de pobre bienestar en los animales (Dybkjaer, 1992). En este sentido, se ha observado que la separación prematura de la madre, es causa de estrés, emisión de vocalizaciones prolongadas, intranquilidad, y efectos claros sobre el comportamiento (Weary *et al.*, 1997). Según algunos autores esta situación puede durar hasta 14 días posterior al destete y representar un 25-40% de reducción de la tasa de crecimiento *per se*, comparado con lechones que permanecieron con su madre (Pajor *et al.*, 1991). Un dato importante a considerar en este sentido es que diversos estudios han demostrado que tanto un peso más elevado al nacimiento, como la semana después del destete reducen considerablemente en el número de días necesarios para que los cerdos consigan el peso al momento de matanza (Quiniou *et al.*, 2002).

En años recientes se han realizado estudios acerca de las relaciones entre el comportamiento y respuestas fisiológicas para medir el bienestar animal, así como identificar las causas de estrés en los cerdos mantenidos en confinamiento (Broom, 1988). En estos estudios se ha comprobado que la etapa del destete es uno de los eventos que más estrés causa a los lechones debido a las condiciones en las que los cerdos interactúan con el medio (Stolba y Wood-Gush, 1989).

2.3.1 Mezcla de distintas camadas y formación de grupos

El cerdo es un animal gregario, que en condiciones silvestres o ambientes seminaturales la unidad social básica la forman entre 2 y 4 hembras, normalmente emparentadas, con sus crías y los subadultos nacidos el año anterior. Los grupos son muy estables y los miembros de un grupo pueden mostrarse agresivos hacia los integrantes de otros grupos, especialmente cuando éstos intentan incorporarse a un nuevo grupo. Los machos suelen llevar una existencia más solitaria, uniéndose a las hembras únicamente durante la época de apareamiento y formando grupos menos estables que los de hembras con crías y jóvenes. Dentro de cada grupo se establecen relaciones de dominancia entre los animales. Así, en la relación entre dos individuos, el subordinado va a ser el que reciba la mayoría de las agresiones, mientras que el dominante se va a beneficiar de acceso preferencial a recursos como la comida o el lugar para tumbarse (Spoolder *et al.*, 1999; Chapinal *et al.*, 2006).

En condiciones de producción intensiva, se ha observado que al mezclar animales que no se conocían previamente, se produce un aumento muy importante de las interacciones agresivas entre los cerdos, sobre todo durante las dos primeras horas, aunque disminuye a lo largo de las 24-48 horas siguientes. Este aumento de la agresividad se intenta explicar en base a dos hipótesis. En primer lugar, la agresividad podría ser el resultado de la necesidad de los animales por restablecer relaciones de dominancia cada vez que se incorpora un individuo nuevo. En segundo lugar, se ha observado que la agresividad, tras mezclar animales, es menor cuando los animales han tenido oportunidad de verse y olerse, aunque no hayan podido pelearse entre sí. Por lo tanto, podría considerarse que la agresividad, después de la mezcla, se debe más a una falta de familiaridad entre los individuos, que a la necesidad de resolver cuestiones de dominancia. No obstante, no hay que descartar que ambos factores influyan en el resultado final, ya que no son excluyentes entre sí (Schmolkea *et al.*, 2004; Chapinal *et al.*, 2006;).

Desde un punto de vista de bienestar, las consecuencias de estas mezclas de animales son las derivadas directamente del aumento en las agresiones que se producen entre individuos. En primer lugar, las lesiones producidas por las peleas, que en casos extremos, especialmente cuando los animales están afectados por otros factores ambientales como las temperaturas altas, pueden acabar con la muerte del individuo. En segundo lugar, la agresividad es, en sí misma, una causa de estrés, por lo que, indirectamente, inmunodeprime al animal y disminuye su consumo de alimento. También se ha descrito que la mezcla de animales puede influir en la compleja etiología de la mordedura de colas entre los animales de un mismo corral (Day *et al.*, 2002; Chapinal *et al.*, 2006).

Sin embargo, existen una serie de medidas en los corrales de transición para minimizar el estrés social. En primer lugar, algunas medidas de manejo son tratar de mezclar las camadas durante el atardecer, aportar suficiente espacio (de descanso y comedero), y mezclar preferentemente camadas con cierto grado de familiaridad (camadas contiguas en las salas de maternidad). En concreto, se han propuesto dos sistemas productivos para tratar de minimizar este problema. El sistema “farrow- to- finish” (del inglés “del parto a la matanza”) propone mantener los mismos grupos de animales durante todo el ciclo. Otro sistema consiste en crear grupos grandes (90 animales) en el momento de la transición, para después ir segregando grupos pequeños que pueden

homogenizarse según peso. Algunos resultados preliminares indican que este segundo sistema podría dar buenos resultados tanto desde el punto de vista del bienestar, (menos agresiones), como de la productividad (buenos crecimientos e índices de conversión). Asimismo, otro sistema, no muy común en nuestro país, es el de mantener grupos de hasta 80 animales también durante el engorde, y algunos estudios han observado que, algo en contra de lo que se creía inicialmente, este tipo de grupos no presentan más problemas de agresividad que grupos pequeños, ni un menor crecimiento (Spoolder *et al.*, 1999; Schmolkea *et al.*, 2004).

2.4 Mecanismos fisiológicos en respuesta al estrés en mamíferos domésticos

El estrés ha sido utilizado como indicador de la pérdida de bienestar animal (BA) (Broom, 2003), y es definido como la respuesta de un sistema autorregulable (Joseph-Bravo y de Gortari, 2007), ante estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre el comportamiento, los sistemas nervioso, endócrino (Moberg, 1985), circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas. El estrés altera la homeostasis interna induciendo cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo y el eje hipotálamo-pituitaria- adrenocortical (HPA) (Broom, 2005). Se menciona que de acuerdo con la duración y sus efectos, el estrés puede ser agudo (transitorio) o crónico (de largo efecto). En cualquier caso, una vez que el sistema nervioso central percibe una amenaza, se desarrolla una respuesta que consiste en una combinación de las cuatro respuestas generales de defensa biológica: de comportamiento, sistema nervioso autónomo, inmune y neuroendócrino (Trevisi y Bertoni, 2009), que permiten que el organismo se adapte a una serie de estímulos tanto físicos como psicológicos (Caballero-Chacón, 2010).

Se señala que el sistema neuroendócrino ofrece el mayor potencial del impacto del estrés sobre el bienestar animal. El principal sistema de regulación hipotalámica, es la hipófisis (pituitaria), la cual proporciona una conexión entre el sistema nervioso central y el sistema endócrino (Guerrero, *et al.*, 2007). La acción de estos dos sistemas está encaminada a proporcionar al organismo los

mecanismos necesarios para ayudar al animal a hacer frente a la situación de estrés y mantener el equilibrio orgánico. Dentro de la respuesta neuroendócrina es de vital importancia los sistemas simpático/suprarrenal (Blanco, *et al.*, 2009) y el eje Hipotálamo- Pituitaria- Adrenal (HPA), donde la activación de cualquiera de los dos depende del factor estresante que está produciendo el estímulo (Gupta, *et al.*, 2007; Herskin, 2004). En la activación del primero, denominado “Síndrome de Emergencia”, el organismo se prepara para hacer frente a peligros súbitos generando una respuesta de carácter breve y rápido, que conlleva a la actividad neuronal del hipotálamo y la liberación de adrenalina desde la médula adrenal ejerciendo una función hormonal, así como noradrenalina desde las fibras nerviosas del locus coeruleus (LUC-NE), región localizada en el tronco cerebral. La noradrenalina (norepinefrina) también es liberada en las terminaciones nerviosas del sistema simpático, donde actúan directamente, por lo que se considera neurotransmisor. Durante situaciones de estrés, la adrenalina y noradrenalina son liberadas rápidamente (uno o dos segundos después de la percepción del estímulo) y tienen una vida media muy corta entre 20 a 40 segundos (Caballero-Chacón, 2010), motivo por el cual sus concentraciones plasmáticas son una medida de BA durante procesos de estrés agudo, pero únicamente cuando las muestras pueden ser tomadas inmediatamente (Broom, 2006). La adrenalina generalmente refleja estrés fisiológico, mientras que la noradrenalina está relacionada con actividad física del ganado (Knowles y Warriss, 2006).

La acción de la adrenalina, tiene un efecto sobre el aumento de la profundidad y la frecuencia de los latidos cardiacos (Stephenson, 2002; Tortora y Grabowski, 2002), además de estimular a nivel hepático la glucogenólisis, esto permite que aumente la disponibilidad de glucosa en sangre a los pocos minutos tras producirse la situación estresante, por lo tanto, la función de las catecolaminas es la de poder nutrir por un tiempo variable, tejidos vitales, tales como: el miocardio, adrenales y sistema SNC (Cruz, 1994). Por lo anterior, estas catecolaminas son las encargadas de poner al animal el estado de alerta, preparándolo para luchar o huir (Lay y Wilson, 2001). Algunos datos reportados por (Rodero- Serrano, s/a) menciona que en el lechón, la excreción urinaria de un metabolito generado por las catecolaminas, el ácido vanilmandélico, es aproximadamente de 10 mg; una temperatura ambiental elevada (33°C) o baja (5°C), duplica la excreción durante toda la duración a la exposición además agrega que el destete precoz del lechón a las tres semanas de edad (21 días), se acompaña de una elevación importante de la actividad de las enzimas implicadas

en el metabolismo de las catecolaminas, bien sea en la médula suprarrenal o en el ganglio cervical superior, así como la manipulación repetida de los lechones, lo cual tiene el mismo efecto sobre la tirosina hidroxilasa de la médula suprarrenal. . Por otro lado, se menciona que el ruido permanente induce en el cerdo un aumento progresivo de los valores circulantes de catecolaminas.

Además de las hormonas (adrenalina y noradrenalina) producidas en la médula adrenal se producen glucocorticoides entre los cuales, el más utilizado para la valoración del estrés en los animales es el cortisol. Dependiendo del tipo de estrés, físico o psicológico, se activan las neuronas del tallo cerebral o las de áreas del sistema límbico (respectivamente), las cuales inciden sobre neuronas del núcleo paraventricular del hipotálamo (NPV), que sintetizan CRH (hormona liberadora de corticotropina). Las neuronas CRHérgicas hipofisiotrópicas envían sus proyecciones a la eminencia media de donde, en respuesta a un estímulo, se libera el CRH a la circulación portal que llega a la hipófisis (pituitaria) y controla la síntesis y liberación de corticotropina (ACTH) que viaja por el torrente sanguíneo a la glándula adrenal liberando glucocorticoides (Joseph-Bravo y de Gortari, 2007), se activa un eje denominado eje hipotálamo- hipófisis- corteza adrenal (Guerrero *et al.*, 2007). Los glucocorticoides proveen la energía necesaria, a los músculos, para efectuar la respuesta, especialmente el cortisol desde la corteza adrenal, cuya secreción es pulsátil, con una periodicidad de 90 min (Mormède, *et al.*, 2007). Simultáneamente, se estimula la liberación de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y dopamina) desde la médula adrenal, así como tiroideas (Borell, 2001; Trevisi y Bertoni). Por su parte, el cortisol aumenta la disponibilidad de energía así como las concentraciones de glucosa en sangre, porque estimula la proteólisis, la lipólisis, la gluconeogénesis en el hígado, aumentando la síntesis de enzimas implicadas en la conversión de aminoácidos, glicerol y lactato en glucosa, y aumentando la movilización de aminoácidos desde el músculo (Muchenje *et al.*, 2009); modula los mediadores inmunológicos como las linfocinas y los mediadores de la inflamación, teniendo un efecto antiinflamatorio. También disminuye el transporte de glucosa y su utilización por las células, produciendo una elevación de la concentración de glucosa sanguínea hasta un 50 % sobre el nivel normal (Fig. 1) (Lay y Wilson, 2001; Trevisi y Bertoni, 2009).

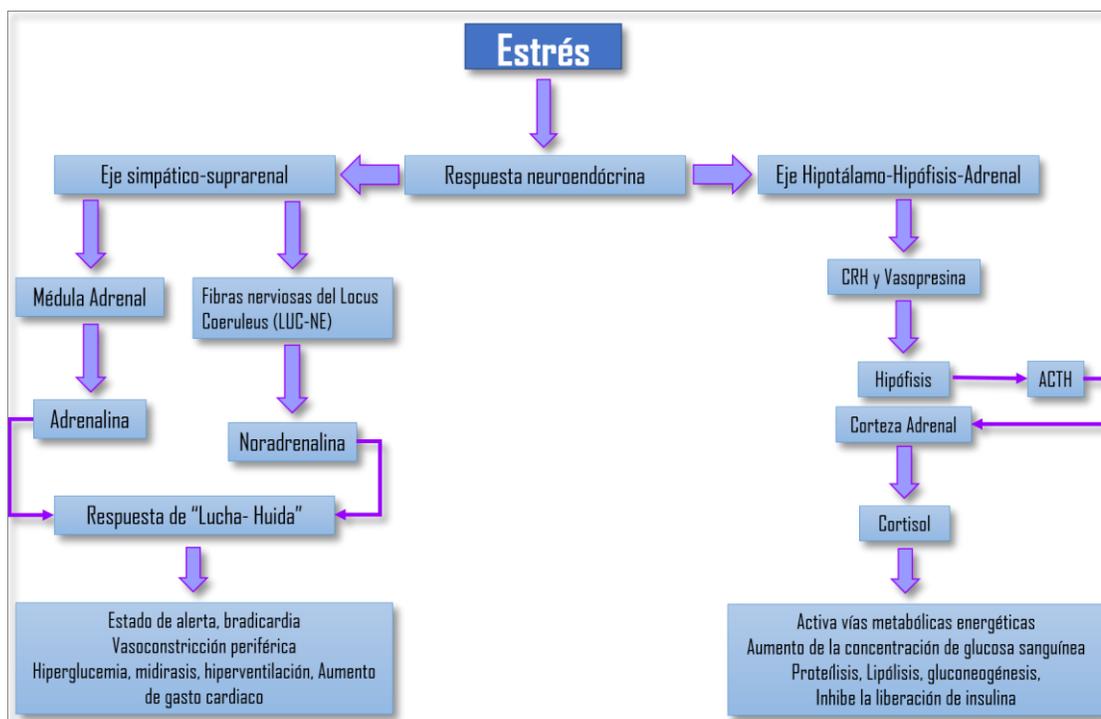


Figura 1. Diaporama de la respuesta general del estrés (Romero-Peñuela *et al.*, 2011).

Debido al papel que juega el cerebro en su liberación, se le atribuye un papel importante en la percepción psicológica de la situación de estrés (de la Fuente, 2003; Aguilera *et al.*, 2007 y González *et al.*, 2007). Un fuerte incremento en los niveles de cortisol, por efecto del estímulo estresante, ejerce un efecto retroalimentador “*feedback*” negativo sobre la hipófisis y sobre el hipotálamo inhibiendo la síntesis y liberación de ACTH y de CRH. En caso de un nivel menor al umbral, ocurre el fenómeno contrario de incremento en la síntesis y liberación de estas hormonas. Estos efectos de retroalimentación negativa o positiva, orientados a reestablecer el equilibrio, constituyen la base de la homeostasis (Joseph-Bravo y de Gortari, 2007), lo que permite al lechón, mejorar la eficacia de los mecanismos activados por el ayuno y por la adaptación en los cambios abruptos de las condiciones ambientales; lo que demuestra que las reacciones al estrés son útiles (Reis de Souza y Mariscal, 1997). En esta etapa el organismo intenta adaptarse o afrontar la presencia de los factores que percibe como amenaza, en donde se presenta una normalización de los niveles de corticoesteroides y, por ende, la desaparición del estado de estrés, etapa que se ha denominado “de resistencia o relajación” (Mormède *et al.*, 2007; Sapolsky *et al.*, 2000). Colson *et al.*,

(2006) encontraron que los principales cambios endócrinos relacionados con el destete, redujeron los niveles cortisol y noradrenalina (y en un grado menor, adrenalina) en los lechones destetados a los 21 días de edad (W21) comparados el grupo control (C21), sin embargo, estos cambios se observaron en menor intensidad en lechones de 28 días de edad (W28), versus grupo control de la misma edad (C28). Una intensa reducción de los niveles de catecolaminas en orina, se ha descrito después de realizar un destete muy temprano (Hay *et al.*, 2001) e interpretado en términos de déficit de la ingesta de alimentos. El destete en lechones de 21 días edad tiene consecuencias más negativas sobre la tasa de crecimiento y las respuestas endócrinas frente al estrés, en comparación con el destete que se realiza a los 28 días de edad (Colson *et al.*, 2006).

Por otra parte, dentro de las principales funciones que tienen que mantenerse para poder sobrevivir ante cualquier situación que provoque estrés en el animal, corresponde al equilibrio ácido-básico. El funcionamiento óptimo de las células que componen al animal requiere el mantenimiento de la composición iónica de los líquidos corporales dentro de unos límites muy estrechos. El hidrógeno es uno de los iones que determina la *acidez* o *alcalinidad*, el *pH* de los líquidos corporales. Los niveles de *pH* compatibles con la vida se encuentran entre 6.85- 7.8. Tres mecanismos participan en el mantenimiento del equilibrio acidobásico: las sustancias tampón intra y extracelulares, el aparato respiratorio y los riñones. Los dos primeros son responsables de la corrección rápida de los cambios de *pH*, mientras que los riñones lo son del equilibrio acidobásico a largo plazo y de la excreción del exceso de iones hidrógeno (Cunnigham y Kelin, 2009).

