



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

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

**VALORACIÓN DEL SISTEMA BIOLÓGICO Y DESEMPEÑO
NEUROLÓGICO EN NEONATOS PORCINOS CON
CALIFICACIÓN DE VITALIDAD REPROBATORIA**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

Juárez López Noe Orlando

T U T O R E S:

Dra. María Elena Trujillo Ortega

Dr. Daniel Mota Rojas

COMITÉ TUTORAL:

M.C. Marcelino Becerril Herrera

México D.F.

2010



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.

La Maestría de Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (F.M.V.Z. - U.N.A.M) pertenece al Padrón de Posgrados de Excelencia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

El autor fue becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), con número de registro: 214380.

JURADO DE EXAMEN

El jurado asignado por el Comité Académico del Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México aprobó la tesis que presento:

M.V.Z. Juárez López Noe Orlando

Honorable Jurado de Examen

Presidente: **Dr. Marco Antonio Herradora Lozano**

Secretario: **Dra. María Elena Trujillo Ortega**

Vocal: **Dra. Herlinda Bonilla Jaime**

Suplente: **Dra. Sara del Carmen Caballero Chacón**

Suplente: **Dra. Angélica Terrazas García**

ASESORES DE TESIS

Dra. Ma. Elena Trujillo Ortega

Secretaría General de la Facultad de Medicina Veterinaria y
Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

Dr. Daniel Mota Rojas

Investigador del Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana- Campus Xochimilco. México D.F.

M. en C. Marcelino Becerril Herrera

Profesor-Investigador de Unidad Académica de Ingeniería Agro-hidráulica,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Cuerpo Académico de Etología, Producción Porcina y Fauna Silvestre de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco especialmente al Dr. Daniel Mota Rojas y al M. en C. Marcelino Becerril Herrera por brindarme la oportunidad de trabajar con gente profesional, humana, y comprometida con la enseñanza y por su compromiso con mi aprendizaje. De igual manera expreso un agradecimiento rotundo a la Dra. María Elena Trujillo Ortega, por su calidez humana y por todos los conocimientos compartidos. Adicionalmente agradezco a la Sra. Margarita Salcedo Vargas por su apoyo para la realización del presente estudio en la granja porcina “La Lolita”; así también a los directivos de la granja porcina “La Vigüeta”.

DEDICATORIA

....para mi familia y para esos seres especiales que caminan junto a mí.....

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
LISTA DE CUADROS	
LISTA DE FIGURAS	
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Historia del Uso de la Escala de Vitalidad Modificada en la Veterinaria.....	7
2.2. Importancia de la valoración de la vitalidad del neonato porcino.....	8
2.3. Baja puntuación en la escala de vitalidad: Fisiopatología.....	10
2.4. Factores que interfieren en la vitalidad al nacer (sexo, peso, temperatura, edad gestacional).....	13
2.5. Influencia de la corda sobre la vitalidad del neonato porcino.....	16
2.6. Fisiología de la termorregulación en el neonato porcino.....	18
2.7. Valoración del intercambio gaseoso en el lechón recién nacido.....	20
2.8. Interpretación de las mediciones de gas en sangre.....	21
2.9. Guía para la interpretación de las mediciones de gas en sangre.....	22
III. JUSTIFICACIÓN.....	23
IV. HIPÓTESIS.....	24
V. OBJETIVO GENERAL.....	25
5.1. Objetivos específicos.....	25
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
6.1. Animales.....	26
6.2. Evaluación de los neonatos porcinos a través de la escala de Vitalidad modificada.....	26
6.3. Latencia a conectar la teta.....	27
6.4. Temperatura corporal.....	27
6.5. No. De cordones umbilical adheridos y rotos.....	27
6.6. pH, PCO ₂ , PO ₂ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺⁺ , glucosa, lactato, HCO ₃ ⁻ y hematocrito.....	27
6.7. Distribución de grupos.....	28
6.8. Diferencias de sexo.....	28
6.9. Análisis estadístico.....	29
VII. RESULTADOS.....	31
7.1. Perfil metabólico.....	31
7.2. Peso, temperatura, latencias para conectar la teta y género.....	33
7.3. Morfología del cordón umbilical.....	35
7.4. Incidencia en la calificación de vitalidad modificada dependiendo el género.....	36
7.5. Efecto del género: Perfil metabólico-energético.....	37
7.6. Efecto del género: comportamiento electrofítico.....	38
7.7. Efecto del género: Peso, temperatura al nacimiento y latencia al primer contacto con la teta materna.....	40
7.8. Efecto del género: Morfología del cordón umbilical.....	40
VIII. DISCUSIÓN.....	52
8.1. Vitalidad.....	52
8.2. Efecto del género.....	57
IX. CONCLUSIONES.....	62
X. REFERENCIAS.....	63
Anexo I.....	71
Esquema 1.....	71
Esquema 2.....	72
Esquema 3.....	73
Esquema 4.....	74
Esquema 5.....	75
Esquema 6.....	76
Esquema 7.....	77