Numerosas sustancias tampón intra y extracelular regulan los H^+ para mantener el *pH* dentro de los niveles fisiológicos. Éstas incluyen la hemoglobina y otras proteínas, el carbonato óseo, el fosfato y el bicarbonato. Estas sustancias normalizan rápidamente el *pH* después de alteraciones agudas de la carga ácida, a menos que se supere su capacidad. Además, durante una acidosis metabólica crónica, los huesos aportan una reserva de amortiguadores que contribuye a mantener el *pH* sistémico. En estas condiciones, el exceso de H^+ y los bajos niveles de HCO_3^- en el líquido extracelular promueven una reacción fisicoquímica a nivel óseo que junto con los osteoclastos conduce a disolución del hueso, lo que produce la liberación de carbonato que equilibra los protones H^+ (Cunnigham y Kelin, 2009). Cuando el *pH* corporal pelagra debido a los cambios de producción o

eliminación de protones, la primera defensa la ofrecen los tampones de la sangre y los tejidos, son responsables de la corrección rápida de los cambios de pH. Sin embargo, éstas sólo evitan que el pH se modifique de forma exagerada. En última instancia, el pH se corrige con los ajustes que consiguen la ventilación o la función renal (Robinson, 2003). La ventilación alveolar y la eliminación del dióxido de carbono tienen una gran influencia en el equilibrio ácido-base (Jonson y Autran, 2007). El aparato respiratorio aporta oxígeno para conservar el metabolismo tisular y eliminar el dióxido de carbono. El *consumo de oxígeno* y la *producción de dióxido de carbono* varían en función del índice metabólico que, a su vez depende del nivel de actividad del animal (Robinson, 2003). En el cuadro 1 se presentan los trastornos ácido-básicos.

Alteración	[H ⁺]	pH	pCO ₂	HCO ₃ ⁻
Acidosis Metabólica	↑	↓	↓	↓
Alcalosis Metabólica	↓	↑	↑	↑
Acidosis Respiratoria	↑	↓	↑	↑
Alcalosis Respiratoria	↓	↑	↓	↓

Cuadro 1. Alteraciones ácido-básicas (adaptado de Häubi, 2010).

La acidosis metabólica, es la anomalía más frecuente. Durante el metabolismo existe una gran producción de ácidos fijos. El aumento de su producción o la disminución de la eliminación renal de iones hidrógeno provocan acidosis metabólica. El exceso de H⁺ en la sangre se combina con el HCO₃⁻ y otros tampones. El CO₂ producido se pierde a través de los pulmones. La disminución del pH que acompaña a la acidosis metabólica estimula la ventilación, lo que tiene como efecto compensador del trastorno eliminando CO₂ reduciendo la pCO₂ que, en último término, normaliza el HCO₃⁻ y el pH (Robinson, 2003). Por su parte, la alcalosis metabólica se debe a la eliminación excesiva de iones hidrógeno o a la entrada de bases, como HCO₃⁻, que aumenta el pH sanguíneo (Robinson, 2003; Caballero-Chacón, 2010). Los niveles bajos de potasio en sangre (*hipopotasemia*) también pueden producir alcalosis metabólica. Cuando esto ocurre, el potasio pasa desde el líquido intracelular al extracelular, y lo reemplazan en parte los iones hidrógeno que se

pierden del plasma, lo que provoca alcalosis. Además, la orina elimina los protones en lugar del potasio, la pérdida de protón del cuerpo libera el tampón, con lo que aumenta la concentración plasmática de HCO_3^- y la base tamponadora total (Robinson, 2003).

La acidosis respiratoria, o hipercapnia primaria, aparece cuando la producción de dióxido de carbono excede su eliminación por los pulmones (Jonson y Autran, 2007; Caballero-Chacón, 2010). La acidosis respiratoria casi siempre es resultado de una insuficiencia respiratoria con una hipoventilación alveolar, resultante, y se caracteriza por un incremento en la PaCO_2 , reducción del pH y un incremento compensatorio en la concentración de HCO_3^- sanguíneo. Cuando la hipercapnia persiste, la compensación renal aparece para estabilizar la concentración plasmática de HCO_3^- a niveles superiores en 5 días. La hipercapnia crónica provoca que la concentración intracelular de H^+ incremente en las células tubulares renales. Se alcanza un nuevo estado de equilibrio cuando el incremento de la carga filtrada de HCO_3^- como resultado del incremento de su concentración plasmática es equilibrado por un incremento de la reabsorción renal de HCO_3^- (Jonson y Autran, 2007). Por otro lado, la alcalosis respiratoria o hipocapnia primaria se caracteriza por una reducción de la pCO_2 , incremento del pH y una reducción compensatoria de la concentración de HCO_3^- en la sangre. La alcalosis respiratoria ocurre siempre que la ventilación alveolar excede la necesaria para eliminar el CO_2 producido por los procesos metabólicos en los tejidos (Jonson y Autran, 2007; Caballero-Chacón, 2010). Cuando la pCO_2 se reduce de forma aguda, el CO_2 abandona las células para llegar a un nuevo punto de equilibrio. Los iones cloro abandonan las células eritrocitarias a cambio de HCO_3^- , provocando una reducción en la concentración plasmática de HCO_3^- (Jonson y Autran, 2007).

La exposición de las alteraciones acidobásicas ha demostrado que los pulmones compensan los problemas metabólicos y los riñones compensan los respiratorios. Puesto que los *quimiorreceptores* responden casi de inmediato a las variaciones del pH sanguíneo, ya que los cambios de la ventilación modifican rápidamente la pCO_2 , la compensación de los problemas acidobásicos es casi inmediata (Robinson, 2003).

Finalmente, el estrés crónico consiste en un estado de activación fisiológica en curso, que se presenta cuando el cuerpo experimenta estrés por varios factores o la exposición repetida a los mismos estresores agudos, entonces se desarrollará el estado prepatológico (Caballero-Chacón, 2010), etapa en la cual el sistema nervioso autónomo rara vez tiene la oportunidad de activar la respuesta de relajación. En este caso, se presenta una sobreexposición a las hormonas del estrés, que produce un costo biológico suficiente para alterar las funciones biológicas y producir diestrés. Se ha denominado “diestrés”, cuando la respuesta del animal al factor estresante provoca riesgos a su bienestar y su vida (Mormède *et al.*, 2007). El estrés crónico coincide con un estado de larga duración en el animal, como un problema de salud grave, que no permite su recuperación satisfactoria, en donde la intensidad y duración del sufrimiento contribuye a la severidad de la respuesta del animal. Algunas de sus consecuencias incluyen: aumento de la susceptibilidad y frecuencia de enfermedades, tiempos de cicatrización prolongados y una gran incidencia de complicaciones en la salud asociadas con infecciones (Breazile 1988; Tseng *et al.*, 2005). Kanitz *et al.*, (2004) mostraron que el aislamiento repetido de lechones en edad temprana genera estrés; manifestándose éste en respuestas comportamentales (disminución de la actividad), neuroendócrinas (aumento de los niveles basales de ACTH y cortisol) e inmunológicas (inmunosupresión). Por lo tanto, el estrés crónico es una condición de mala adaptación que puede estar asociada con una reducción directa en el nivel de bienestar. Por otra parte, esta condición puede afectar la susceptibilidad a las enfermedades, o favorecer su progresión (Trevisi y Bertoni, 2009; Caballero-Chacón, 2010). Uno de los parámetros inmunológicos alterados por el estrés crónico es la actividad y el número de las células NK (primera línea de defensa contra agentes virales), que en parte se debe a la acción de péptidos opioides y glucocorticoides respectivamente (Tseng *et al.*, 2005).

2.5 Importancia de la gasometría en perinatología

En la perinatología humana la medición de gases en sangre ($p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ y pH), además de técnicas complementarias a través del monitoreo no invasivo, proporcionan información esencial para evaluar al paciente, tomar la decisión terapéutica y realizar un diagnóstico correcto (Nodwell *et al.*, 2005). Aunado a esto, los valores de mediciones de gases sanguíneos de arteria umbilical sirven también para identificar a los neonatos que necesitan cuidado neonatal extra, y proporcionan una herramienta de evaluación retrospectiva para preservar la salud neonatal durante el nacimiento (Williams y Singh, 2002).

La sangre obtenida del cordón umbilical en neonatos humanos proporciona información suficiente para estimar el estado neonatal y la relación con el exceso de base, cambios en las concentraciones de $p\text{O}_2$, saturación de O_2 [SaO_2], $p\text{CO}_2$ y pH (Nodwell *et al.*, 2005). Estos parámetros se alteran durante un proceso de asfixia perinatal, por lo que el análisis de dichos parámetros ha permitido evaluar la severidad del grado de asfixia intraparto en neonatos humanos (James *et al.*, 1958; Williams y Singh, 2002), y de manera más reciente y novedosa en animales, como por ejemplo neonatos porcinos (Randall, 1971; Trujillo-Ortega *et al.*, 2007), lo cual ha contribuido en la caracterización del perfil fisiometabólico del neonato asfíctico bajo condiciones ambientales naturales (Trujillo-Ortega *et al.*, 2007), así como bajo condiciones experimentales controladas (Orozco-Gregorio *et al.*, 2006, 2007). Sin embargo, el muestreo sanguíneo de cordón umbilical algunas veces es limitado debido a la obtención de un volumen insuficiente de sangre al nacimiento (Nodwell *et al.*, 2005). Contrario a esto, en los estudios llevados a cabo en otras especies como el neonato porcino, ha sido posible realizar el muestreo sanguíneo a través de diversos sitios anatómicos, tales como el seno venoso retroorbital (Zaleski y Hacker, 1993) y la vena cava anterior (Trujillo-Ortega *et al.*, 2007).

Mota *et al.* (2013) mencionan que se puede realizar de dos maneras: Intermitente, al analizar muestras sanguíneas o continua de forma invasiva (gasometría intra-arterial continua) o no invasiva (oximetría de pulso, capnografía). Los métodos más habituales son el control intermitente por medio de tomas repetidas de sangre, o de forma continua por oximetría de pulso y capnografía. Gasometría

intermitente. La monitorización intermitente de los gases y el equilibrio ácido base se realiza por medio de la toma repetida de muestras de sangre. Es muy importante que se tomen una serie de precauciones al obtener y manejar las muestras sanguíneas, para garantizar que los resultados sean fidedignos:

1. Es recomendable que las jeringas estén heparinizadas.
2. Después de la toma de muestra han de eliminarse las burbujas de aire que hayan podido introducirse y cerrar la jeringa con un tapón, que permita invertirla y girarla horizontalmente varias veces para homogeneizarla y disolver bien la heparina sin mezclarse con el aire ambiente.
3. Si la muestra va a ser enviada al laboratorio, debe ir acompañada de una etiqueta en la que consten los datos de identificación del paciente, la hora de extracción, el tipo de muestra (arterial, venosa, capilar), la temperatura del paciente y la fracción inspirada de oxígeno.
4. El análisis debe hacerse lo antes posible para minimizar los efectos del metabolismo; si se va a demorar más de 10 *min*, la muestra ha de enfriarse hasta 0-4 °C, procurar, aún en estas condiciones, no retrasar el análisis más de 30 *min*.
5. Antes de aceptar los resultados como válidos, sobre todo si no coinciden con la situación clínica del paciente, se debe considerar si ha podido existir alguna alteración en la extracción o manipulación de la muestra, o en la determinación analítica por el analizador de gases.

La gasometría debe interpretarse siempre en forma ordenada, seguir la misma secuencia (oxigenación, ventilación y equilibrio ácido-base) y saber que los datos obtenidos de una muestra de sangre sólo reflejan el estado del paciente en el momento en el que se hizo el análisis, puesto que esos parámetros pueden cambiar de forma significativa en muy poco tiempo. Por eso, los resultados obtenidos no deben valorarse nunca de forma aislada, sino en el contexto de la situación clínica del paciente, de los parámetros respiratorios, del estado circulatorio y de otros datos de monitorización.

El conocimiento del estado de los gases y el equilibrio ácido-base en sangre es fundamental para la evaluación de individuos que sufren estrés por diversas circunstancias, ya que aportan información valiosa que podría ayudar a evaluar el bienestar animal.

3. OBJETIVO GENERAL

Valorar el perfil fisiometabólico sanguíneo de lechones a diferentes edades, por efecto del retiro de la camada o de la madre.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer el efecto de la separación de la camada sobre el perfil fisiometabólico sanguíneo en lechones de diferentes edades.
2. Establecer el efecto de la separación de la madre sobre el perfil fisiometabólico sanguíneo en lechones de diferentes edades.

4. HIPÓTESIS

Los lechones separados de su madre a una edad temprana presentarán mayores desajustes en el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base, metabolismo energético y equilibrio hidroelectrolítico comparados con lechones de mayor edad.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Los lechones utilizados en este estudio recibieron un manejo adecuado, desde el inicio del estudio así como durante su manipulación, cumpliendo los requisitos que exige la NOM-062-ZOO-1999. Además el experimento recibió la aprobación ética del Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (FMVZ-UNAM).

5.1 Localización

La presente investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP) ubicado en el km. 2 de la carretera Jilotepec-Corrales, en Jilotepec, Estado de México, el cual se encuentra en los 99° 31' 45" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, su latitud norte es de 19° 57' 13", y a una altura de 2,250 metros sobre el nivel del mar.

5.2 Numero de lechones y tratamientos

Para la presente investigación se utilizaron un total de 270 lechones híbridos (madres York-Landrace, padres Pietrain). Los animales fueron distribuidos en 3 grupos, mismos que correspondieron a un intervalo de edad: Grupo uno (G_1 : 6 a 8 días de edad), Grupo dos (G_2 : 14 a 16 días de edad) y Grupo tres: (G_3 : 21 a 23 días de edad). Una vez definidos los grupos, éstos fueron divididos en 2 subgrupos con el objetivo de aplicar a cada uno los tratamientos correspondientes (Cuadro 2). Para el caso del tratamiento Retiro de la camada, el cual consistió en retirar a la camada de la jaula de maternidad, dicha camada fue alojada durante 30 min en una corraleta portátil colocada de forma contigua (1 metro de distancia) a la jaula donde permanecía la madre (Diaporama 1, *figs.* A, B, C y D). Durante este tratamiento los lechones cambiaron de alojamiento y ya no podían tener contacto físico, visual y olfativo con su madre, pero mantuvieron contacto auditivo.

En el caso del tratamiento Retiro de la madre consistió en retirar a la madre de la jaula paridero, en la que se encontraba junto con los lechones, la cerda se colocó en una jaula paridero contigua (Diaporama 2, *fig. A*), a 1 metro de distancia, dentro de la misma sala de maternidad, éste estímulo se mantuvo por 30 min. En este tratamiento los lechones permanecieron en el mismo alojamiento, pero ya no podían tener contacto físico ni visual con su madre, pero mantuvieron contacto olfativo y auditivo (Diaporama 2, *figs. B, C, D y E*).

Las naves de maternidad contaban con sistema de iluminación natural y artificial con temperatura ambiente de 24.3°C, humedad relativa de 60% y velocidad del viento de 0 m/s. Los lechones recibieron alimento pre-iniciador *ad libitum* de 4 días de edad hasta el destete. En los dos tratamientos utilizados los lechones tuvieron acceso a agua y alimento *ad libitum* antes, durante y después de la fase de experimentación.

Cuadro 2. Grupos y tratamientos aplicados.

GRUPOS	G ₁	G ₂	G ₃
	6 a 8 días n=90	14 a 16 días n=90	21 a 23 días n=90
TRATAMIENTOS			
Basal	n=30	n=30	n=30
Retiro de la camada	n=30	n=30	n=30
Retiro de la madre	n=30	n=30	n=30

n, número de observaciones (lechones) utilizadas

5.3 Muestreo sanguíneo

Previo a la aplicación de los tratamientos (24 h previas) los lechones de cada grupo fueron sometidos a la técnica de punción de la vena cava anterior (Diaporama 1, *fig. E*), con el objetivo de obtener las muestras sanguíneas que fueron utilizadas como referencia (Basales). Todas las muestras sanguíneas se colectaron en un tiempo menor a 30 s. Al mismo tiempo se valoró la temperatura óptica (ThermoScan Braun, Germany). El resto de las muestras sanguíneas se recolectaron a los 0 y 30 min posteriores a la separación madre-cría de ambos tratamientos

aplicados (Retiro de la Camada y Retiro de la Madre), esto con el fin de evaluar el comportamiento del perfil fisiometabólico sanguíneo.