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Media \pm error estándar de las variables equilibrio ácido–base, metabolismo energético y gases en sangre de lechones recién nacidos clasificados de acuerdo a la calificación de vitalidad obtenida..... **pág. 32**
- Cuadro 2.** Media \pm error estándar de las variables peso, sexo, temperatura al nacimiento y a los cinco minutos, de lechones recién nacidos clasificados de acuerdo a la calificación de vitalidad obtenida..... **pág.34**
- Cuadro 3.** Morfología del cordón umbilical, de lechones recién nacidos clasificados de acuerdo a la calificación de vitalidad obtenida..... **pág.35**
- Cuadro 4.** Media \pm error estándar de las variables equilibrio ácido–base, metabolismo energético, gases en sangre y del comportamiento electrolítico de lechones recién nacidos, clasificados de acuerdo al sexo dependiendo de la puntuación de vitalidad obtenida...**pág.39**
- Cuadro 5.** Media \pm error estándar de las variables peso, temperatura al nacimiento y a los cinco minutos, y latencia para conectar la teta de lechones recién nacidos, clasificados de acuerdo al sexo dependiendo de la puntuación de vitalidad obtenida..... **pág.41**
- Cuadro 6.** Morfología del cordón umbilical de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida. **pág.42**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Baja puntuación en la escala de vitalidad: Fisiopatología..... **pág.12**
- Figura 2.** Fisiología de la termorregulación en el neonato..... **pág.19**
- Figura 3.** Interpretación de las mediciones de gas en sangre..... **pág.21**
- Figura 4.** Formación de grupos (diferencias de sexo)..... **pág.29**
- Figura 5.** Porcentaje de incidencia en la calificación de vitalidad modificada dependiendo del género en neonatos porcinos..... **pág. 36**
- Figura 6.** Gráficos Boxplot para comparar la distribución de los valores de la variable entre los diferentes grupos..... **pág.43**
- Figura 7.** Representación gráfica de gases y pH en sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida..... **pág.44**
- Figura 8.** Representación gráfica de los niveles de lactato y bicarbonato de sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida..... **pág.45**
- Figura 9.** Representación gráfica de los niveles de glucosa y calcio de sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida..... **pág.46**
- Figura 10.** Representación gráfica de los niveles de sodio y potasio en sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida..... **pág.47**
- Figura 11.** Representación gráfica del porcentaje de hematocrito y del tiempo en que tardan en conectar la teta materna por primera vez de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida. **pág.48**
- Figura 12.** Representación gráfica del peso de lechones recién nacidos, divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida. **pág.49**
- Figura 13.** Representación gráfica de la temperatura al nacimiento y cinco minutos después de haber nacido de lechones recién nacidos, divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida..... **pág.50**
- Figura 14.** Representación gráfica de la morfología del cordón umbilical de lechones recién nacidos, divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida..... **pág.51**

Figura 15. Comportamiento fisiometabólico de neonatos porcinos con puntuación < 5 en la escala de vitalidad..... **pág.56**

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar de manera integral el sistema biológico en neonatos porcinos con baja vitalidad y buscar las diferencias entre géneros con vitalidad reprobada durante el parto, a través de variables bioquímicas y metabólicas sanguíneas. En el primer análisis se compararon tres grupos de lechones neonatos, el criterio que se utilizó para formar dichos grupos fue exclusivamente la puntuación de vitalidad al nacimiento según la escala de Apgar modificada. El grupo 1, neonatos con puntuación de vitalidad < 5 (reprobatoria) (G_1 : $n = 218$); el grupo 2, con puntuación de 6 a 7 (G_2 : $n = 439$) y el grupo 3, con puntuación > 8 (G_3 : $n = 464$). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las variables fisio-metabólicas pH, PCO_2 , PO_2 , Na^+ , Ca^{++} , glucosa, lactato y bicarbonato, no así en los niveles de K^+ y en el hematocrito en los tres grupos ($P > 0.05$). En cuanto al peso, temperatura y latencia para conectar la teta, se apreciaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre grupos; la latencia a conectar la teta materna para los neonatos del G_3 fue de 23.38 min, mientras que para el grupo de lechones que reprobó la escala de vitalidad (G_1) fue 30 min mayor ($P < 0.05$). Los lechones de este último grupo, tuvieron el mayor porcentaje (75.68%) de cordones umbilicales rotos, fueron los más pesados al nacimiento, presentaron disminución en la temperatura corporal y en la PO_2 sanguínea y cursaron por un grado de asfixia intra-parto, en comparación con los otros grupos de lechones aprobados. En el segundo análisis; los grupos se dividieron en hembras y machos, estos a su vez se clasificaron de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida a través de la escala de Apgar modificada para lechones. Se establecieron un total de seis grupos: G_1 : Hembras c/vitalidad < 5 $n = 87$; G_2 : Hembras c/vitalidad 6-7 $n = 250$; G_3 : Hembras c/vitalidad > 8 $n = 269$; G_4 : Machos c/vitalidad < 5 $n = 131$; G_5 : Machos c/vitalidad 6-7 $n = 188$; G_6 : Machos c/vitalidad > 8 $n = 196$. En lo que respecta al equilibrio ácido-base (pH, PCO_2 , PO_2 , Lactato, HCO_3^-) se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre hembras y entre machos, no así entre machos y hembras con la misma puntuación de vitalidad obtenida ($P > 0.05$). Es el grupo G_1 : Hembras c/vitalidad < 5 $n = 87$ y el grupo G_4 : Machos c/vitalidad < 5 $n = 131$, los que presentaron un incremento importante en los niveles de glucosa, los cuales fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) al resto de los grupos. Hembras y machos clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad, en los niveles de Ca^{++} , son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). No se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los seis grupos en los niveles de Na^+ , K^+ y hematocrito. Por otro lado, fueron los machos y hembras con puntuación < 5 quienes presentaron mayor peso al nacimiento, siendo los machos los más pesados. Estos dos grupos fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) al resto de los grupos. En la temperatura al nacimiento se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre hembras y entre machos, no así entre machos y hembras con la misma puntuación de

vitalidad obtenida ($P > 0.05$); no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre grupos en la temperatura después de cinco minutos. En lo que respecta a la condición del cordón umbilical en el nacimiento, fueron las hembras y machos con puntuación de vitalidad reprobatoria quienes tienen una mayor incidencia de cordones rotos en el momento del parto; conforme mejora la puntuación de vitalidad, incrementa la presencia de cordones adheridos. Las hembras y machos con puntuación por encima de cinco tardaron menos tiempo en conectar la teta materna. Es importante contar con recursos clínicos prácticos que permitan evaluar al neonato porcino y su estado fisiológico al momento del nacimiento, para tomar medidas correctivas; el factor peso sigue siendo determinante para la viabilidad de los lechones en el parto; hembras y machos con un peso mayor a 1570 g. aumentará la posibilidad que curse por un proceso de hipoxia que probablemente se vea reflejado en la calificación del Apgar modificado y en las variables críticas sanguíneas. El presente, es el primer estudio que indica los valores de referencia del perfil fisio-metabólico para lechones reprobados en la escala de vitalidad al nacimiento de acuerdo al género.

ABSTRACT

The objective of this study was to conduct an integral evaluation of the biological system of neonate piglets born with low vitality, and discern differences between females and males that attain failing grades in vigor at birth, through the analysis of biochemical and metabolic variables of the blood. In the first analysis, three groups of neonate piglets were compared exclusively on the basis of the criterion of vitality scores at birth as determined by the modified Apgar scale, and then divided into three groups: group 1, neonates with vitality scores < 5 (failing grade) (G_1 : $n = 218$); group 2, with vitality scores of 6-to-7 (G_2 : $n = 439$); and group 3, with vitality scores > 8 (G_3 : $n = 464$). Significant differences ($P < 0.05$) were found among the three groups ($P > 0.05$) in the physio-metabolic variables of pH, PCO_2 , PO_2 , Na^+ , Ca^{++} , glucose, lactate and bicarbonate, but not in levels of K^+ or hematocrit. In terms of weight, temperature and latency to teat contact, there were significant differences ($P < 0.05$) among the groups: latency in taking the teat among the neonates in G_3 was 23.38 min, while for the group of piglets with failing grades for vitality (G_1) it was 30 min longer ($P < 0.05$). The neonates in this latter group also had the highest percentage (75.68%) of torn umbilical cords, the greatest birth weight, presented lower body temperatures and blood PO_2 , and had suffered some degree of intra-partum asphyxia, as compared to the other groups of piglets that achieved passing grades. In the second analysis, the piglets were additionally divided by gender into female and male groups also classified according to their vitality scores, determined on the basis of the modified Apgar scale. Thus, a total of six groups was obtained: G_1 : Females w/vitality < 5 $n = 87$; G_2 : Females w/vitality 6-7 $n = 250$; G_3 : Females w/vitality > 8 $n = 269$; G_4 : Males w/vitality < 5 $n = 131$; G_5 : Males w/vitality 6-7 $n = 188$; G_6 : Males w/vitality > 8 $n = 196$. With respect to the acid-base balance (pH, PCO_2 , PO_2 , Lactate, HCO_3^-) significant differences ($P < 0.05$) were found among both females and males, but not between the males and females that had the same vitality scores ($P > 0.05$). The G_1 : Females w/vitality < 5 $n = 87$, and G_4 : Males w/vitality < 5 $n = 131$, groups presented an important increment in glucose levels, which were significantly different ($P < 0.05$) from those of the other groups. The females and males classified according to scores on the vitality scale were statistically different in their Ca^{++} levels ($P < 0.05$), but no significant differences were present ($P > 0.05$) among the six groups in their respective levels of Na^+ , K^+ and hematocrit. The males and females with scores < 5 were those that presented the highest birthweight, with the former being the heaviest. These two groups were significantly different ($P < 0.05$) from the others. With regards to temperature at birth, significant differences ($P < 0.05$) also appeared among females and among males, though this was not the case when comparing male and female subjects that had the same vitality scores ($P > 0.05$). No significant differences ($P > 0.05$) were found among groups in terms of body temperature measured at five minutes after birth. In terms of the condition of the umbilical cord at birth, females and males with failing

grades on the vitality scale showed a higher incidence of torn cords at the moment of birth. It was found that as vitality scores improve, the presence of adhered cords also increases. Females and males with scores above five delayed less time in taking the maternal teat. It is important that practical clinical resources be available that allow the evaluation of neonate piglets and their physiological condition at the moment of birth and, therefore, the timely implementation of corrective measures. The factor of weight continues to be a determinant of the viability of piglets at birth; as females and males with a weight above 1570 g have an increased probability of suffering a process of hypoxia that will be reflected in their scores on the modified Apgar scale and in their critical blood variables. This is the first one study that indicates the reference values according to gender of the physio-metabolic profiles of piglets that obtain failing grades on the vitality scale at birth.