Inmediatamente después de obtener cada muestra, esta fue introducida a un analizador de parámetros críticos sanguíneos (GEM Premier 3000, Instrumentation, Laboratory Diagnostics, Estados Unidos), evaluando: pH sanguíneo, presión parcial de dióxido de carbono [$p\text{CO}_2$ (mmHg)] y oxígeno [$p\text{O}_2$ (mmHg)], glucosa, niveles de lactato (mg/dL), electrolitos [Na^+ , K^+ y Ca^{++} (mmol/L)], hematocrito (%) y bicarbonato [HCO_3^- (mmol/L)]. La toma de muestra está clasificada como Categoría B en Experimentos que causan molestia o estrés mínimo, de acuerdo a lo descrito en NOM-062-ZOO-1999. Una vez obtenidas y analizadas las muestras sanguíneas de cada grupo, tanto los lechones, como las cerdas utilizadas fueron incorporadas a su jaula paridero correspondiente.



Diaporama Material y Métodos 1. Lechones del grupo uno (6 a 8 días de edad) alojados en una jaula contigua a la jaula paridero (Tratamiento Retiro de la Camada) (A, B y C), Tratamiento Retiro de la Camada en lechones del grupo tres (21 a 23 días de edad) (D) y Toma de muestra para su análisis en el gasómetro (E)



Diaporama Material y Métodos 2. Retiro de la cerda, alojada en otra jaula (A), Tratamiento Retiro de la madre aplicado en lechones del G₁ (6 a 8 días de edad), Tratamiento Retiro de la madre aplicado en lechones del G₂ (14 a 16 días de edad) (C y D) y Tratamiento Retiro de la madre aplicado en lechones del G₃ (21 a 23 días de edad) (E).

5.4 Análisis Estadístico

Los resultados se presentan como medias y errores estándar.

Se realizaron pruebas de normalidad (PROC UNIVARIADO, SAS 9.0) para todas las variables evaluadas, tanto para los dos tratamientos de destete empleados, y los tres grupos de diferentes edades. Para analizar los resultados de las variables sanguíneas, se llevó a cabo un modelo lineal general (SAS GLM, SAS v. 9.0) en el que se consideró a los parámetros del perfil fisiometabólico sanguíneos como dependientes y al tratamiento, edad y tiempo de recolección de muestra como variables independientes. Cuando se observó un efecto sobre los parámetros del perfil fisiometabólico sanguíneo se realizó una prueba de comparación múltiple de medias, mediante la prueba de Tukey.

El modelo empleado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = Los valores de las variables sanguíneas medidas en todos los lechones

μ = Media general

A_i = Tratamiento aplicado (Control, Retiro de la camada y Retiro de la madre)

B_j = Edad del lechón (días)

C_k = Tiempo de recolección de la toma de muestra sanguínea (24 h antes de la separación, Inmediatamente después de la separación y 30 min post-separación de la vinculación madre-cría)

AB_{ij} = Interacción entre tratamiento aplicado y edad del lechón

AC_{ik} = Interacción entre tratamiento aplicado y tiempo de recolección de la toma de muestra sanguínea

BC_{jk} = Interacción entre edad del lechón y tiempo de recolección de la toma de muestra sanguínea

ABC_{ijk} = Interacción entre tratamiento aplicado, edad del lechón y de recolección de la toma de muestra sanguínea

ε_{ijkl} = Error

Solamente se consideraron los efectos e interacciones significativas para los modelos de cada variable del componente del perfil fisiometabólico sanguíneo.

Para todos los casos se empleó un $\alpha = 0.05$.

6. RESULTADOS

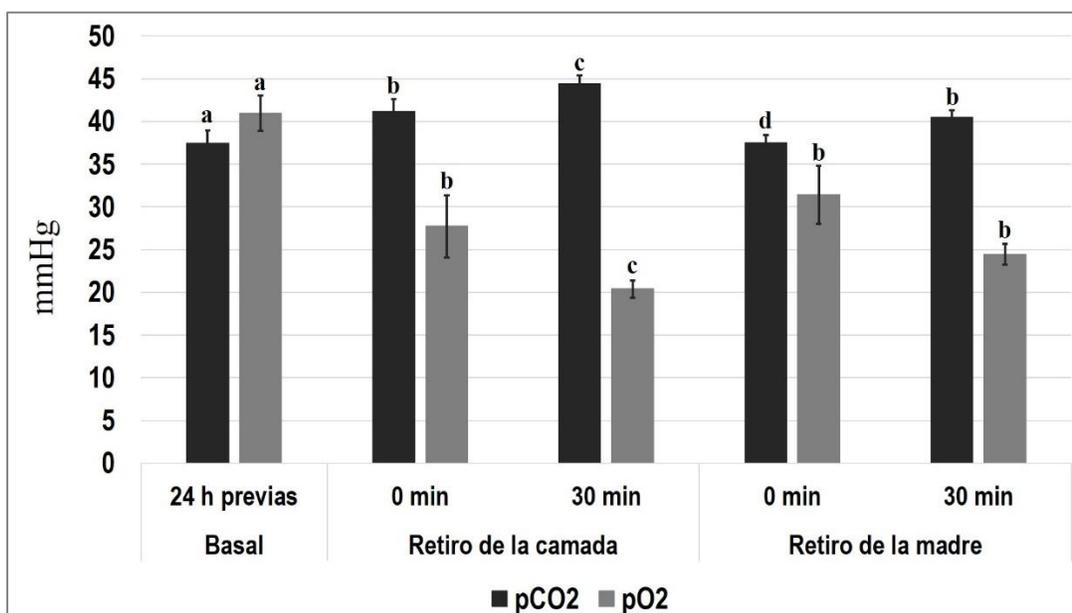
Valoración del perfil fisiometabólico en los lechones destetados

6.1 Intercambio gaseoso ($p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$)

Grupo 1

6.1.2 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 6 a 8 días de edad

Los resultados obtenidos posterior a la separación madre-cría mostraron un marcado aumento ($p<0.05$) de la concentración de $p\text{CO}_2$ a los 0 y 30 min post-separación en ambos tratamientos (Retiro de la camada a los 0 min: 41.14 ± 1.47 mmHg y 30 min: 44.40 ± 0.98 mmHg; Retiro de la madre a los 0 min: 37.50 ± 0.92 mmHg y 30 min: 40.48 ± 0.85 mmHg) respecto al nivel basal (24 h previas a la separación) el cual fue de 37.41 ± 1.57 mmHg. Con respecto a la concentración de $p\text{O}_2$, hubo una disminución ($p<0.05$) en ambos tratamientos durante los 0 y 30 min posteriores a la separación madre-cría (Retiro de la camada a los 0 min: 27.71 ± 3.66 mmHg y 30 min: 20.37 ± 1.01 mmHg; Retiro de la madre a los 0 min: 31.42 ± 3.41 mmHg y 30 min: 24.44 ± 1.20 mmHg) en comparación con el nivel basal que fue de 40.96 ± 2.07 mmHg (Fig. 2).



^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

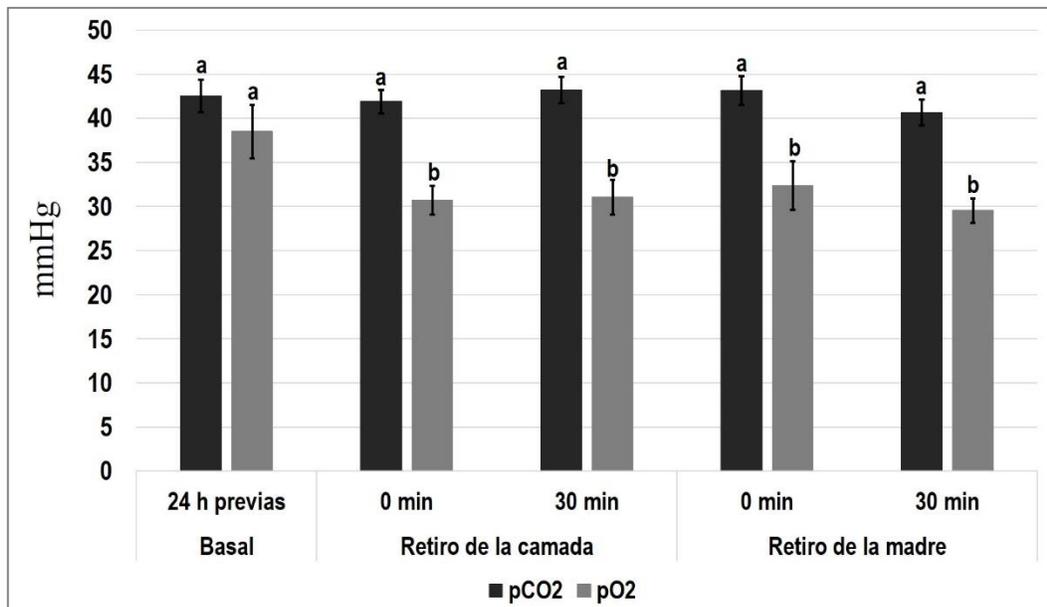
Figura 2. Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en la concentración de pCO₂ y pO₂ durante los 0 y 30 minutos post-separación madre- cría en lechones de 6 a 8 días de edad.

Grupo 2

6.1.3 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 14 a 16 días de edad

La media aritmética de la concentración de pCO₂ del valor basal fue de 42.53 ± 1.85 mmHg, durante los 0 y 30 min post-separación madre-cría no se observaron cambios significativos en ninguno de los tratamientos aplicados (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 41.89 ± 1.31 mmHg y 30 min: 43.20 ± 1.47 mmHg; Retiro de la madre 0 min: 43.13 ± 1.65 mmHg y 30 min: 40.66 ± 1.48 mmHg). En cuanto a la concentración de pO₂ se observó una evidente disminución ($p < 0.05$) para ambos tratamientos durante los 0 y 30 min posteriores a la separación madre-cría (Retiro de la camada 0 min: 30.72 ± 1.61 mmHg y 30 min: 31.06 ± 1.96 mmHg; Retiro de la madre 0 min:

32.36±2.76 mmHg y 30 min: 29.54±1.38 mmHg) en comparación con el nivel basal que fue de 38.51±3.02 mmHg (Fig. 3).



^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

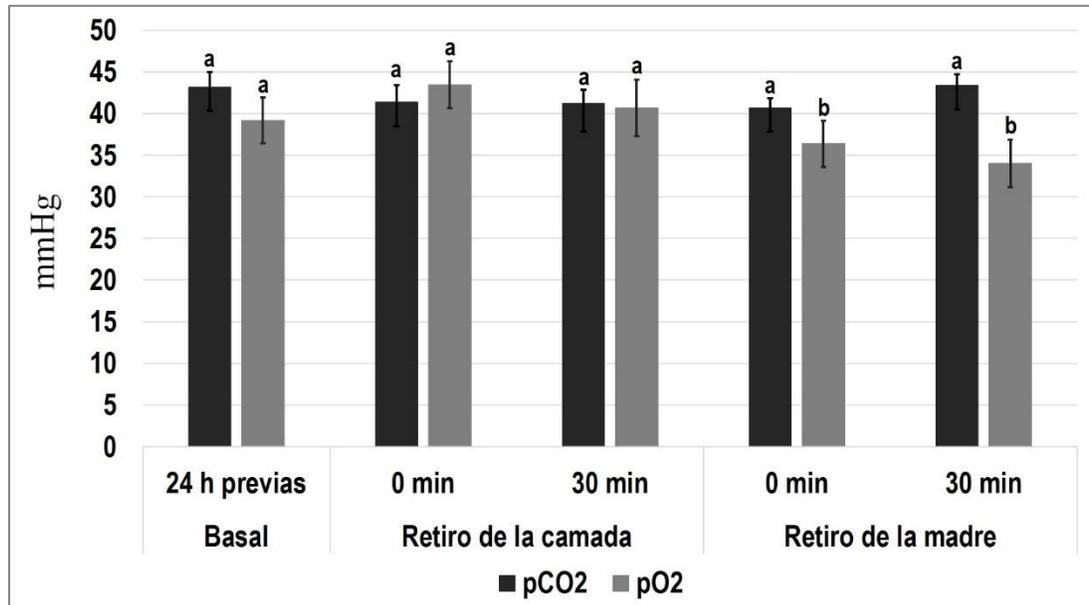
Figura 3. Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en la concentración de pCO₂ y pO₂ durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 14 a 16 días de edad.

Grupo 3

6.1.4 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 21 a 23 días de edad

Los resultados obtenidos posterior a la separación madre-cría no mostraron ningún efecto, (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 41.33±2.11 mmHg y 30 min: 41.22±1.63 mmHg; Retiro de la madre 0 min: 40.60±1.21 y 30 min: 43.35±1.32 mmHg) respecto al nivel basal que fue de 43.10±1.89 mmHg. Respecto a la concentración de la pO₂ no se apreciaron cambios significativos a los 0 y 30 min post-separación madre-cría del tratamiento Retiro de la camada (0 min: 43.44±2.81 mmHg y 30

min: 40.66 ± 3.36 mmHg). Sin embargo, se observa una clara disminución ($p < 0.05$) durante los 0 y 30 min post- separación en el tratamiento Retiro de la madre (0 min: 36.35 ± 2.77 mmHg y 30 min: 34.03 ± 2.85 mmHg) en comparación con el valor basal que fue de 39.16 ± 2.74 mmHg. (Fig. 4).



^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

Figura 4. Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en la concentración de pCO₂ y pO₂ durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 21 a 23 días de edad.

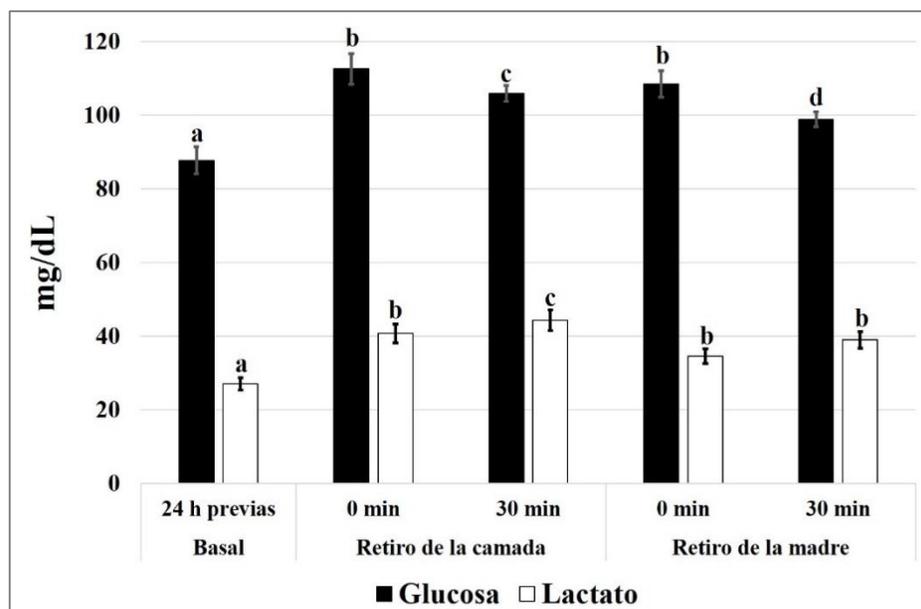
6.2 Metabolismo energético (Glucosa, lactato y pH)

Grupo 1

6.2.1 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 6 a 8 días de edad

Los resultados obtenidos posterior a la separación madre-cría mostraron un marcado incremento ($p < 0.05$) en los niveles de glucosa sanguínea durante los 0 y 30 min post-separación en

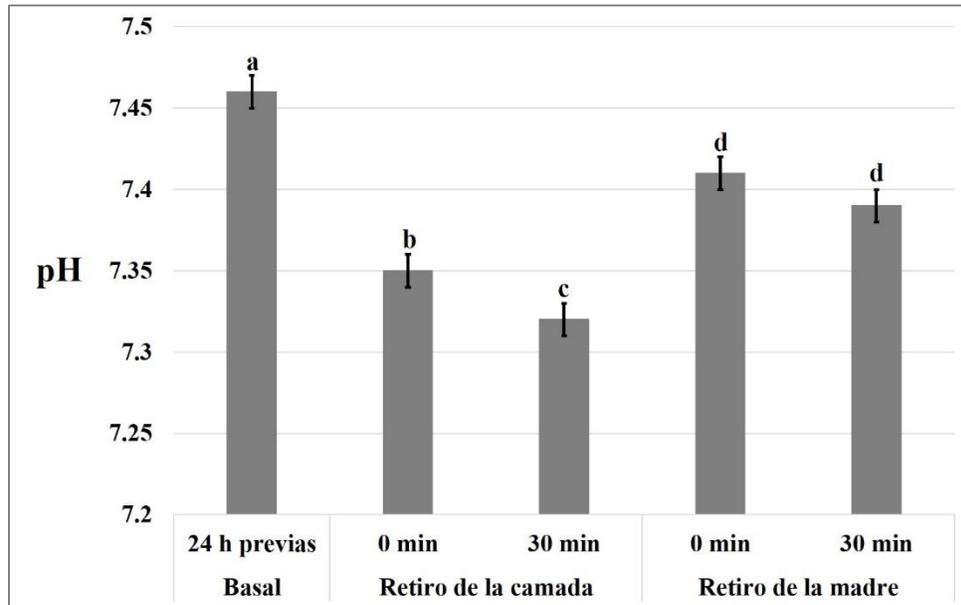
ambos tratamientos (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 112.67 ± 4.17 mg/dL y 30 min: 106.00 ± 2.15 mg/dL; Retiro de la madre 0 min: 108.53 ± 3.60 mg/dL y 30 min 98.96 ± 2.01 mg/dL) respecto al nivel basal que fue de 87.80 ± 3.68 mg/dL. Asimismo, las concentraciones de lactato mostraron aumento ($p < 0.05$) durante los 0 y 30 min posteriores a la separación en los dos tratamientos (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 40.75 ± 2.58 mg/dL y 30 min: 44.40 ± 2.80 mg/dL; Retiro de la madre 0 min: 34.57 ± 1.98 mg/dL y 30 min: 39.00 ± 2.22 mg/dL) en comparación con el valor basal (27.06 ± 1.65 mg/dL) (Fig. 5).