I. INTRODUCCIÓN

La vitalidad y supervivencia del lechón dependen de diversos factores que son influenciados por la cerda, como son: los relacionados con la gestación, parto, lactación, y la conducta post-parto (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2007 b). Así mismo, intervienen en la vitalidad del lechón otros factores como son: la hipoxia en el momento del parto (Randall, 1971), concentración de hormonas (Bate y Hacker, 1982; Bate *et al.*, 1985; Bate, 1991), minerales (Bünger *et al.*, 1988; Tuchscherer *et al.*, 2000), ácidos grasos (Rooke *et al.*, 1998; Rooke *et al.*, 2001), y el peso al nacimiento, e indirectamente el tamaño de la camada (De Roth y Downie, 1976).

La mortalidad pre-destete es un problema económico y de bienestar animal en la industria porcina. Mundialmente del 10 al 25% de los cerdos mueren antes del destete (Blackshaw *et al.*, 1994), de estas muertes entre el 50 y 75% se presenta durante los primeros 3 a 4 días de vida (Zhong-Cheng *et al.*, 2004). Aunada a la muerte de los animales, hay quien sacrifica a los más débiles y pequeños; así por ejemplo, los porcicultores de nuestro y otros países, tienen la idea de que un neonato débil le roba leche a los lechones pesados que sí sobrevivirán, o peor aún, que su ganancia de peso siempre será baja, ocasionando cerdos retrasados en la engorda, y por ello los sacrifican pocas horas después del nacimiento (Finch *et al.*, 2002; Morrow, 2004). Por otra parte, estudios clínicos recientes realizados en granjas comerciales por Mota-Rojas *et al.*, (2007), indican que de cada 1,000 lechones que nacen, entre 150 y 200, presentan periodos de apnea post-nacimiento relacionados a un proceso de asfixia intraparto que rebasan los 30 segundos; repercutiendo directamente sobre la vitalidad, viabilidad y latencia a conectar la teta, representando una pérdida importante para el productor.

Varley (1998), menciona que los lechones tardan comúnmente de 5 a 40 min en contactar la teta, y de 20 a 60 min en mamar, con grandes variaciones entre lechones en función de su peso al nacer, y de su vitalidad. El vigor o vitalidad del lechón depende de diversos factores incluyendo la genética (England, 1974). Es importante ampliar los conocimientos de las diferencias en el género (hembra-macho), en cuanto al comportamiento de las variables críticas sanguíneas cuando los recién nacidos atraviesan por algún grado de asfixia. Esto

permitirá utilizar medidas adecuadas para restablecer el vigor o la vitalidad de los lechones. En este sentido, se han realizado investigaciones sobre las diferencias que existen entre hembras y machos en lo que respecta a la diferencia en la maduración pulmonar y producción de surfactante por efecto hormonal, en especies como conejo, borrego entre otras (Torday y Nielsen., 1987; McMillan *et al.*, 1989; Kovar *et al.*, 2001; Carey *et al.*, 2007). La demora en la síntesis de surfactante aumenta el riesgo para presentar el síndrome de diestrés respiratorio (SDR), en fetos del sexo masculino. Estos datos son bien conocidos en la perinatología humana; los andrógenos han estado implicados en el mecanismo de retraso en la maduración pulmonar (Torday y Nielsen, 1987; Dammann *et al.*, 2000).

Las mediciones de gas en sangre y estimaciones no invasivas de variables fisiológicas del neonato proporcionan información relevante acerca de la oxigenación al parto, importante también en la sobrevivencia subsecuente. Por otro lado, los lechones dentro de una misma camada muestran diferencias respecto a la vitalidad y capacidad de reacción, lo que explicaría las diferencias de tiempo para encontrar la teta y efectuar el primer amamantamiento. Cuando este intervalo se prolonga debido a la pasividad del lechón, aumenta la probabilidad de muerte (Fraser, 1990). Es por ello que el objetivo del presente estudio fue evaluar de manera integral el sistema biológico en neonatos porcinos con baja vitalidad y buscar las diferencias entre géneros con vitalidad reprobada durante el parto, a través de variables bioquímicas y metabólicas sanguíneas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Historia del uso de la escala de vitalidad modificada en la veterinaria

Desde 1953 Virginia Apgar estableció un protocolo para evaluar la vitalidad del recién nacido en humanos, ella ligó la condición al nacer con el pronóstico post-neonatal y estableció un puntaje que permitió evaluar la condición neonatal (Laffita, 2005), en donde uso cinco signo clínicos (frecuencia cardíaca, esfuerzo respiratorio, irritabilidad refleja, tono muscular y color) a los cuales se les otorgaba una calificación de 0 a 2. El examen de vitalidad creado por la Dra. Apgar es retomado y adaptado por Randall en 1971 en lechones; en su investigación propone un sistema para evaluar la viabilidad de lechón al momento del parto. Randall, (1971) en su estudio evalúa cinco signos clínicos: frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, tono muscular, intento al ponerse en pie y el color de la piel; cero, uno o dos puntos fueron asignados a cada parámetro, encontró que de 749 lechones, 582 obtuvieron una puntuación de 10, 68 lechones obtuvieron una calificación de 8-9, 24 lechones obtuvieron una calificación de 6-7, 30 lechones obtuvieron una calificación de 1 a 5 y 25 lechones obtuvieron una calificación reprobatoria. Los lechones que presentaron una vitalidad de 1-5, presentaban bajo peso al nacer, dificultad al respirar (asfixia), y con la dificultad de ponerse de pie, la frecuencia cardíaca y respiratoria lenta. Más tarde Zaleski y Hacker (1993), reportaron que existen además muchas variables fisiológicas en cerdas y lechones durante el parto que se correlacionan con la aparición de muertos y con la vitalidad de los lechones. Por ejemplo, el parto prolongado se conoce como un impacto negativo en la vitalidad del lechón (Randall, 1972 a, b).