^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

Figura 5. Valoración de la glucosa y lactato en los tratamientos Retiro de la camada vs Retiro de la madre a los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 6 a 8 días de edad.

Referente al valor basal de pH tuvo una media aritmética de 7.46 ± 0.01 observándose una disminución ($p < 0.05$) tanto para el tratamiento Retiro de la camada (0 min: 7.35 ± 0.01 y 30 min: 7.32 ± 0.01) y Retiro de la madre (0 min: 7.41 ± 0.01 y 30 min: 7.39 ± 0.01) (Fig. 6).



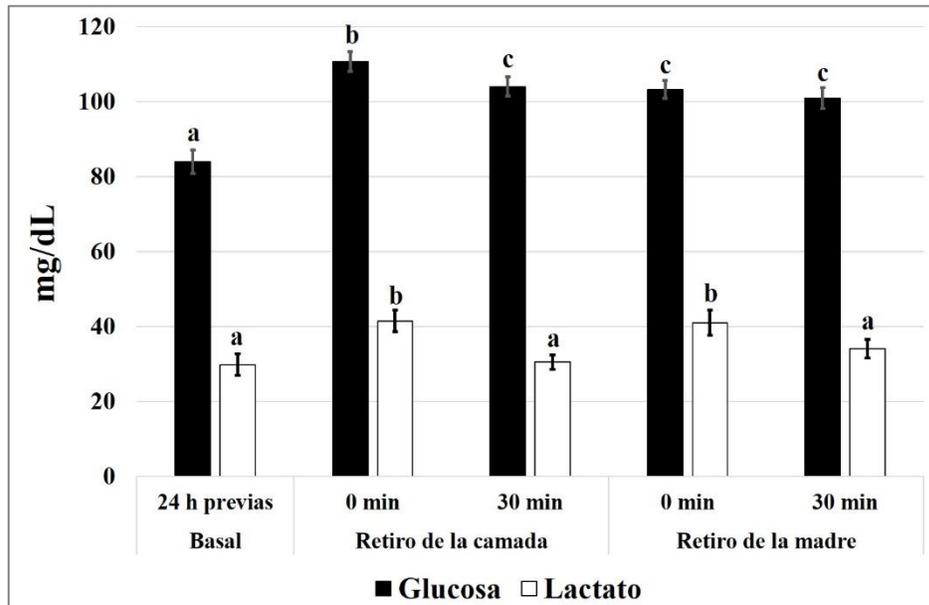
^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

Figura 6. Valoración del pH en el tratamiento Retiro de la camada VS Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 6 a 8 días de edad.

Grupo 2

6.2.2 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 14 a 16 días de edad

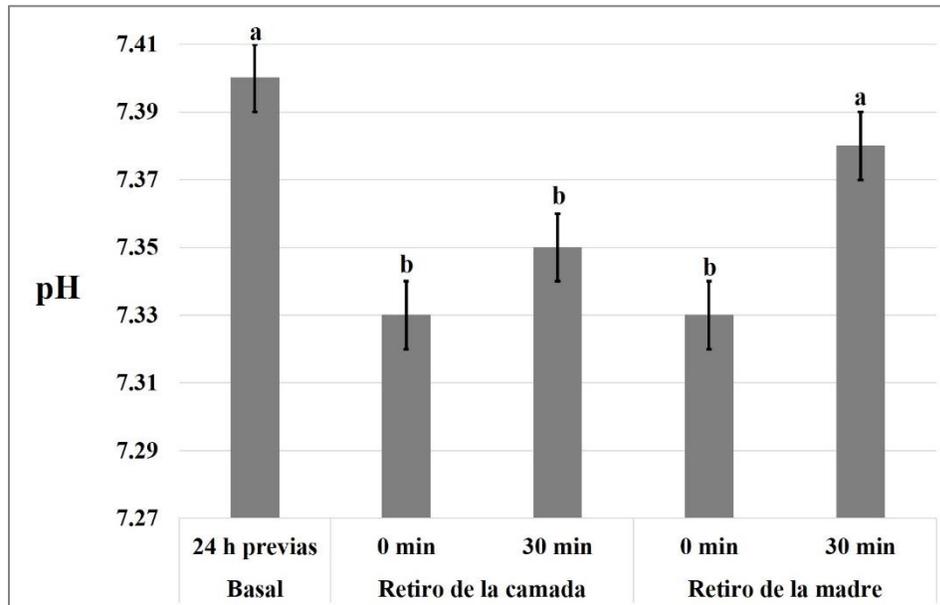
La media aritmética de la concentración de glucosa sanguínea en el valor basal fue de 84.06 ± 3.14 mg/dL observándose un importante aumento ($p < 0.05$) durante los 0 y 30 min posteriores a la separación madre-cría para ambos tratamientos (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 110.72 ± 2.62 mg/dL y 30 min: 104.10 ± 2.55 mg/dL; Retiro de la madre 0 min: 103.30 ± 2.47 mg/dL y 30 min 101.00 ± 2.76 mg/dL). Asimismo, las concentraciones de lactato mostraron un incremento ($p < 0.05$) únicamente durante los 0 min posteriores a la separación en los dos tratamientos (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 41.44 ± 2.87 mg/dL; Retiro de la madre 0 min: 41.00 ± 3.33 mg/dL), sin embargo, durante los 30 min post-separación no se apreciaron cambios significativos en ambos tratamientos (tratamiento Retiro de la camada 30 min: 30.50 ± 1.91 mg/dL; Retiro de la madre 30 min: 34.04 ± 2.54 mg/dL) en comparación con el valor basal que fue de 29.76 ± 2.90 mg/dL (Fig. 7).



^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

Figura 7. Valoración de la glucosa y lactato en los tratamientos Retiro de la camada vs Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 14 a 16 días de edad.

Relativo al valor basal de pH, este tuvo una media aritmética de 7.40 ± 0.01 observándose una disminución ($p < 0.05$) tanto para el tratamiento Retiro de la camada (0 min: 7.33 ± 0.01 y 30 min: 7.35 ± 0.01) y Retiro de la madre (0 min: 7.33 ± 0.01 y 30 min: 7.38 ± 0.01) (Fig. 8).



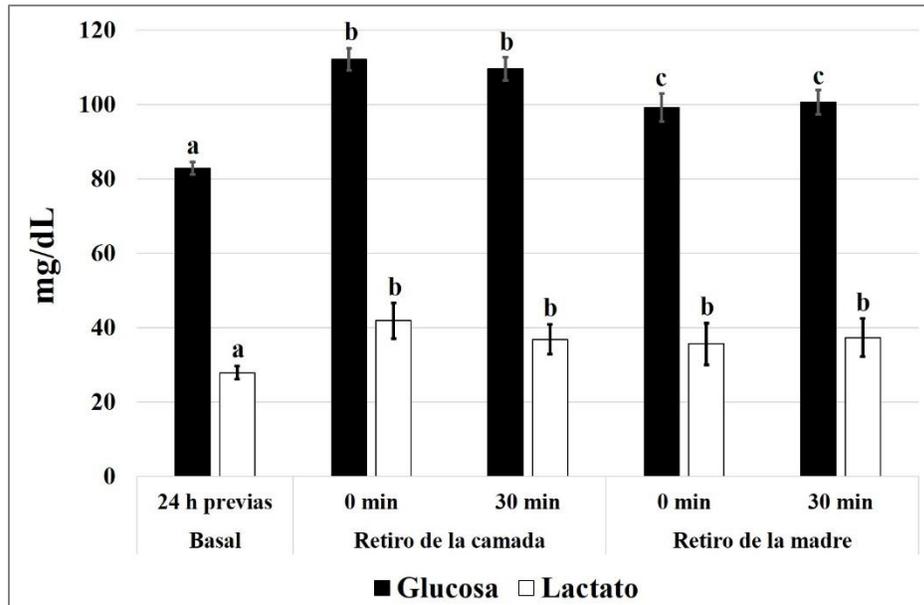
^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

Figura 8. Valoración del pH en el tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 14 a 16 días de edad.

Grupo 3

6.2.3 Efecto del tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre en lechones de 21 a 23 días de edad

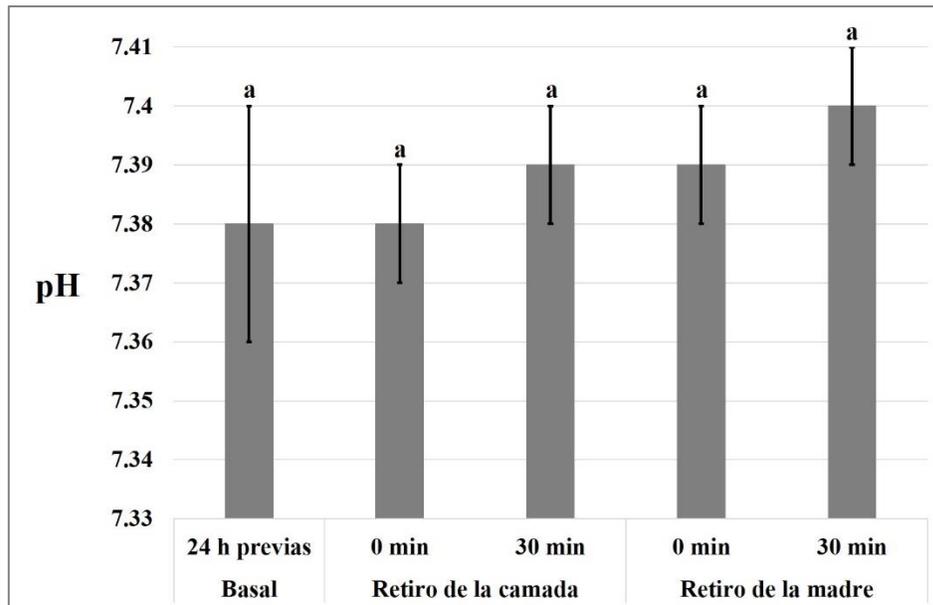
Los resultados obtenidos posterior a la separación madre-cría mostraron un evidente aumento ($p < 0.05$) en los niveles de glucosa sanguínea durante los 0 y 30 min posteriores a la separación en ambos tratamientos (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 112.18 ± 2.92 mg/dL y 30 min: 109.62 ± 3.12 mg/dL; Retiro de la madre 0 min: 99.25 ± 3.80 mg/dL y 30 min 100.71 ± 3.26 mg/dL) en comparación con el nivel basal que fue de 82.93 ± 1.69 mg/dL. Igualmente, las concentraciones de lactato mostraron un incremento ($p < 0.05$) durante los 0 y 30 min posteriores a la separación en ambos tratamientos (tratamiento Retiro de la camada 0 min: 41.85 ± 4.78 mg/dL y 30 min: 36.88 ± 4.07 mg/dL; Retiro de la madre 0 min: 35.64 ± 5.58 mg/dL y 30 min: 37.35 ± 5.10 mg/dL) en comparación con el valor basal que fue de 27.90 ± 1.73 mg/dL (Fig. 9).



abc, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

Figura 9. Valoración de la glucosa y lactato en los tratamientos Retiro de la camada vs Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 21 a 23 días de edad.

Concerniente al valor basal de pH, este tuvo una media aritmética de 7.38 ± 0.02 observándose una disminución ($p < 0.05$) tanto para el tratamiento Retiro de la camada (0 min: 7.38 ± 0.01 y 30 min: 7.39 ± 0.01) y Retiro de la madre (0 min: 7.39 ± 0.01 y 30 min: 7.40 ± 0.01) (Fig. 10).



^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

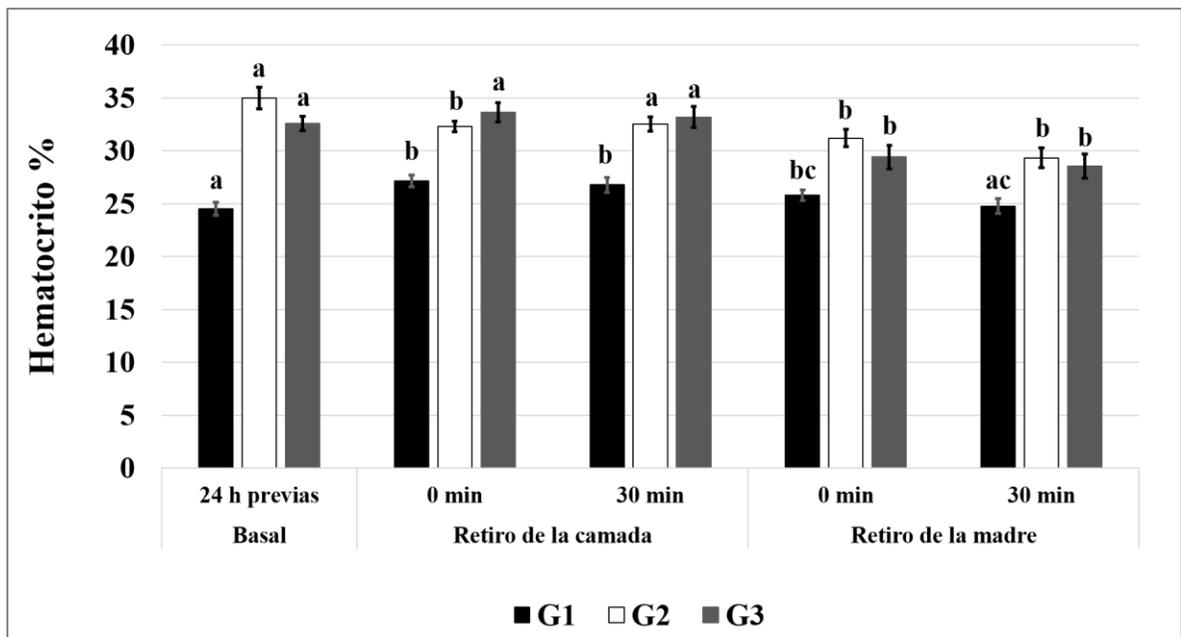
Figura 10. Valoración del pH en el tratamiento Retiro de la camada vs Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones de 21 a 23 días de edad.

6.3 Equilibrio hidroelectrolítico (Hematocrito, Na^+ , K y Ca^{++})

6.3.1 Efecto del tratamiento retiro de la camada vs retiro de la madre sobre el porcentaje de hematocrito del G_1 (6 a 8 días de edad), G_2 (14 a 16 días de edad) y G_3 (lechones de 21-23 días de edad).

Con respecto a los porcentajes de hematocrito, se pudieron observar aumentos ($p < 0.05$) tanto en el tratamiento Retiro de la camada (0 min: 27.14 ± 0.57 % y 30 min: 26.77 ± 0.70 %) y el tratamiento Retiro de la madre (0 min: 25.78 ± 0.50 % y 30 min: 24.77 ± 0.72 %) en lechones del G_1 .

Sin embargo, para los lechones del G₂, se apreció una disminución ($p < 0.05$) en los porcentajes de hematocrito tanto en el tratamiento Retiro de la camada (0 min: 32.31 ± 0.50 %) como en el tratamiento Retiro de la madre (0 min: 31.20 ± 0.82 % y 30 min: 29.33 ± 0.95 %), esta disminución ($p < 0.05$) en el porcentaje de hematocrito, también se presentó en lechones del G₃, pero únicamente en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la madre (0 min: 29.42 ± 1.11 % y 30 min: 28.53 ± 1.15 %) (Fig. 11).



^{abc}, Diferentes literales en la misma barra indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$).

Figura 11. Valoración del hematocrito en el tratamiento retiro de la camada vs retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría en lechones del G₁ (6 a 8 días de edad), G₂ (14 a 16 días de edad) y G₃ (lechones de 21-23 días de edad).

Referente a la concentración de sodio (Na^+), en lechones del G_1 se apreció un aumento ($p < 0.05$) en ambos tratamientos aplicados (tratamiento Retiro de la camada y tratamiento Retiro de la madre). En cuanto a la concentración de potasio (K^+), se observó una disminución ($p < 0.05$) solamente en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada, mientras que para las concentraciones de calcio (Ca^{++}) se observó un aumento ($p < 0.05$), de igual manera, únicamente en el tratamiento Retiro de la camada (*Cuadro 3*).

Cuadro 3. Media y error estándar sobre el metabolismo hídrico-mineral en lechones de 6 a 8 días de edad, en los tratamientos Retiro de la camada y Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría.