Más tarde el uso de la escala de vitalidad modificada para lechones es retomada por De Roth y Downie, (1976), Zaleski y Hacker (1993), Mota-Rojas *et al.*, (2005, 2006), Trujillo-Ortega *et al.*, (2007), Baxter *et al.*, (2008, 2009). El uso de la escala de vitalidad también es utilizada en otras especies como terneros (Schulz *et al.*, 1997), y recientemente en cachorros de perro domestico (Veronesi *et al.*, 2009). A través del tiempo la escala de vitalidad modificada para lechones, a sufrido distintos cambio en la evaluación de los signos clínicos, por ejemplo, Baxter *et al.*, (2008, 2009) utilizan una escala de vitalidad en donde sólo emplea el signo clínico del intento de respiración, antes, durante y después de

quince segundos. Es importante mencionar, que a pesar de que son pocos los trabajos en la medicina veterinaria, en los que se ha utilizado la escala de vitalidad como tal, el uso de la escala de vitalidad puede llegar a ser una herramienta importante no sólo en los neonatos porcinos si no también en diversas especies, por supuesto con sus debidas modificaciones dependiendo de las características de la especie, tal es el caso recientemente de Veronesi *et al.*, (2009).

2.2. Importancia de la valoración de la vitalidad del neonato porcino

Estudios clínicos realizados en granjas comerciales por Mota-Rojas *et al.*, (2007), indican que de cada 1,000 lechones que nacen, entre 150 y 200, presentan periodos de apnea post-nacimiento relacionados a un proceso de asfixia intraparto que rebasan los 30 segundos; repercutiendo directamente sobre la vitalidad y latencia a conectar la teta, representando una pérdida importante para el productor. Con respecto a esto, un estudio realizado en 5,000 hembras reproductoras con un total de 11,324 partos analizados en una granja porcina de Mexico, Mota-Rojas y Ramírez-Necoechea (1996), concluyeron que el costo de cada recién nacido oscila entre \$250.00 pesos, que multiplicado por el número de lechones (28,430), representa \$7,107,500.00 anuales, significando cuantiosas pérdidas económicas. Debido a este problema es importante contar con recursos que permitan evaluar de manera rápida y eficiente el estado fisiológico del lechón recién nacido. El periodo de transición de un recién nacido es de suma importancia, ya que se pueden detectar gran parte de los problemas de adaptación que éste pueda presentar (alteraciones en termorregulación, dificultad respiratoria y otros), es indispensable conocer la condición al nacer y su evolución en las primeras horas de vida.

La mortalidad neonatal precoz de cerdos es una preocupación constante para los productores de porcino, las pérdidas han oscilado entre el 10 y el 29% (Stanton y Carroll, 1974). La mortalidad predestete representa una pérdida económica significativa en la producción porcina (Varona *et al.*, 2005). Por otro lado, la productividad de las cerdas se mide con el número de cerdos producidos por año, que depende de su capacidad de dar a luz a los lechones que sobreviven y destetarlos (Damgaard *et al.*, 2003). El tamaño de la

camada se correlaciona desfavorablemente con la supervivencia y vitalidad de los lechones (Lund *et al.*, 2002). Existen múltiples factores como el peso del lechón, edad gestacional, tamaño de la camada etc., que contribuyen en la mortalidad neonatal y en la morbilidad; capacidades fisiológicas propias del lechón o del comportamiento materno también puede representar un método alternativo de predicción de la supervivencia de los lechones. El parto es un período crítico en la mayoría de las especies de mamíferos placentales. En cerdos, hasta el 8% de los recién nacidos nacen muertos (Van der Lende *et al.*, 2000), principalmente como resultado de la asfixia perinatal, en el útero o durante el parto (Randall, 1971; Zaleski y Hacker, 1993). El nacimiento es un momento crucial en la vida de un lechón. Las condiciones ambientales cambian rápidamente y de manera drástica, y los lechones recién nacidos tienen que adaptarse al nuevo entorno y competir con sus hermanos para el acceso a las tetas maternas. Los lechones tienen la necesidad de llegar a la ubre y mamar el calostro rápido, porque un retraso puede disminuir su supervivencia (Christison *et al.*, 1997; Tuchscherer *et al.*, 2000) y su posterior crecimiento (Donovan y Dritz, 2000). El nacimiento origina cambios drásticos en diversas variables fisiológicas, pero sólo la temperatura del cuerpo ha sido ampliamente estudiada. Esta adaptabilidad al ambiente externo se ha relacionado con la capacidad de termorregulación de los lechones (Herpin *et al.*, 2002), pero existen otras variables fisiológicas, como la frecuencia cardíaca o la saturación arterial de oxígeno, que sufren cambios drásticos durante los primeros minutos de vida y que desafortunadamente son poco conocidos.

Zaleski y Hacker (1993), señalan que las relaciones del tamaño de la camada con la vitalidad y la probabilidad de muerte fetal fueron en general muy coherentes entre sí. Las puntuaciones de la vitalidad individuales son altamente correlacionadas con el pH y la PCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono) venosa de lechones, estas dos observaciones indican que la puntuación de la vitalidad es un excelente indicador de la gravedad de la asfixia que sufren los lechones durante el parto. La valoración de la vitalidad es una forma rápida y puede ser fácilmente utilizada en condiciones de campo. Por otra parte Casellas *et al.*, (2004) reportan que los lechones nacidos con una puntuación de vitalidad de 3 ó 4, su temperatura rectal es inferior (tanto en el momento del nacimiento y 60 minutos después),

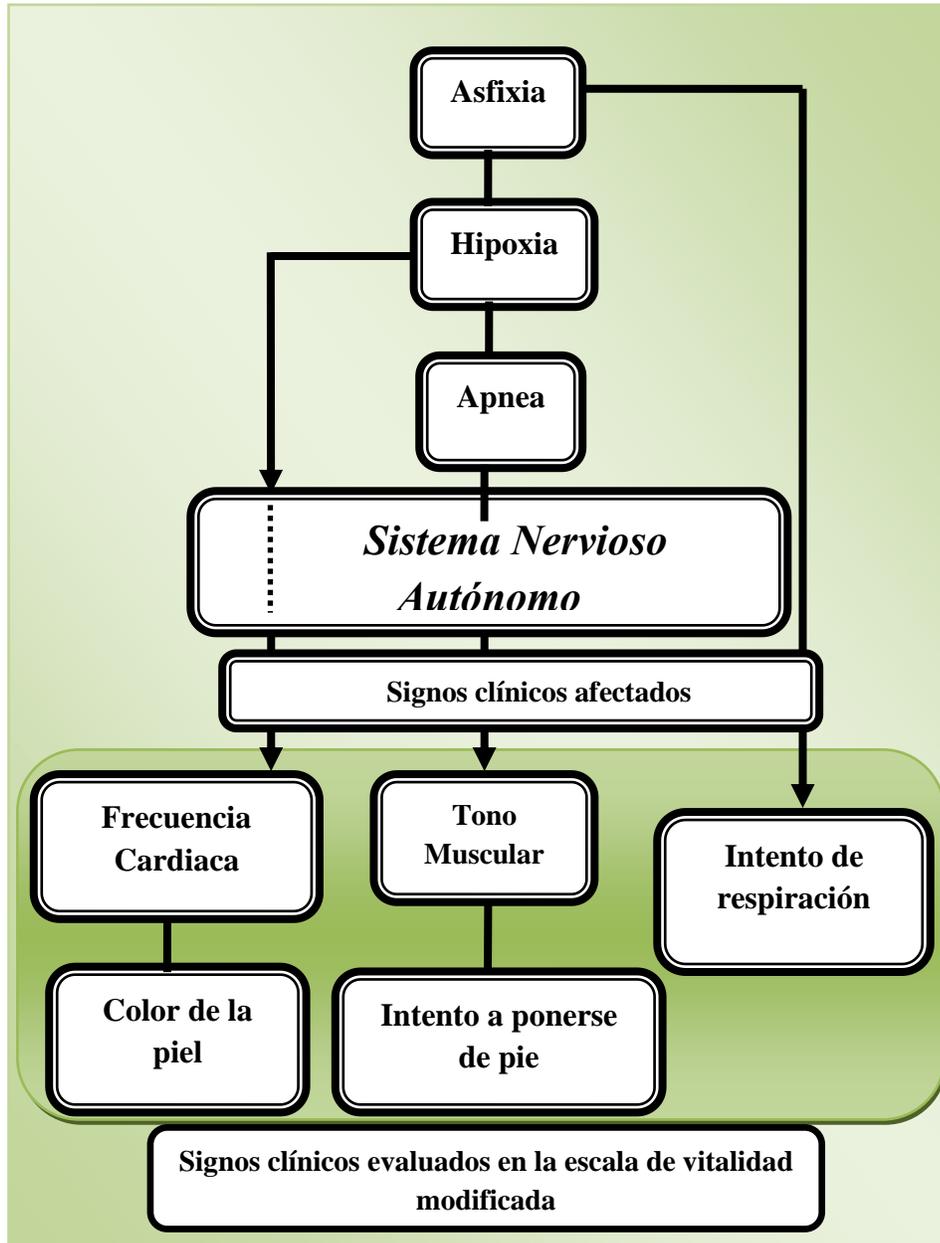
además de que tardan más en llegar a la ubre, y por consecuencia se prolonga la primera ingestión de calostro. Estos autores observaron un mayor coeficiente de correlación entre la vitalidad, el tiempo para amamantar y el tiempo para llegar a la ubre (0.67, $P < 0,001$), y éstas también fueron moderada y negativamente correlacionadas con la temperatura rectal a 60 minutos después de su nacimiento y con la saturación arteriales de oxígeno 60 minutos después del nacimiento. La valoración del neonato porcino a través de la escala de vitalidad modificada permite obtener un pronóstico rápido del estado clínico-fisiológico del lechón. La importancia del uso de la escala de vitalidad modificada recae en los cinco signos clínicos que se valoran, es decir, los cinco clínicos que se valoran, son susceptibles a las variaciones de oxígeno presentes en el organismo, además de estar íntimamente relacionados.