G_1					
Lechones de 6 a 8 días de edad					
	Basal n= 30	Retiro de la camada n= 30		Retiro de la madre n= 30	
	24 h previas	0 min	30 min	0 min	30 min
Variables	Med±ES	Med±ES	Med±ES	Med±ES	Med±ES
Temperatura (°C)	38.43±0.05 ^a	38.69±0.07 ^b	38.30±0.07 ^a	38.56±0.07 ^b	38.40±0.06 ^a
Na⁺ (mmol/L)	136.46±1.34 ^a	138.50±0.54 ^b	137.96±0.58 ^b	138.17±0.74 ^b	137.96±0.58 ^b
K⁺ (mmol/L)	5.49±0.18 ^a	4.91±0.20 ^b	4.88±0.13 ^b	5.52±0.14 ^a	5.23±0.11 ^a
Ca⁺⁺ (mmol/L)	1.35±0.02 ^a	1.45±0.05 ^b	1.46±0.05 ^b	1.31±0.03 ^a	1.32±0.03 ^a

^{abc}, Diferentes literales en la misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos (Basal, Retiro de camada y Retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$). n, número de lechones observados. ES, error estándar.

Concerniente a los niveles de potasio de potasio (K^+), en lechones del G_2 , se observó una disminución ($p<0.05$) a los 30 min post-separación madre-cría, únicamente en el tratamiento Retiro de la camada, las concentraciones de calcio (Ca^{++}) mostraron una disminución ($p<0.05$) tanto en lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada, así como, lo que recibieron el tratamiento Retiro de la madre (*Cuadro 4*).

Cuadro 4. Media y error estándar del metabolismo hídrico-mineral en lechones de 14 a 16 días de edad, en los tratamientos Retiro de la camada y Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría.

G_2					
Lechones de 14 a 16 días de edad					
	Basal n= 30	Retiro de la camada n= 30		Retiro de la madre n= 30	
	24 h previas	0 min	30 min	0 min	30 min
Variables	Med±ES	Med±ES	Med±ES	Med±ES	Med±ES
Temperatura (°C)	38.30±0.08 ^a	38.79±0.12 ^b	38.22±0.09 ^a	38.49±0.09 ^b	38.08±0.09 ^c
Na⁺ (mmol/L)	136.93±0.60 ^a	136.06±0.73 ^a	136.34±0.52 ^a	136.16±0.55 ^a	136.66±0.69 ^a
K⁺ (mmol/L)	5.66±0.21 ^a	5.52±0.13 ^a	5.08±0.11 ^b	5.56±0.12 ^a	5.17±0.10 ^a
Ca⁺⁺ (mmol/L)	1.38±0.03 ^a	1.23±0.02 ^b	1.25±0.02 ^b	1.26±0.02 ^b	1.25±0.02 ^b

^{abc}, Diferentes literales en la misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos (control, retiro de camada y retiro de la madre) según Tukey ($p<0.05$). n, número de lechones observados. ES, error estándar.

Por otro lado, para los lechones del G₃ en los valores de sodio (Na⁺), se pudo apreciar una disminución ($p < 0.05$) a los 30 min post-separación en el tratamiento Retiro de la camada. Relativo a la concentración de potasio (K⁺) se observó un aumento ($p < 0.05$) en ambos tratamientos aplicados (tratamiento Retiro de la camada y tratamiento Retiro de la madre). Por último, se pudo apreciar una disminución ($p < 0.05$) en las concentraciones de calcio (Ca⁺⁺), de igual manera en ambos tratamientos aplicados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Media y error estándar sobre el metabolismo hídrico-mineral en lechones de 21 a 23 días de edad, en los tratamientos Retiro de la camada y Retiro de la madre durante los 0 y 30 minutos post-separación madre-cría.

G₃					
Lechones de 21 a 23 días de edad					
	Basal n= 30	Retiro de la camada n= 30		Retiro de la madre n= 30	
	24 h previas	0 min	30 min	0 min	30 min
Variables	Med±ES	Med±ES	Med±ES	Med±ES	Med±ES
Temperatura (°C)	38.09±0.08 ^a	38.56±0.12 ^b	38.22±0.07 ^c	38.50±0.10 ^b	38.23±0.06 ^c
Na⁺ (mmol/L)	138.06±0.65 ^a	137.00±0.43 ^a	136.29±0.39 ^b	137.07±0.35 ^a	137.03±0.62 ^{ab}
K⁺ (mmol/L)	5.48±0.16 ^a	5.80±0.18 ^b	5.56±0.13 ^{ab}	5.93±0.16 ^c	5.80±0.20 ^{abc}
Ca⁺⁺ (mmol/L)	1.47±0.03 ^a	1.33±0.03 ^b	1.35±0.02 ^b	1.30±0.01 ^b	1.29±0.01 ^b
HCO₃	24.68±0.90 ^a	23.63±0.40 ^a	24.51±0.42 ^a	24.81±0.53 ^a	25.48±0.50 ^a

^{abc}, Diferentes literales en la misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos (control, retiro de camada y retiro de la madre) según Tukey ($p < 0.05$). n, número de lechones observados. ES, error estándar.

7. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que tanto el tratamiento Retiro de camada, como el tratamiento Retiro de la madre, provocaron diversos desajustes sobre el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base, metabolismo energético y equilibrio hídrico- mineral en los lechones, dichas alteraciones fueron observadas en los lechones de diferentes edades expuestos a los dos tipos de tratamientos aplicados (tratamiento Retiro de la camada y tratamiento Retiro de la madre).

Algunos autores han mencionado que la respuesta de fase aguda es el conjunto de mecanismos que se producen en el individuo como respuesta a cambios externos o internos como en ciertas situaciones de estrés, señalando que la activación de la corteza suprarrenal es más tardía que la respuesta catecolaminérgica y alcanza su máximo ente los 20 y 30 minutos posteriores a la exposición de la agresión (Ceciliani *et al.*, 2002; Gruys *et al.*, 2005). En este contexto se menciona que el destete ocasiona una respuesta de estrés agudo debido a los cambios sociales, ambientales y nutricionales a los que son sujetos los lechones (Main *et al.*, 2007). A consecuencia de este estrés, los lechones responden mediante una gran variedad de mecanismos adaptativos entrelazados: anatómicos, fisiológicos, bioquímicos, inmunológicos y conductuales (Colson *et al.*, 2006). Ante una situación de amenaza y con el objetivo de mantener su equilibrio, el organismo emite una respuesta fisiológica con el fin de intentar adaptarse. Moberg y Mench (2000) definen al destete como un estímulo causante de estrés (dolor, hambre, sed, condiciones climáticas severas, etc.) el cual rompe la homeostasis del organismo, a menudo con efectos perjudiciales en el metabolismo, provocando alteraciones en el comportamiento y cambios fisiológicos. Asimismo, como consecuencia del estrés, ocurren respuestas fisiológicas (aumento en el ritmo cardiaco y respiratorio), en las que se involucran el sistema autonómico, el sistema endocrino y el sistema inmune (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2007).

7.1 Intercambio gaseoso

Un hallazgo interesante que se encontró en el presente estudio, fueron los desequilibrios respiratorios que presentaron los lechones pertenecientes al G₁ (6-8 días de edad), observándose un incremento (19 % Retiro de camada vs 8 % Retiro de la madre) en la pCO₂ acompañado de una

disminución (50 % Retiro de camada vs 40 % Retiro de la madre) en la pO_2 y un descenso del pH. Estas alteraciones se observaron de manera más evidente en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada vs los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la madre. En relación a la pCO_2 y pCO_2 , DiBartola *et al.*, (2007) menciona que en animales normales el dióxido de carbono es un estímulo importante para la ventilación que posteriormente incrementa la conducción ventilatoria central para bloquear cualquier potencial incrementando los niveles en sangre de CO_2 . Cuando se acumula el CO_2 en los líquidos corporales, el centro respiratorio es estimulado, aumentando la ventilación y con ello la eliminación de este gas. Sin embargo en ciertas situaciones, como el estrés, se altera la capacidad de los pulmones para excretar CO_2 , elevándose la pCO_2 de los alveolos y de los líquidos corporales, así como disminuye el valor del cociente $(HCO_3^-)/(CO_2)$. Entonces, animales con reducciones marcadas de su conducción respiratoria no responden a estos estímulos y sufren hipercapnia (DiBartola *et al.*, 2007). Con lo que la acidosis respiratoria, o hipercapnia primaria, aparece cuando la producción de dióxido de carbono excede su eliminación por los pulmones. La acidosis respiratoria casi siempre es resultado de una insuficiencia respiratoria con una hipoventilación alveolar resultante, y se caracteriza por un incremento de pCO_2 , reducción del pH y un incremento compensatorio en la concentración de HCO_3^- sanguíneo (DiBartola, 2007; Cunningham y Klein, 2009).

Es importante señalar que en la presente investigación no hubo alteraciones en la pCO_2 en ninguno de los dos tratamiento aplicados (retiro de la camada y retiro de la madre) en lechones pertenecientes al G_2 (14-16 días de edad) y G_3 (21-23 días de edad). Sin embargo, si se pudieron observar alteraciones en la pO_2 , manifestándose descensos semejantes en ambos tratamientos aplicados en lechones del G_2 (19 % Retiro de la camada y 23 % Retiro de la madre), en cambio, para los lechones del G_3 se observó un descenso (13 %) únicamente en lechones a los que les fue aplicado el tratamiento Retiro de la madre. Un fenómeno similar ha sido observado en lechones de 8, 15 y 22 días de edad, que fueron destetados y transportados al sitio 2, se señala que estos fueron susceptibles a desequilibrios metabólicos, acido-base e hídricos (Roldan-Santiago *et al.*, 2014). En este sentido, en cerdos que son transportadas al matadero por 8 h y 16 h, se reportó que presentaron una disminución en la pO_2 (hipoxia) acompañada de hiperglucemia, lactoacidemia y evidencia de

deshidratación; se considera que dichas alteraciones en conjunto son posibles causas de afección en el bienestar animal (Becerril-Herrera *et al.*, 2010).

Por lo anterior, podemos indicar que para los lechones más pequeños de edad (G_1) hay mayores alteraciones respiratorias cuando es aplicado el tratamiento Retiro de la camada, pues hay incrementos en la pCO_2 acompañados de importantes descensos en la pO_2 , en cambio, cuando es aplicado el tratamiento Retiro de la madre en los lechones más grandes (G_2 y G_3) únicamente hay desajustes menores en la pO_2 .

7.2 Metabolismo energético

Las acciones de las catecolaminas implican la regulación del metabolismo intermediario y las respuestas que permiten a los animales ajustarse a situaciones que conllevan a estrés agudo (Cunnigham, 2003). Actualmente, los niveles de glucosa son considerados un indicador indirecto de estrés (Pollard *et al.*, 2002; Tadich *et al.*, 2005; Mota-Rojas, *et al.*, 2012) debido a la activación de la gluconeogénesis y glucogenólisis, mediado a través de las catecolaminas y/o glucocorticoides, aunque también varían con el estado nutricional del animal (con la privación de alimentos que conduce a la reducción de los niveles de glucosa; Shaw y Tume, 1992). En este aspecto, Mota-Rojas, *et al.* (2005) reportan que cuando se produce un desequilibrio metabólico y respiratorio, se afecta el potencial glicolítico hasta un cierto grado, dependiendo del nivel de estrés. Se sabe que los lechones destetados a los 6 días de edad muestran un aumento transitorio de la excreción de glucocorticoides al día siguiente de la separación de la vinculación madre-cría, además de mostrar una marcada disminución de la excreción de catecolaminas urinarias, lo anterior, es atribuido a una baja ingesta de alimento provocando un balance negativo de energía (Hay, *et al.*, 2001). Sin embargo, debido a que los glucocorticoides ejercen potentes efectos estimuladores sobre la gluconeogénesis, su secreción es también marcadamente activa durante los períodos de restricción de alimentos (Hay *et al.*, 2000). Las reservas de energía en los lechones son muy bajas al nacer. A pesar de que aumentan durante la primera semana de vida (Herpin, y Le Deidich, 1995), agotándose rápidamente bajo la privación prolongada de alimentos (Hay, *et al.*, 2000).

En la presente investigación se pudieron apreciar incrementos en las concentraciones de glucosa sanguínea durante los 0 y 30 min post-separación madre-cría en lechones de los tres grupos que recibieron ambos tratamientos (Retiro de la camada y Retiro de la madre), aunque es importante señalar que hubo un incremento notable en los valores de glucosa sanguínea en los lechones del G₃ con respecto a los niveles basales, además este incremento fue más evidente en lechones a los que se les aplicó el tratamiento Retiro de la camada (32 %) vs el tratamiento Retiro de la madre (21 %), valores que iban desde los 99 a 112 mg/dL, dichas concentraciones que se encuentran arriba de lo reportado por Buzzard *et al.* (2013), ya que mencionan que la concentración normal de glucosa sanguínea en lechones destetados a los 21 días de edad van desde 65 hasta 95 mg/dL. En este contexto, Steffens *et al.* (1990), señala que el eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA) y el sistema nervioso simpático (SNS), liberan glucocorticoides y catecolaminas, respectivamente, estos neurotransmisores, están implicados en una amplia gama de regulaciones homeostáticas, tales como el mantenimiento de la energía y adaptación. El eje HPA es muy sensible a la estimulación psicológica (Dantzer y Mormede, 1981), esto resulta clave para la activación de la secreción de glucocorticoides provocado por el estrés experimentado por los lechones cuando éstos son separados de sus madres (Rantzer *et al.*, 1997). La adrenalina es 10 veces más potente que la noradrenalina, desempeñando un papel mucho más importante en el control del metabolismo intermediario. Sus efectos en el metabolismo de la glucosa son similares a los del glucagón, y opuestos a los de la insulina (Cunnigham 2003). La adrenalina aumenta las concentraciones de glucosa en sangre, principalmente a través de la proporción de gluconeogénesis hepática, y también estimula la glucogenólisis en el músculo esquelético (Alarcón *et al.*, 2008).

Los resultados sugieren que la separación madre-cría en lechones tiene un efecto sobre la movilización de reservas energéticas, sin embargo, esta movilización de reservas es evidentemente fue mayor en los lechones que tienen más edad (G₃: 21-23 días) además que este incremento fue mayor en lechones que recibieron el tratamiento Retiro de camada.

Asimismo, los niveles de lactato obtenidos presentaron un incremento significativo en todos los lechones pertenecientes a los tres grupos que recibieron ambos tratamientos (Retiro de la camada y Retiro de la madre), sin embargo, es importante señalar que hubo un incremento notable

en lechones del G₁ con respecto a sus niveles basales, además que este aumento fue más evidente en lechones a los que se les aplicó el tratamiento Retiro de camada (64 %), vs el tratamiento Retiro de la madre (44 %). Hoy en día, el lactato se considera una variable clave como indicador en la evaluación del bienestar animal en varias especies (Hambrech *et al.*, 2005; Becerril-Herrera *et al.*, 2009; Becerril-Herrera *et al.*, 2010; Edwards *et al.*, 2010), es el producto final del metabolismo anaeróbico y es el principal ácido orgánico fijado en la acidosis metabólica así como, el principal contribuyente al déficit de base (Nordstrom, 2001). El lactato puede ser producido tanto en condiciones de hipoxia como en condiciones normales (sin hipoxia). La principal desventaja de la obtención de energía a través de la glicólisis anaeróbica, asociada al bajo rendimiento energético que se obtiene de ella, es que la mayor parte del piruvato se convierte en lactato o ácido láctico e iones H⁺, que al generarse en mayor cantidad incrementa la formación de niveles excesivos de ácidos metabólicos en el organismo, dando como resultado un proceso de acidosis metabólica y el descenso del pH sanguíneo (Vispo *et al.* 2002). El lactato es un indicador de estrés agudo, durante el cual sus concentraciones plasmáticas aumentan debido a la liberación de catecolaminas que pueden inducir una rápida glicólisis y su excesiva producción (Warner *et al.*, 2007). La adrenalina producida como respuesta al estrés estimula un desglose de glucógeno y producción de lactato en los músculos (Merlot *et al.*, 2011). Priuner y Hay (2005) indican que los niveles de lactato pueden incrementarse después de enfrentar un factor causante de estrés, originados por la movilización de las reservas de glucógeno muscular después de la estimulación de la adrenalina. El incremento de lactato que muestran todos los grupos de lechones evaluados, refleja un período de estrés agudo que conduce a una mayor actividad física, como lo menciona Warriss *et al.* (1994) y un subsecuente gasto excesivo de energía (Werner y Gallo 2008). En este sentido, Warriss *et al.*, (1994); Kaneko *et al.* (1997) y Hambrech *et al.* (2005); establecieron que los niveles de lactato indican el nivel de actividad a la que los animales están siendo sometidos en algún nuevo entorno. De esta manera, hay aumentos de lactato en un periodo corto de tiempo (30 min). Estudios realizados por Roldan-Santiago, *et al.*, (2011) mencionan que cerdos al momento de la matanza, presentan valores altos de Ca⁺⁺ y lactato, dos indicadores de agonía, mayor sensibilidad al dolor, y de acuerdo con los estudios más recientes esto produce estrés que afecta al bienestar animal.

Lo anterior podría explicar el incremento en las concentraciones de lactato que mostraron los lechones del G₁ con respecto a sus niveles basales, dado que el cambio de alojamiento (tratamiento Retiro de camada) generó que estos tuvieran mayor actividad y por lo tanto mayor movimiento dentro de la jaula, lo que implicó un mayor consumo de energía y oxígeno produciendo niveles superiores de lactato.