2.3. Baja puntuación en la escala de vitalidad: Fisiopatología

La asfíxia perinatal pone en peligro el intercambio de gases pulmonares con la placenta; y todos los órganos pueden ser afectados (Piazza, 1999). Este trastorno puede llevar a la hipoxia (falta de oxígeno) e hipercapnia (aumento de niveles de dióxido de carbono) en la sangre. El resultado de la hipoxia severa es la glicolisis anaerobia como consecuencia del metabolismo anaeróbico y la producción de ácido láctico en primer lugar en los tejidos periféricos (músculo y corazón), y luego en el cerebro. La isquemia (insuficiencia del flujo de sangre a todo o a una parte de un órgano) es una consecuencia de la hipoxia. La hipoxia y la acidosis pueden deprimir la función miocárdica, lo que lleva a la hipotensión y a la isquemia (Bucciarelli *et al.*, 1977; Turner-Gomes *et al.*, 1989). La isquemia afecta el suministro de oxígeno e interrumpe la eliminación de sustratos y metabolitos que son subproductos de la respiración (por ejemplo, ácido láctico, dióxido de carbono). En los neonatos porcinos que reprobaban la escala de vitalidad modificada, se ven involucrados diversos sistemas, sin embargo, todo radica en la insuficiencia de oxígeno. Un aporte insuficiente de oxígeno para el organismo del neonato porcino, sus consecuencias, se verán reflejadas en los signos clínicos que se evalúan en la escala de vitalidad modificada. El principal signo clínico que se ve afectado por la insuficiencia de oxígeno es la frecuencia cardíaca. La frecuencia cardíaca fetal depende de la actividad del sistema nervioso

autónomo y el grado de dicha actividad depende a su vez del nivel de oxigenación fetal (véase la figura 1). Un descenso brusco en la oxigenación fetal produce una disminución inmediata y rápida de la frecuencia cardíaca. Debido a que la presión arterial sistémica es baja el relleno capilar se retrasa, lo que induce una decoloración azul de la piel (las células sanguíneas desoxigenadas pierden su color rojo y se tornan azul), el color de la piel es otro signo más que se evalúa en la escala de vitalidad modificada, asimismo el suministro de oxígeno a los tejidos debe ser suficiente para satisfacer las necesidades metabólicas del lechón recién nacido. La cantidad de oxígeno a los tejidos depende del flujo sanguíneo sistémico, la concentración de hemoglobina y saturación de oxígeno de la hemoglobina. Al nacer, el consumo de oxígeno aumenta casi tres veces para cubrir el costo de la energía de la respiración y la termorregulación. Normalmente el flujo sistémico sanguíneo se duplica y el sistema de saturación de oxígeno arterial incrementa. Así, a pesar del aumento en el consumo de oxígeno, y el aumento en el aporte de éste, de manera similar y la reserva para extraerlo sigue siendo mayor en los lechones recién nacidos normales. En contraste, los lechones que presentan alguna anomalía durante el proceso de parto no pueden aumentar sistemáticamente la saturación arterial de oxígeno, de hecho, a menudo cae abruptamente poco después del nacimiento, pone en riesgo a los lechones, debido a la insuficiencia de aporte de oxígeno sistémica, que, si no es tratada, da como resultado el metabolismo anaerobio, acidosis metabólicas y la muerte eminente. Los signos clínicos, el tono muscular e intento en ponerse de pie son dependientes de la condición en la que se encuentre el sistema nervioso autónomo y del grado de su oxigenación (véase la figura 1). El intento de respiración se ve condicionado al estado en el que se encuentre las vías respiratorias, es decir, que no se encuentren obstruidas y no provocar algún grado de asfixia.

Figura 1. Baja puntuación en la escala de vitalidad: Fisiopatología



2.4. Factores que interfieren en la vitalidad al nacer (sexo, peso, temperatura, edad gestacional)

La vitalidad del neonato porcino depende de diversos factores (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2007 b) influenciados por la cerda, como son factores relacionados con la gestación, duración del parto (Herpin *et al.*, 2001), lactación y la conducta post-parto. Así mismo, intervienen en la vitalidad otros factores propios del lechón y del ambiente, como son la hipoxia en el momento del parto (Randall, 1971), la concentración de hormonas (Bate y Hacker, 1982; Bate *et al.*, 1985; Bate, 1991), minerales (Bünger *et al.*, 1988; Tuchscherer *et al.*, 2000) y ácidos grasos (Rooke *et al.*, 1998; Rooke *et al.*, 2001); el peso al nacimiento (Tuchscherer *et al.*, 2000; Casellas *et al.*, 2004) y el tamaño de la camada (De Roth y Downie, 1976) entre otros.

Sexo: El sexo masculino presenta excesivas complicaciones médicas durante el periodo perinatal, aunque el origen de esta vulnerabilidad, relacionada con el sexo no es totalmente comprendido; la vulnerabilidad en los neonatos de sexo masculino, no es exclusivo de los seres humanos, pero, parece ser en general entre los mamíferos incluyendo los porcinos. Por ejemplo, en las crías de ratas, los machos suelen tener las peores tasas de supervivencia, después de la asfixia perinatal que las hembras (Loidl *et al.*, 2000). En humanos, los puntajes de Apgar (escala de vitalidad) que se utiliza para indicar " la adaptación a la vida extra-uterina de los recién nacidos", también muestran diferencias por motivos de género. Los neonatos masculinos recién nacidos prematuros, con muy bajo peso al nacer, tienen puntajes de Apgar menor que los recién nacidos del sexo femenino (Hegyi *et al.*, 2006; Stevenson *et al.*, 2000) y en grandes estudios de cohortes, la baja puntuación a los cinco minutos en la escala de Apgar o de vitalidad los resultados se produjeron con menor frecuencia en las hembras que en los machos (Thorngren-Jerneck *et al.*, 2001; Gissler *et al.*, 1999). Por otra parte los fetos masculinos "tienen un mayor riesgo de parto pre-término (Gissler *et al.*, 1999; McGregor *et al.*, 1993). La media de las puntuaciones de Apgar en correlación con la edad gestacional y los bebés prematuros " a los cinco-minutos en la puntuación de Apgar o de vitalidad, las medias son inferiores a los de los recién nacidos a término completo, las diferencias en los puntajes de Apgar desaparecen entre 37 y 40