El pH regularmente se mantiene dentro de un rango estrecho por diversos sistemas amortiguadores en el organismo, sin embargo un desajuste es provocado por una compensación ácido-base deficiente o por trastornos metabólicos y respiratorios (Orozco *et al.*, 2008). Del mismo modo DiMarco *et al.*, (1976) señalan que existen cambios biológicos durante el estrés en el cerdo que incluyen una marcada disminución en el pH de la sangre e incremento en la concentración de lactato en sangre, lo anterior concuerda con lo encontrado en la presente investigación, donde se observó el descenso del pH en ambos tratamientos aplicados en los lechones del G₁ (6-8 días de edad) y G₂ (14-16 días de edad), así como el incremento en los niveles de lactato en ambos grupos.

Los resultados sugieren que los lechones cruzan por un proceso de acidosis respiratoria como resultado de una reducción en el pH y el incremento secundario en los niveles de lactato, estas son alteraciones características de este estado (DiBartola *et al.*, 2007), existiendo ambas alteraciones en ambos tratamientos aplicados, sin embargo estos cambios fueron mayores en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada.

7.3 Equilibrio hidroelectrolítico

Referente a los niveles de Na⁺ se apreció un incremento en ambos tratamientos aplicados en lechones del G₁ (6-8 días de edad), adicionalmente, se observaron incrementos en los niveles de calcio (8 %) y el porcentaje de hematocrito (9 %), cabe mencionar que estas dos últimas alteraciones únicamente fueron observadas en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada.

El hematocrito es el porcentaje del volumen sanguíneo ocupado por células, principalmente eritrocitos; permite evaluar la alteración de electrolitos y fluidos, siendo considerado como un

indicador moderadamente bueno de estrés (Tadich *et al.*, 2003). Anderson *et al.*, (1974) encontraron que los valores normales de hematocrito en lechones miniatura destetados a los 5 días de edad oscilaron entre 29.8 % a 32.8 %, lo anterior no coincide con lo encontrado en este estudio en dónde se observaron porcentajes de hematocrito entre 24.4 % a 27.14 %. Los resultados de la presente investigación sugieren que los lechones se encontraban en un estado de deshidratación, lo que coincide con lo señalado por Sutherland *et al.* (2009), quienes señalan que lechones destetados y transportados por 60 min presentaron un incremento en el hematocrito en comparación con sus niveles basales, sugiriendo que el cerdo se encuentra un estado de deshidratación. Además, cuando se presenta un incremento en la concentración sérica de sodio (hipernatremia), como lo encontrado en este grupo de lechones, se asocia con un consumo de agua inadecuado (DiBartola *et al.*, 2007). Asimismo, el aumento en la concentración de catecolaminas provoca contracción esplénica que produce un mayor porcentaje de eritrocitos (Caballero-Chacón, 2010; Roldan-Santiago, *et al.*, 2013), y por lo tanto, del hematocrito. Este fenómeno provoca el aumento de la viscosidad sanguínea y se debe, principalmente, a la contracción esplénica y, en parte, a la disminución del volumen plasmático por la salida del plasma desde los vasos hacia los tejidos (Jain, 1993). Las catecolaminas estimulan los receptores α -adrenérgicos que provocan la contracción de la musculatura lisa de la cápsula del bazo (Knowles y Warriss, 2006; Tadich *et al.*, 2005). El bazo puede almacenar hasta el 25% de los eritrocitos circulantes (Ganong, 1998), los cuales son fácilmente liberados en respuesta a una excitación o factor estresante (Bónez *et al.*, 2009). Esto también puede jugar un papel directo en la deshidratación, como resultado de la suma de factores tales como: la falta de agua, la pérdida de líquidos por orina, sudoración excesiva y taquipnea (Tadich *et al.*, 2000), en este sentido la deshidratación puede resultar en una leve hipercalcemia atribuible a la hemoconcentración. Es más, la deshidratación y la contracción de volumen estimulan un incremento de la reabsorción de sodio y calcio en el riñón. Un incremento en la concentración sérica de proteínas, especialmente la albúmina, puede resultar en una concentración elevada de tCa ya que existe más calcio unido a proteínas (DiBartola *et al.*, 2007).

Uno de los hallazgos más interesantes fue el descenso del porcentaje de hematocrito que presentaron los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la madre pertenecientes al G₂ (16 %)

y G₃ (12%) con respecto a sus valores basales. Datos de Dal Masetto *et al.* (2012) señalan que los lechones criados de forma intensiva (en confinamiento), a los 14 días de edad tienen valores del hematocrito de 36 % comparado con cerdos criados de manera extensiva, los cuales presentaron valores de 30 % de hematocrito, estos resultados que ellos reportan, fueron a causa del suministro de Fe dextrano intramuscular a los 3 días de vida en los lechones confinados. Estos datos están muy por encima de los valores encontrados en esta investigación. Por otra parte, Buzzard, *et al.* (2013) reportan que el valor del porcentaje de hematocrito en lechones destetados tanto clínicamente sanos como enfermos a los 21 días de edad oscila entre 29 % y 35 % respectivamente. El valor más bajo que se obtuvo en la presente investigación fue de 28.5 % en lechones del G₃, y únicamente se encontró en los que recibieron el tratamiento Retiro de la madre. En este sentido, se ha postulado que la disminución en el hematocrito puede ser debido al secuestro esplénico de las células rojas de la sangre (Usenik y Cronkite, 1965). Lleva entre 30 y 60 segundos para que se produzca una movilización esplénica como consecuencia de una mayor concentración de adrenalina circulante. El bazo secuestra la mayoría de los glóbulos rojos dentro de los primeros 30 minutos, aunque la mayor caída del hematocrito se observa dentro de los primeros 5 minutos (Boffi, 2007). Los valores bajos de eritrocitos también pueden aparecer en sangre cuando la masa total de eritrocitos es normal (anemia relativa) (Meyer y Harvey, 2007). Se ha reportado también que cuando el estrés es crónico el hematocrito puede estar disminuido (Broom, 2006).

Por otro lado, se observaron descensos en los niveles de potasio en los lechones que recibieron el tratamiento retiro de la madre (11 %) del G₁ (6-8 días de edad), así como el descenso (10 %) en lechones que recibieron el tratamiento retiro de la camada del G₂ (14-16 días de edad). Se menciona que las alteraciones ácido-base afectan a la distribución de potasio en el organismo. DiBartola y Autran (2007) mencionan que la alcalosis se asocia con el movimiento de iones K⁺ del líquido extracelular al líquido intracelular y la acidosis se asocia con el movimiento de iones de K⁺ del líquido intracelular hacia el líquido extracelular, también señalan que las catecolaminas y el exceso de mineralocorticoides pueden estar implicados en el descenso de la [K⁺].

Por último, en cuanto a la concentración de Ca⁺⁺ se menciona que el valor normal para lechones clínicamente sanos destetados entre los 21 y 28 días de edad es de 1.4 mmol/L (Buzzard, *et*

al., 2013). En la presente investigación fueron observados descensos en ambos tratamientos aplicados a los lechones del G₂ (9 % Retiro de la camada y Retiro de la madre) y G₃ (8 % Retiro de la camada vs 12 % Retiro de la madre), sin duda este descenso fue más evidente en lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la madre del G₃, lo cual se asocia con un incremento de la excitabilidad neuromuscular. Aunado a esto, se menciona que la calcitonina, una hormona producida por las células de la glándula tiroides, también afecta al metabolismo del calcio. La calcitonina contrarresta los efectos de la hormona paratiroidea (PTH) porque produce una hipocalcemia. Su efecto sobre el metabolismo mineral se aprecia principalmente en el hueso, donde disminuye el movimiento del calcio desde el depósito lábil (tras la barrera osteoblasto- osteocitaria) al líquido extracelular y reduce la resorción ósea ejerciendo un efecto inhibitorio sobre los osteoclastos. La calcitonina también incrementa la excreción renal de calcio y fósforo. El control de su secreción se realiza a través del calcio, cuyas concentraciones elevadas producen un incremento de la secreción de calcitonina. El control fisiológico del metabolismo del calcio mediante la calcitonina funciona en situaciones de hipercalcemia con una secreción aumentada de calcitonina de forma simultánea a la inhibición de la secreción de PTH. En condiciones de hipocalcemia, se inhibe la síntesis de calcitonina y la PTH se convierte en la responsable del restablecimiento de las concentraciones normales de calcio en los líquidos extracelulares (Cunningham y Klein, 2009). Esto puede ser una posible explicación al descenso en los valores de calcio ante el estrés producido por ambos tratamientos aplicados.

El destete en lechones puede implicar más que la separación de la madre y el cambio en la alimentación que ella produce, ya que los lechones, al ser destetados, son alojados en un nuevo ambiente, por lo que tienen que adaptarse a nuevos olores y sonidos (Weary *et al.*, 2008), en este sentido, se menciona que los cerdos son muy sensibles al estrés, sin embargo, son capaces de adaptarse a nuevas situaciones que implican un esfuerzo adicional. Entre las respuestas fisiológicas de adaptación, se va a producir la activación del eje simpático-adrenal, hay un incremento de la secreción de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) (Leonard, 2005), las cuales provocan un aumento del gasto cardíaco, del consumo de oxígeno y de la temperatura corporal, así como disminución del pH, aumento en la acumulación de ácido láctico (Hambrecht *et al.*, 2003, 2004; Becerril-Herrera, *et al.*, 2010) y de la gluconeogénesis (Alarcón *et al.*, 2008), aumentando así la tasa metabólica basal (Mota-Rojas *et al.*, 2006; Becerril-Herrera *et al.*, 2010).

8. CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el destete es, sin duda, un evento estresante que origina varias respuestas fisiometabólicas, esencialmente porque durante el destete el lechón no sólo debe enfrentarse a la separación de su madre, sino también, experimenta cambios en su ambiente y manipulaciones a las cuales, no está preparado.

El tratamiento Retiro de camada y el tratamiento Retiro de la madre provocaron diversos desajustes en el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base, metabolismo energético y equilibrio hidroelectrolítico, sin embargo, es importante señalar que estas alteraciones han sido mayores en los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la camada vs lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la madre.

Al aplicar el tratamiento Retiro de la camada provocó un mayor consumo de energía y oxígeno, produciendo mayores niveles en la $p\text{CO}_2$, glucosa y lactato, acompañado del descenso importante en los niveles de la $p\text{O}_2$, comparado con los lechones que recibieron el tratamiento Retiro de la madre.

La aplicación del tratamiento Retiro de la camada provocó incrementos en los niveles de Ca^{++} y hematocrito en los lechones pertenecientes al G_1 (6-8 días de edad).

El tratamiento Retiro de la madre provocó un mayor descenso del hematocrito en lechones pertenecientes al G_2 (14- 16 días de edad) y G_3 (21-23- días de edad).

Finalmente, la presente investigación permite conocer el perfil integral fisiometabólico del lechón destetado bajo dos estrategias diferentes. Esta información generada, podría servir para elegir la mejor estrategia al momento del destete, tratando de causar el menor estrés en el lechón y de esta manera mejorar el bienestar en esta etapa que es crítica en la vida productiva del cerdo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera-Arango, E., González, V.A. y Rojas-Gutierrez, A. 2007. Efecto del estrés calórico durante el transporte y reposo previo al sacrificio, sobre el perfil metabólico, gasometría sanguínea y calidad de la canal de codorniz (*Countrix countrix japónica*) Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis de licenciatura. p.p. 11-53.
- Aherne, F.X. 1982. Memorias IV Reunión Proteína Aminoácidos. México. D.F. Sep. 3. pp. 31-37.
- Ahlström, S., Jarvis, S, Lawrence, A.B. 2002. Savaging gilts are more restless and more responsive to piglets during the expulsive phase of parturition. *Applied Animal Behaviour Science*, 76: 83-91.
- Alarcón, R. A. D., Gamboa, A. J.G. y Janacua, V. H. 2008. El papel de las hormonas en el estrés porcino. *Tecnociencia 2*. 72-80.
- Alexander, T.J.L., Thornton, K., Boon, G., Lysons, R.J. y Gush, A.F. 1980. Medicated early weaning to obtain pigs free from pathogens endemic in the herd of origino *Vet Record* 106:114-119.
- Algers, B. 1984. Early weaning and cage rearing of piglets: influence on behaviour. *Zbl. Vet. Med. Reihe A*. 31:14-24.
- Alonso-Spilsbury, M. y Mayagoitia, L. 1998. Maternal behaviour of the Mexican hairless pig (Pelón Mexicano) under agro-forestry conditions. *Proc. of the 32th Congress of the ISAE. Y. Veisser, A. Boissy (Eds.)* Clermont- Ferrand, France. p. 208.
- Alonso-Spilsbury, M., Ramírez, R., Mota, D., Mayagoitia, L., Méndez, D. 1998. Ethological observations and productivity of the Mexican hairless pig (Pelón Mexicano) under agro-forestry conditions. *Proc of the 15th IPVS Congress*. Birmingham, England. 5-9 July. p.5.
- Alonso-Spilsbury, M., Ramirez-Necoechea, R., Gonzalez-Lozano, M., Mota-Rojas, D. y Trujillo-Ortega, M.E. 2007. Piglet survival in early lactation: A review. *J Anim Vet Adv* 6:76-86.
- Anderson, A.A., Filer, L.J., Jr. Fomon, S.J., Anderson, D.W., Nixt, T.L., Jensen, R.I. y Nelson, S.E. 1974. Bioavailability of different sources of dietary iron fed to Pitman. Moore miniature pigs. *J Natur*. 104: 619-628.

- Averos, X., Herranz, A., Sanchez, R., Comella, J.X., Gosalvez, L.F. 2007. Serum stress parameters in pigs transported to slaughter under commercial conditions in different seasons. *Veterinarni Medicina* 52, 333–342.
- Baxter, S. H. 1984 Intensive Pig production: Enviromental Managment and Design. U. K: Granada. 471 pp.
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Trujillo Ortega, M.E., Guerrero-Legarreta, I., Ramírez-Necoechea, R., Roldan-Santiago, Pérez-Sato, M., Soní-Guillermo, E. y Mota-Rojas, D. 2010 Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an Abattoir. *Meat Science* 86, 945–948.
- Berry, R.J. y Lewis, N.J. 2001. The effect of duration and temperature of simulated transport on the performance of early-weaned piglets. *Can J Anim Sci* 81:199-204.
- Blackshaw, J.K. y Hagels, A.M. 1990. Getting-up and lyingdown behaviours of loose-housed sows and social contacts between sows and piglets during day 1 and day 8 after parturition. *Appl. Amin. Behav. Sci.* 25: 61-70.
- Blanco, M., Casasús, I. y Palacio, J. 2009. Effect of age at weaning on the physiological stress response and temperament of two beef cattle breeds. *Animal* 3(1):108-117.
- Boffi F. M. 2007. Fisiología del ejercicio equino. Ed. Intermédica, Buenos Aires, República Argentina, p.p.174.
- Bórnez, R., Linares, M.B. y Vergara, H. 2009. Haematological, hormonal and biochemical blood parameters in lamb: effect of age and blood sampling time. *Lives Sci* 121:200-206.
- Bollen, J.A., Hansen, A.K. y Rasumssen, H.J. 2000 The Laboratory Swine. Boca Raton, Florida: CRC Press pp. 14-15.
- Brambell F.W.R. 1965. Report of the Technical Committe to enquire into the welfare of animal kept under intensive livestock husbandry systems. Command Report 2. 836. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Britt, J.H. 1996. Biology and management of the early weaned sow. Proceedings of the American Association of Swine Practitioners 27th Annual Meeting pp. 417-426.
- Buzzard, B.L., Edwards-Callaway, L.N., Engle, T.E., Rozell, T.G. y Dritz, S.S. 2013. Evaluation of blood parameters as an early assessment of health status in nursery pigs. *J swine Health Prod.* 21: 148-151.

- Breazile, J. 1988. The physiology of stress and its relationship to mechanisms of disease and therapeutics. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 3 (4): 441-480.
- Brent, G., Hovell, D., Ridgeon, R.F. y Smith, W. J. 1977. Destete precoz de los lechones. 2ª Edición. Editorial Aedos. Barcelona, España. pp. 7, 16, 21, 78, 102-115, 135-145.
- Broom DM. 1988. The scientific assessment of animal welfare. *Appl Anim Behav Sci* 20:5-19.
- Broom, D.M. 2003. Transport stress in cattle and sheep with details of physiological, ethiological and other indicator. *Dtsch Tierärztl Wschr.* 110:83-89.
- Broom, D. M. 2005. The effects of land transport on animal welfare. *Rev Sci Tech Off int Epiz* 24 (2): 683-691.
- Broom DM. 2006. Behaviour and welfare in relation to pathology. *Appl Anim Behav* 97:73-83.
- Bruininx, E., Heetkamp, M.J.W, Van den Bogaart, A., Van der Peet-schwering, O.M.C., Beynen, A.C. y Everts, H. 2002 A prolonged photoperiod improves feed intake and energy metabolism of weanling pigs. *J Anim Sci* 80:1736-45.
- Bow, K. 1993. The effect of age at weaning and post-weaning environment on the behavior of pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 43:173-180.
- Bøe K. 1991. The process of weaning in pigs: when the sow decides. *Appl Anim Behav Sci* 30: 47-59.
- Caballero-Chacón, S. y Villa-Godoy, A. 2010. Fisiología Veterinaria e Introducción a la fisiología de los procesos productivos. 1ª edición UNAM, México. pp. 299, 321
- Castro G. 1995. Isowean multi-sitios. Proceedins of the 7th Pig International Company Intemational Seminar; 1995 June Bth; Des Moines, Iowa, USA. USA: Pig International Company, p.p. 8-24.
- Campbell, J.M., Crenshaw, J.D y Polo, J. 2013. The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 4: 19.
- Ceciliani, F., Giordano, A. y Spagnolo, V. 2002. The systemic reaction during inflammation: the acute-phase proteins. *Protein and peptide letters* 9, 211-223.

- Chapinal, G., Dalmau, A., Fàbrega, G., Manteca, X., Ruiz, J. L. y Velarde, A. 2006. Bienestar del lechón en la fase de lactación, destete y transición. *Avances en Tecnología Porcina* (3):77-89.
- Cisneros, G.F. 2000. Efectos del estrés en la producción porcina. *Los porcicultores y su entorno*. 3:11- 314.
- Colson, V., Orgeur, P., Foury, A. y Morme`de, P. 2006. Consequences of weaning piglets at 21 and 28 days on growth, behaviour and hormonal responses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 98: 70–88.
- Cronin, G. M. y van Amerongen, G. 1991. The effects of modifyng the farrowing enviroment on sow behaviour and survival and growth of piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30: 287-298.
- Cruz HM. 1994. Tratado de Pediatría España. Espaxs. 142 pp.
- Cunnigham, J. G. 2003. Fisiología Veterinaria 3ª edición. Ed. Elsevier. España. Greco, D. y Stabenfeldt, G. H. Cap. 32. Endocrinología. pp. 324- 372
- Cunningham, J. G. y Kelin, B. G. 2009. Fisiología Veterinaria 4ta edición. Ed. Elsevier España. El transporte de los gases en sangre. pp.599, 600. Homeostasis ácido- base. pp.634
- Dal Masetto, M.L., Vidales, G., Echevarria, L. y Bérèterbide, J. 2012. Evaluación de los niveles de hemoglobina en lechones lactantes provenientes de sistemas de producción de cerdos de ciclo completo a campo y en confinamiento. *Vet. Arg.* – 29 (289).
- Dantzer, R. y Mormede, P. 1981. Influence du mode d'eÂlevage sur le comportement et l'activiteÂ hypophyso-corticosurreÂnalianne du porcelet. *Reprod Nutr Dev* 21:661-670.
- Davis, M.E., Sears, S.C., Apple, J.K., Maxwell, C.V. y Johnson, Z.B. 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* 84:743-56.
- Day, J.E.L., Spoolder, H.A.M., Burfoot, A., Chamberlain, H.L. y Edwards, S.A. 2002. The separate and interactive effects of handling and environmental enrichment on the behaviour and welfare of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 75: 177-192.
- De la Fuente, V.J. 2003. Bienestar animal en el transporte de conejos a matadero. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria. España. P.p. 2- 85; 110-233.

- Dellmier, G.R. y Friend, T.H. 1991. Behaviour and extensive management of domestic sows (*Sus scrofa*) and litters. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 29:327-341.
- DiMarco N. M., Beitz, D.C., Young, J.W., Topel, D.G. y Christian, L.L. 1976. Gluconeogenesis from lactate" in liver of stress-susceptible and stress- resistant pigs. *J. Nutr.* 106:710
- Dritz. S., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Tokach. M. D. y Chengappa, M.M. 1994. Application of segregated early weaning technology in the commercial swine industry. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* 16: 677-685.
- Duran, R. 1990. *Mundo Ganadero* (4) pp.38-42.
- English, R. P. 1992. Crecimiento y finalización del cerdo. Editorial el manual moderno. México. Pp. 45.
- Epperson, B. 2002. El valor del sistema todo dentro, todo fuera y destete temprano [En línea]. Universidad de Dakota del Sur. <<http://www.porcicultura.com/menu/maratic.htm>> [Consulta: 20 de abril del 2012].
- Fraser, D. 1990a. Behavioural perspectives on piglet survival. *Journal Reproduction and Fertility, Supplem.* 40: 355-370.
- Fraser, D. 1990b. Behavioural mechanism of milk ejection of the domestic pig. *Appl. Anim. Ethol.* 6: 247-255.
- Fuentes, M., Otal, J., Hevia, M.L., Quiles, A. y Fuentes, F.C. 2012 Effect of olfactory stimulation during suckling on agonistic behavior in weaned pigs. *J. Swine Health Prod.* 20 (1): 25- 33.
- Grandin T. 2000 *Livestock handling and transport*. 2ª edition, Wallingford, Oxon, Uk: CABI Publishing: Oxon 3ª ed p.p 1-58.
- Gondret, F., Lefaucheur, L., Louveau, I., Lebret, B., Pichodo, X. y Le Cozler Y. 2005 Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight. *Livest Prod Sci* 93:137-146.
- Gómez, A. 2006. El destete y la fisiología del lechón. En: I Seminario internacional sobre sistemas sostenibles de producción en especies menores. Popayá, p. 34.
- Gonzalez-Lozano M, Mota-Rojas D, Velazquez-Armenta EY, Nava-Ocampo AA, Hernandez-Gonzalez R, Becerril- Herrera M., Trujillo-Ortega ME, Alonso-Spilsbury M. 2009a. Obstetric and fetal outcomes in dystocic and eutocic sows to an injection of exogenous oxytocin during farrowing. *Canadian Veterinary Journal* 50, 1273–1277.

- Gonzalez-Lozano, M., Trujillo-Ortega, M.E., Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Ramirez-Necochea, R., Hernandez-Gonzalez, R. y Mota-Rojas D. 2009b. Effects of oxytocin on critical blood variables from dystocic sows. *Veterinaria Mexico* 40, 231–245.
- Gruys, E., Toussaint, M. J., Niewold, T.A., Koopmans, S.J., 2005. Acute phase reaction and acute phase proteins. *J Zhejiang Univ Sci B* 6:1045-56.
- Guerrero, M.Y., Flores-Peinado, S.C., Becerril-Herrera, M., Cardona-Leija, A., Alonso-Spilsbury, M., Zamora-Fonseca, M.M., Toca, J., Ramírez, T. J.A. y Mota-Rojas, D. 2007 Insensibilization of california breed rabbits and it's effects on sanguineous pH, temperatura, glucosa levels, creatine kinase and salughter performance. *J. Anim. Vet. Adv.* 6(3): 410-415.
- Guiraudie-Capraz, G., Slomianny, M.C., Pageat, P., Malosse, C., Cain, A.H., Orgeur, P. y Nagnan-Le Meilour, P. 2005 Biochemical and Chemical Supports for a Transnatal Olfactory Continuity through Sow Maternal Fluids. *Chem. Senses* 30:24- 251.
- Gupta, S., Earley, B. y Crowe, M.A. 2007. Effect of 12-hour road transportation on physiological, immunological and hematological parameters in bulls housed at different space allowances. *Vet J* 173:605-616.
- Hambrecht, E., Eissen, J.J., y Verstegen, M.W.A. 2003. Effect of processing plant on pork quality. *Meat Science* 64: 125–131.
- Hambrecht, E., Eissen, J.J., Nooijen, R.I.J., Ducro, B.J., Smits, C.H.M. y den Hartog, L.A. 2004. Pre-slaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. *Journal of Animal Science* 82: 1401–1409.
- Hambrecht, E., Eissen, J.J., Newman, D.J., Smits, C.H.M., den Hartog, L.A. y Verstegen, M.W.A. 2005. Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. *J Anim Sci* 83:440-448.
- Harris, D.L. y Alexander, T.J.L. 2000. Methods of disease control. In: Straw BE, D'Allaire S, Mengeling WL, Taylor DJ, editors. Diseases of swine 8th edition. Iowa State University Press/ AMES, IOWA USA, p.p. 1077-1110.
- Harris, H. D. L. 2002. Técnicas de eliminación de enfermedades [En línea]. Universidad estatal de Iowa. <<http://www.porcicultura.com/menu/maratic.htm>> [Consulta: 3 de abril del 2012].

- Hay, M., Orgeur, P., Levy, F. Dividich, J., Concordet, D. Nowak, R., Benoist, S., y Mormede, P. 2001 Neuroendocrine consequences of very early weaning in swine. *Physiology & Behavior* 72: 263-269.
- Häubi- Segura, C.U. 2010 Balance ácido-básico en medicina veterinaria: otra visión. En: Fisiología Veterinaria e Introducción a la Fisiología de los Procesos Productivos. (Editores) Caballero-Chacón y Villa- Godoy. UNAM. p.p. 445.
- Herpin, P. y Le Dividich, J. 1995. Thermoregulation and the environment. In: Varley MA, editor. The neonatal pig development and survival. Wallingford: CAB International, p.p. 57- 95.
- Herskin, M. S., Jensen, K. H. y Thodberg, K. 1998 influence of environmental stimuli on maternal behavior related to bonding, reactivity and crushing of piglets in domestic sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58: 241-254.
- Herskin, M.S., Munksgaard, L. y Ladewig, J. 2004. Effects of acute stressors on nociception, adrenocortical responses and behavior of dairy cows. *Physiol Behav* 83:41-420.
- Hohenshell, L.M., Cunnick, J.E., Ford, S. P., Kattesh, H.G., Zimmerman, D.R., Wilson, M. E., Matteri, R. L., Carroll, J.A. and Lay, D.C. Jr. 2000 Few differences found between early- and late-weaned pigs raised in the same environment. *J Anim Sci* 78:38-49
- Horrell, R.I. y Bennett, J. 1981. Disruption of teat performance and retardation of growth following cross fostering of 1 week old pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26: 363-372.
- Horrell, R.I. 1982. Immediate behavioural consequence of fostering 1 week-old piglets. *J. Agric. Sci. Camb.* 93:329-336.
- Horrell, R.I. y Mim Eaton. 1984 Recognition of Maternal Environment in Piglets: Effects of Age and Some Discrete Complex Stimuli. *The Quarterly Journal Experimental Psychology* 36: 119- 130.
- Horrell, I. y Hodgson, J. 1992a. The bases of sow-piglet identification. 1. The identification by sows of their piglets and the presence of intruders. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 33: 319- 327.
- Horrell, I. y Hudgson, J. 1992b The bases of sow-piglet identification. 2. Cues used by piglets to identify their dam and home pen. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 33: 329-343.
- Hohenshell, L.M., Cunnick, J.E., Ford, S. P., Kattesh, H.G., Zimmerman, D.R., Wilson, M. E., Matteri, R. L., Carroll, J.A. and Lay, D.C. Jr. 2000 Few differences found between early- and late-weaned pigs raised in the same environment. *J Anim Sci* 78:38-49

- Hyun, Y., Ellis, M., Riskowski, G., y Johnson, R.W. 1998. Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J Anim Sci* 76:721-7.
- Illmann, G., Shrader, L., Spinka, M. y Sustr, P. 2002 Acoustical Mother-Offspring Recognition in pigs (*Sus scrofa domestica*). *Behaviour* 139: 487-505.
- Jensen, P. 1986 Observation on the maternal behaviour of free-ranging domestic pig. *Appl Anim. Behav. Sci.* 16: 131-142.
- Jensen, P. 1988. Maternal behaviour and mother-young interactions during lactation in free-ranging domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 20:297-308.
- Jensen, P. y Recén, B. 1989. When to wean: observations from free-ranging domestic pigs. *Appl Anim Behav Sci* 23: 49-60.
- Jonson, A. R. y Autran de, M. H. 2007 Capítulo 11. Alteraciones ácido- base respiratorias. Fuidoterapia, electrolitos y desequilibrios ácido-base en pequeños animales. DiBartola, P. S. 2007 España. 3ª edición Ed. Gráfica IN-Multimédica S.A. pp. 288, 292, 293, 296,
- Kaneko J, Harvey J, Bruss M. 1997. Clinical Biochemistry of domestic animals. 6th ed. San Diego, USA: Academic Press,p.p. 230.
- Kanitz, E., Tuchscherer, M., Puppe, B., Tuchscherer, A. y Stabenow, B. 2004. Consequences of repeated early isolation in domestic piglets (*Sus scrofa*) on their behavioral, neuroendocrine, and immunological responses. *Brain, Behavior, and Immunity* 18: 35-45.
- Kato, M. L. y Suárez, B. 1996. Crisis, apertura y sobre vivencia en la porcicultura mexicana. *Comercio exterior* 46(8): 657-663.
- Knol, E.F., Ducro, B.J., Van Arendonk, J.A.M. y Van der Lande, T. 2002 Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing, pre-weaning and total piglet survival. *Livest Prod Sci* 73:153-164.
- Knowles T, Warriss P. Stress physiology of animals during transport. In: Livestock handling and transport, eds. Temple Grandin. 3 ed.; 2006.
- Koketsu Y, Dial GD. 1998. Interactions between the associations of parity, lactation length, and weaning-to-conception interval with subsequent litter size in swine herds using early weaning. *Prev Vet Med* 37: 113-120.

- Koketsu, Y., Dial, G.D., Pettigrew, J.E. y King, V.I. 1997. Influence of feed intake during individual weeks of lactation on reproductive performance of sows on commercial farms. *Uvest Prod Sci* 49: 217-225
- Lay, D. y Wilson, M. 2001. Physiological indicators of stress in domestic livestock. Symposium on Concentrated Animal Feeding Operations Regarding Animal Behavior, Care, and Well-Being, Indiana; p.p. 1-25.
- Leibbrandt, V., D., Ewan, R.C., Speer, V.C., y Zimmerman, D.R. 1975. Effect of weaning and weaning age on baby pig performance. *Journal of Animal Science*. 40: 1077-1080.
- Leonard, B.E., 2005. The HPA and immune axes in stress: the involvement of the serotonergic system. *European Psychiatry* 20: S302-S306.
- Lewis, N.J. y Berry, R.J. 2006 Effects of season on the behaviour of early-weaned piglets during and immediately following transport. *Appl Anim Behav Sci* 100:182-92.
- Main, R.G., Dritz, S.S., Tokach, M.D., Goodband, R.D. y Nelssen, J.L. 2004. Increasing weaning age improves pig performance in a multisite production system. *J. Anim. Sci.* 82:1499–1507.
- Malentínská, J., Spinka, M., Víchivá, J. y Stehulová, L.I. 2002 Individual Recognition of piglets by Sows in the Early Post-Partum Period. *Behaviour*, 139: 975-991.
- Martinez-Rodriguez, R., Mota-Rojas, D., Trujillo-Ortega, M.E., Orozco-Gregorio, H., Hernandez-Gonzalez, R. y Roldan-Santiago, P. 2011. Physiological response to hypoxia in piglets of different birth weight. *Italian J Anim Sci* 10:250-253.
- McCracken, K.J., Kelly, D. 1993. Development of digestive function and nutrition/disease interactions in the weaned pig. En: Farrell, D.J. (Ed.) Recent advances in Animal Nutrition in Australia 1993. Department of Biochemistry, Microbiology and Nutrition, University of England, Armidale, Australia, pp. 182- 192.
- Messe, G.B. y Baldwin, B.A. 1975. Effects of olfactory bulb ablation on maternal behavior in sows. *Appl. Anim. Ethol.* 1: 379- 386.
- Metz, J.H.M., y Gonyou, H.W. 1990. Effect of age and housing conditions on the behavioral and haemolytic reaction of piglets to weaning. *Applied Animal Behaviour Science*. 27; 299-309.
- Meyer, J.D. y Harver W.J. 2007. Medicina laboratorial veterinaria. Interpretación y diagnosis (3ª ed), España; Multimedica Ediciones Veterinaria p.p. 452.

- Miller M. 1994. Early weaning: A way to expando Pork. 14:32-35.
- Moore, A.S., Gonyou, H.W., Stookey, J.M., Melaren, D.G. 1994. Effect of group composition and pen size on behaviour, productivity and immune response of growing pigs. *Appl Anim Behav Sci* 40: 13-30.
- Morberg, G.P. 1985 Biological response to stress: Key to assessment of animal well-being? En *Animal Stress*, G.P. Morberg, ed. American Physiological Society, Maryland, p. 27-50.
- Moberg, G.P. y Mench, J.A. 2000. *The Biology of Animal Stress: basic principles and implications for animal welfare*. CABI Publishing.
- Morilla, G. A. 1997. Manual para el control de las enfermedades infecciosas de los cerdos. Editado por INIFAP-SAGAR y PAIEPEME, A. C. México, DF. Pp.37-54.
- Mormède P, Andanson S, Aupérin B, Beerda B, Guémené D, Malmkvist J, et al. 2007. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol Behav* 92: 317-339.
- Morrow-Tesch, J.L. y McGlone, J.J. 1990 Sources of maternal odors and development of odor preferences in baby pigs. *J. Anim. Sci.* 68: 3563- 3572.
- Mota-Rojas, D., Alonso-Spilsbury, M., Mayagoitia, L., Trujillo, M.E., Valencia, J. y Ramírez-Necoechea, R. 2002. Lactational estrus induction in the Mexican Hairless sow. *Animal Reproduction Science* 72: 115-124.
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Lemus-Flores, C., Trujillo-Ortega, M.E., Ramírez, N.R., Alonso-Spilsbury, M. 2005. Effect of rest period prior to slaughter on the chemical profile serological and carcass quality in pigs (in Spanish). In: *Memorias XL Congreso Nacional AMVEC*, Leon, Gto. 13 al 17 de Julio, p. 186.
- Mota-Rojas, D., Becerril, M., Lemus, C., Sánchez, P., González, M., Olmos, S. A., et al. 2006. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science* 73: 404-412.
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Roldan-Santiago, P., Alonso-Spilsbury, M., Flores-Peinado, S., Ramirez-Necoechea, R., Ramirez-Telles, J.A., Mora-Medina, P., Perez, M., Molina, E., Soni, E., Trujillo-Ortega, M.E., 2012a. Effects of long distance transportation and CO2 stunning on critical blood values in pigs. *Meat Sci.* 90: 893-898.

- Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Villanueva-García, D., Roldán-Santiago, P., Trujillo-Ortega, M.E., Orozco-Gregorio, H., Bonilla-Jaime, H., y López-Mayagoitia, A. 2012b Animal welfare in the newborn piglet: a review. *Veterinarni Medicina*, 57 (7): 338–349.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P.E. y Raats, J.G. 2009 Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. *Meat Sci* 81:653-657.
- Newberry, J. y Wood-Gush D. G. M. 1985. The suckling behaviour of domestic pigs in a semi-natural environment. *Behav.* 95:11-25.
- Niekamp, S.R., Sutherland, M.A., Dahl, G.E. y Salak-Johnson J. L. 2007. Immune responses of piglets to weaning stress: Impacts of photoperiod. *J AnimSci* 85:93-100.
- Nordstrom, L. 2001. Lactate measurements in scalp and cord arterial blood. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology* 13:141-145.
- Ondruska, L., Rafay, J., Okab, A.B., Ayoub, M.A., Al-Haidary, Samara, E.M., Parkanyi, V., Chrastinova, L., Jurcik, R., Massanyi, P., Lukac, N. y Supuka, P. 2011. Influence of elevated ambient temperature upon some physiological measurements of New Zealand White rabbits. *Veterinarni Medicina* 56, 180–186.
- Orozco-Gregorio, H., Mota-Rojas, D., Alonso-Spilsbury, M., Olmos-Hernandez, A., Ramirez-Necoechea, R., Velazquez-Armenta, E.Y., Nava-Ocampo, A.A., Hernandez- Gonzalez, R., Trujillo-Ortega, M.E., Villanueva-García, D. 2008. Short-term neurophysiologic consequences of intrapartum asphyxia in piglets born by spontaneous parturition. *International Journal of Neuroscience* 118: 1299–1315.
- Pajor, E.A., Fraser, D. y Kramer, D.L. 1991. Consumption of solid food by suckling pigs: individual variation and relation to weight gain. *Applied Animal Behaviour Science*, 32: 139-151.
- Parratt, C.A., Chapman, K.I., Turner, C., Jones, P.H., Mendl, M.T., Miller, B.G. 2006 The fighting behavior of piglets mixed before and after weaning in the presence or absence of a sow. *Appl Anim Behav Sci* 101:54-67
- Patience, J. F., Gonyou, H. W., Whittington, D. L., Beltranea. E., y Rhodes, C. S. 1997. Evaluation of site segregated versus conventional early weaning on the growth performance, sow productivity and post-weaning behavior. *Prairie Swine Centre Monograph* (Series Z 97-02). Saskatoon. Saskatchewan, Canada: Prairie Swine Centre

- Pluske, J.R., Williams, I.H. y Aherne, F.X. 1995 Nutrition of the Neonatal Pig. In: The Neonatal Pig, Development and Survival. Varley MA, ed., CAB International, Wanningford UK, p.p. 187–235.
- Pluske, J.R., Hampson, D.J. y Williams, I.H. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock Production Science* 51: 215-236.
- Pluske, J.R., Durmic, Z., Payne, H.G., Mansfield, J., Mullan, B.P. y Hampson, D.J. 2007. Microbial diversity in the large intestine of pigs born and reared in different environments. *Livest Sci* 108:113-6.
- Pollard, J. C., Littlejohn, R. P., Asher, G. W., Pearse, A. J. T., Stevenson-Barry, J. M. y McGregor, S. K. 2002. A comparison of biochemical and meat quality variables in red deer (*Cervus elaphus*) following either slaughter plant. *Meat Science* 60: 85–94.
- Quiles, A. y Hevia, M.L. 2006 Cría y manejo del lechón. Ed. Acalanthis Comunicación y Estrategias, S.L.U., Madrid.
- Quiniou, N., Dagorn, J., Gaudré, D. 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science*, 78: 63-70.
- Ramírez, M., Soto, R., Poindron, P., Álvarez, L., Valencia, J.J., González, F. y Terrazas, G.A.M. 2011 Comportamiento maternal alrededor del parto y reconocimiento madre-cría en ovinos Pelibuey. *Vet. Méx.* 42 (1): 27-46.
- Rantzer, D., Svendsen, J. y WestroËm, B. 1997. Weaning of pigs in group housing and in conventional housing systems for lactating sows. *Swed J Agric Res* 27: 23 -31.
- Reis de Souza, T. C. y Mariscal, L. G. 1997. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes.
- Ribot, A. 1996. Zootecnia: BPA. Tomo VI. Pp. 169-179. Mundi-Prensa. Madrid.
- Robert, S. Weary, D. y Gonyou, H. 1999 Segregated Early Weaning. *J Anim of Applied Anim Welfare Sci* 2 (1), 31- 40.
- Robinson, E. N. 2003 Función respiratoria. Homeostasia acidobásica. Fisiología Veterinaria (Cunnigham, J. G., 2003) España. 3ª edición. Ed. Elsevier. pp. 468. 524, 527.
- Rodero-Serrano, E. (s/a) *El estrés en la cría del ganado. Fisiología del estrés. Métodos de control y reducción.*

- Roldan, S. P., Mota, R.D, Trujillo, O.M.E., y Martínez, R.R. 2011a. Estresores comunes en lechones. Memorias de las XI Jornadas Universitarias de Ginecología y Perinatología Animal UAM-X, México D.F. p.p. 107-111.
- Roldan-Santiago, P., González-Lozano, M., Flores-Peinado, S., Camacho-Morfin, D., Concepción-Méndez, M., Morfín-Loyden, L., Mora-Medina, P., Ramírez-Necoechea, R., Cardona, A.L. y Mota-Rojas, D. 2011b. Physiological Response and Welfare of Ducks during Slaughter. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 6 (12): 1256-1263.
- Roldan-Santiago, P., Martínez-Rodríguez, R., Yáñez-Pizaña, A., Trujillo-Ortega, M.E., Sánchez-Hernández, M., Pérez-Pedraza, E., y Mota-Rojas, D. 2013 Stressor factors in the transport of weaned piglets: a review *Veterinarni Medicina*, 58 (5): 241–251.
- Roldan-Santiago, P., Mota-Rojas, D., Orozco-Gregorio, H., Borderas-Tordesilla, F., Martínez-Rodríguez, R., Mora-Medina, P., Flores-Peinado, S., Sánchez-Hernández, M. y Trujillo-Ortega, M.E. 2014. Welfare of recently weaned piglets transported on unpaved roads: the effect of age and the use of straw bedding. *Animal Production Science* doi: <http://dx.doi.org/10.1071/AN13067>.
- Romero- Pañuela, M., Uribe-Velásquez, L.F. y Sánchez-Valencia, J.A. 2011. Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud* vol.10 no.1 : 71 – 87.
- Sánchez, R. M. Fundamentos y técnicas de destete. Producción de Pequeños Rumiantes y Cerdos - FCV-UNNE. pp. 118-122
- Sánchez-Aparicio, P., Mota-Rojas, D., Nava-Ocampo, A.A., Trujillo-Ortega, M.E., Alfaro-Rodríguez, A., Arch, E. y Alonso-Spilsbury, M. 2008. Effects of sildenafil on the fetal growth of guinea pigs and their ability to survive induced intrapartum asphyxia. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 198.
- Sánchez-Aparicio, P., Mota-Rojas, D., Trujillo-Ortega, M.E., Zarco-Quintero, L.A., Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M. y Alfaro-Rodríguez, A. 2009. Effect of prostaglandins for inducing birth on weight, vitality and physiological response in newborn pigs. *Journal of Applied Animal Research* 36: 113–127.
- Sapolsky, R.M., Romero, M.L. y Munck, A.U. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory and preparative actions. *Endocrinol Rev* 21(1):55-89.
- Schmolkea, S.A., Lib, Y.Z. y Gonyou, H.W. 2004. Effects of group size on social behaviour following regrouping of growing-finishing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 88: 27-38.

- Segalés, J. 2002. Síndrome de desmedro post-destete [En línea]. Centre de Recerca en Sanitat Animal (CreSA). Facultat de Veterinària (UAB). Ballateria, Barcelona, España. <<http://www.prodivesa.com>> [Consulta: 20 de abril del 2012].
- Shaw, F. D. y Tume, R.K. 1992. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents — a review of recent work. *Meat Science* 32: 311–329.
- Sherwin, C.M., Christiansen, S.B., Duncan, I.J., et al. Guidelines for the ethical use of animals in applied ethology studies. *Appl Anim Behav Sci* 81:291–305.
- Shilito-Walser, E. 1986 Recognition of sow's voice by neonatal piglets. *Behav.* 99: 177-188.
- Shon, K. S., Maxwell, C. V., Southern, L. L. y Buchanan, D. S. 1994. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs: I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility. *J. Anim.Sci.* 72:622-630.
- Spilsbury, A. M., Mota. R. D., Escobar, I. I. y Necoechea, R. R. 2008. Capítulo 12: Comportamiento de la cerda periparturienta. En: Perinatología y ginecología animal: enfoques clínicos y experimentales. pp. 145.
- Spinka, M., Illmann, G., de Jonge, F., Anderson, M., Schuurman, T. y Jensen, P. 2000 Dimensions of maternal behavior characteristics in domestic and wild x domestic crossbred sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70: 99- 114.
- Spoolder, H.A.M., Edwards, S.A. y Corning, S. 1999. Effects of group size and feeder space allowance on welfare in finishing pigs. *Animal Science*, 69: 481-489.
- Stangel, G. y Jensen, P. 1991 Behaviour of semi-naturally kept sows and piglets (Except suckling) during 10 days post-partum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 31: 211-227.
- Steffens, A.B., Strubbe, J.H. y Scheurink, A.J. 1990 Neuroendocrine mechanisms involved in regulation of body weight, food intake and metabolism. *Neurosci Biobehav Rev* 14: 305-313.
- Stephenson RB. 2002. En: Cunningham JG. (Ed). *Veterinary Physiology Cardiovascular physiology*. Elsevier Science. 199-202.
- Stolba, A. y Wood-Gush, D.G.M. 1989. The behavior of pigs in semi-natural environment. *Anim. Prod.* 48: 419-425.

- Sullivan, R.M., Wilson, D.A. y Leon, M. 1989. Norepinephrine and learning-induced plasticity in infant rat olfactory system. *J. Neurosci.* 9: 3998–4006.
- Sutherland, M. A., Bryer, P.J., Davis, B.L. y McGlone, J.J. 2009. Space requirements of weaned pigs during a sixty-minute transport in summer. *J. Anim. Sci.* 87(1): 363-370.
- Tadich, N., Gallo, C. y Alvarado, M. 2000. Effects of 36 hours road transport with or without a resting period on live weight and some meat quality aspects in cattle (in Spanish). *Archivos de Medicina Veterinaria* 33: 43–53.
- Tadich, N., Gallo, C., Echeverría, R. y van Schaik, G. 2003. Efecto del ayuno durante dos tiempos de Confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Arch Med Vet* 2: 171-185.
- Tadich, N., Gallo, C., Bustamante, H., Schwerter, M. y van Schaik, G. 2005. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livest Prod Sci* 93:223-233.
- Tadich, N., Gallo, C., Brito, M. y Broom, D. 2009. Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. *Livestock Science* 121: 132–136.
- Thomas, J.F. y Roderick, C. 1997. Segregated early weaning. *J Swine Health Prod* 5:195-8.
- Tokach, M. Goodbar, R.D. y Nelseen, J.L. 1994. Recent developments in nutrition for early weaned pig. *Comp. Cont. Ed. Pract. Vet. Med.* 16: 407-419.
- Tortora, G.J. y Grabowski, S.R. 2002. Principios de Anatomía y Fisiología. México. Oxford University Press. p.p. 668, 734-737, 815.
- Trevisi E, Bertoni G. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Ital J Anim Sci* 8(1): 265-286.
- Trujillo, O. M. E. 1998. Efecto del destete precoz sobre la eficiencia reproductiva de cerdas de diferente número de partos. (Tesis de doctorado). México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Trujillo-Ortega, M.E., Martínez, G. y Herradora, L.M.A 2002. La piara reproductora. Mundi-Prensa.
- Trujillo-Ortega, M.E., Mota-Rojas, D., Olmos-Hernandez, A., Alonso-Spilsbury, M., Gonzalez-Lozano, M., Orozco- Gregorio, H., Ramirez-Necoechea, R., Nava-Ocampo, A.A. 2007. A study of piglets born by

spontaneous parturition under uncontrolled conditions: Could this be a naturalistic model for the study of intrapartum asphyxia? *Acta Biomedica* 78: 29–35

- Trujillo-Ortega, M., Mota-Rojas, D., Juarez, O., Villanueva- Garcia, D., Becerril-Herrera, M., Hernandez-Gonzalez, R., Alonso-Spilsbury, M., Martinez-Rodriguez, R., Ramirez- Necoechea, R. 2011. Porcine neonates failing vitality score: physio-metabolic profile and latency to first teat contact. *Czech Journal of Animal Science* 56: 499–508.
- Tseng, R., Padgett, D., Dhabhar, F., Engler, H. y Sheridan, J. 2005. Stress induced modulation of NK activity during influenza viral infection: role of glucocorticoids and opioids. *Brain, Behavior, and Immunity* 19: 153–164.
- Usenik, E.A. y Cronkite, E.P. 1965. Effects of barbiturate anesthesia on leukocytes in normal and splenectomized dogs. *Anesth Analg.* 44:167-170
- Van der Meulen, J., Koopmans, S.J., Dekker, R.A. y Hoogendoorn, A. 2010. Increasing weaning age of piglets from 4 to 7 weeks reduces stress, increases post-weaning feed intake but does not improve intestinal functionality. *Anim* 4:1653-61.
- Vázquez-Rocha, J.L. 2006 Tesis: “Curva de crecimiento de lechones con destete temprano (16 días), comparada con destetes a 24 días en la Costa Michoacana” Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Villanueva-García, D. y Mota-Rojas, D. 2008. The highrisk infant and neonatal mortality. In: Mota-Rojas D, Nava-Ocampo AA, Villanueva-Garcia D, Alonso- Spilsbury ML (eds.): *Animal Perinatology: Clinical and Experimental Approaches*. 1st ed. BM Editores Press, Mexico. 305–312.
- Wamnes, S., Lewis, N.J. y Berry, R.J. 2006 The performance of early-weaned piglets following transport: Effect of season and weaning weight. *Can J Anim Sci* 86:337-43.
- Wamnes, S., Lewis, N.J. y Berry, R.J. 2008. The behaviour of early-weaned piglets following transport: Effect of season and weaning weight. *Can J Anim Sci* 88:357-67.
- Warriss, P.D., Brown, S.N. y Adams, S.M.J. 1994. Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science* 38: 329–340.
- Warner, R.D., Ferguson, D.M., Cottrel, J.J. y Knee, B.W. 2007. Acute stress induced by the preslaughter use of electric prodders causes tougher beef meat. *Aust J Agri Res* 47:782-788.

- Weary, M.O., Ross, S. y Fraser, O. 1997. Vocalizations by isolated piglets: a reliable indicator of piglet need directed towards the sow. *Appl Anim Behav Sci* 53:249-257.
- Weary, D. M., Fraser, D., y Pajor, E. A. 1997. Vocal response of piglets to weaning: Effect of weaning age. *Applied Animal Behavior Science* 54: 153- 160.
- Weary, D. M., Jasper, M. y Hötzel, J. 2008. Understanding weaning distress. *App. Anim. Behav. Sci.* 110: 24-41.
- Werner, M. y Gallo, C. 2008. Effects of transport, lairage and stunning on the concentrations of some blood constituents in horses destined for slaughter. *Livestock Science* 115: 94–98.
- Worobec, E., Duncan, I., October 1997. Early weaning in swine: a behavioral review. *Compendium* S271–S277.
- Worobec, E., Duncan, H., y Widowski.T.M. 1997. Effects of age at weaning on belly-nosing behavior in piglets. In M. Spinka (Ed.), *3rd International Congress of the International Society for Applied Ethology*. Prague, Czech Republic: Institute of Animal Biochemistry and Genetics, Slovak Academy of Sciences.
- Worobec, E.K., Duncan, I.J.H. y Widowski, T.M., 1999. Behavioural effects on piglets weaned at 7, 14 and 28 days. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62: 173–182.