semanas de gestación (Casey *et al.*, 2001). La relación entre el sexo masculino y las bajas puntuaciones en la escala de vitalidad, puede estar directa o indirectamente relacionadas con la edad gestacional. Existen diversos trabajos en los que se estudian las diferencias que hay entre hembras y machos. Por factores biológicos, son las hembras las que toleran mejor los procesos en los que se ve comprometido el aporte de oxígeno, y por consecuencia se refleja en la puntuación de la vitalidad. Los conocimientos de las diferencias en el género (hembra-macho), en cuanto al comportamiento de las variables críticas sanguíneas cuando atraviesan por algún grado de asfixia, permitirán utilizar medidas adecuadas para restablecer el vigor de los lechones. Se han realizado investigaciones sobre las diferencias que existen entre hembras y machos en lo que respecta a la diferencia en la maduración pulmonar y producción de surfactante por efecto hormonal, en especies como conejo, borrego entre otras. (Torday y Nielsen., 1987; McMillan *et al.*, 1989; Kovar *et al.*, 2001; Carey *et al.*, 2007). La demora en la síntesis de surfactante aumenta el riesgo para presentar el síndrome de diestrés respiratorio (SDR), en el feto de sexo masculino, estos datos son bien conocidos en la perinatología humana; los andrógenos han estado implicados en el mecanismo de retraso en la maduración pulmonar (Torday and Nielsen, 1987; Dammann *et al.*, 2000). Con estos antecedentes podemos decir que son los machos quienes y por factores biológicos tienen mayor riesgo de obtener puntuaciones bajas en la escala de vitalidad modificada.

Peso: El bajo peso al nacer reduce las posibilidades de supervivencia hasta el destete de los lechones (Baxter *et al.*, 2008, 2009). En la industria porcina el bajo peso en el nacimiento es una falla importante que repercute en la producción. Está bien establecido que el bajo peso al nacer está altamente correlacionado con la disminución de la supervivencia y la tasa de crecimiento post-natal. Thorngren-Jerneck y Herbst (2001) determinan que existe una influencia en la baja puntuación de vitalidad con el peso al nacer y la edad gestacional. Un bajo peso al nacer es conocido por ser un factor de riesgo de compromiso fetal, siendo típico encontrar en los casos de insuficiencia placentaria crónica. Además encontraron que el peso al nacer con cualquier desviación ya sea un incremento o un decremento en el peso, fue acompañado con un similar aumento en el riesgo de una baja puntuación de Apgar a los

5 minutos. Sin embargo, estudios recientes por este grupo de investigación, encontraron que el bajo peso no afecta la puntuación de vitalidad, es decir, los lechones con mayor peso, son los que reprobaron la escala de vitalidad (independientemente del género) además de presentar cierto grado de hipoxia, reflejado en la gasometría.

Edad Gestacional: Es importante mencionar que no existe información en la medicina veterinaria que correlacione la edad gestacional con la puntuación de la vitalidad, sin embargo, en la perinatología humana existe la información necesaria para obtener un punto de referencia, es como Locatelli *et al.*, (2005) en su análisis mostraron que la predicción de la supervivencia fue significativamente relacionada con la edad gestacional; Catlin *et al.*, (1986) señalan que la puntuación de la vitalidad al 1 y 5 minutos en neonatos humanos, tienen una correlación positiva con la edad gestacional, y sólo a los niños nacidos de menos de 30 semanas han requerido intubación; Forsblad *et al.*, (2007) sugieren que la calificación de vitalidad es un indicador significativo a corto plazo en los neonatos nacidos en la semana 25 de la gestación y que requirieron atención médica. Mientras, McIntire *et al.*, (1999) menciona que en cualquier edad gestacional, niños con bajo peso al nacer tienen relativamente alta morbilidad y mortalidad. Weinberger *et al.*, (2000) menciona que de 261 recién nacidos con 23 y 28 semanas de gestación, 54 recién nacidos que presentaron una calificación baja en la escala de vitalidad con un peso de 796 ± 207 g al nacer y con una edad gestacional de 25.7 ± 1.6 semanas; estos valores fueron significativamente diferentes al grupo que obtuvo un puntuación de vitalidad normal ($n = 207$) (1007 ± 289 g, 26.5 ± 1.4 semanas). En otro estudio se encontró que a las 26 y 27 semanas de gestación, la tasa de mortalidad neonatal es de 385 de 1000 nacidos vivos, estos recién nacidos presentaron una calificación de vitalidad de 0 a 3 a los cinco minutos, en comparación con 147 de 1000 para aquellos con puntuaciones de 4 a 6 ($P = 0,002$) (Casey *et al.*, 2001).

2.5. Influencia de la cerda sobre la vitalidad del neonato porcino

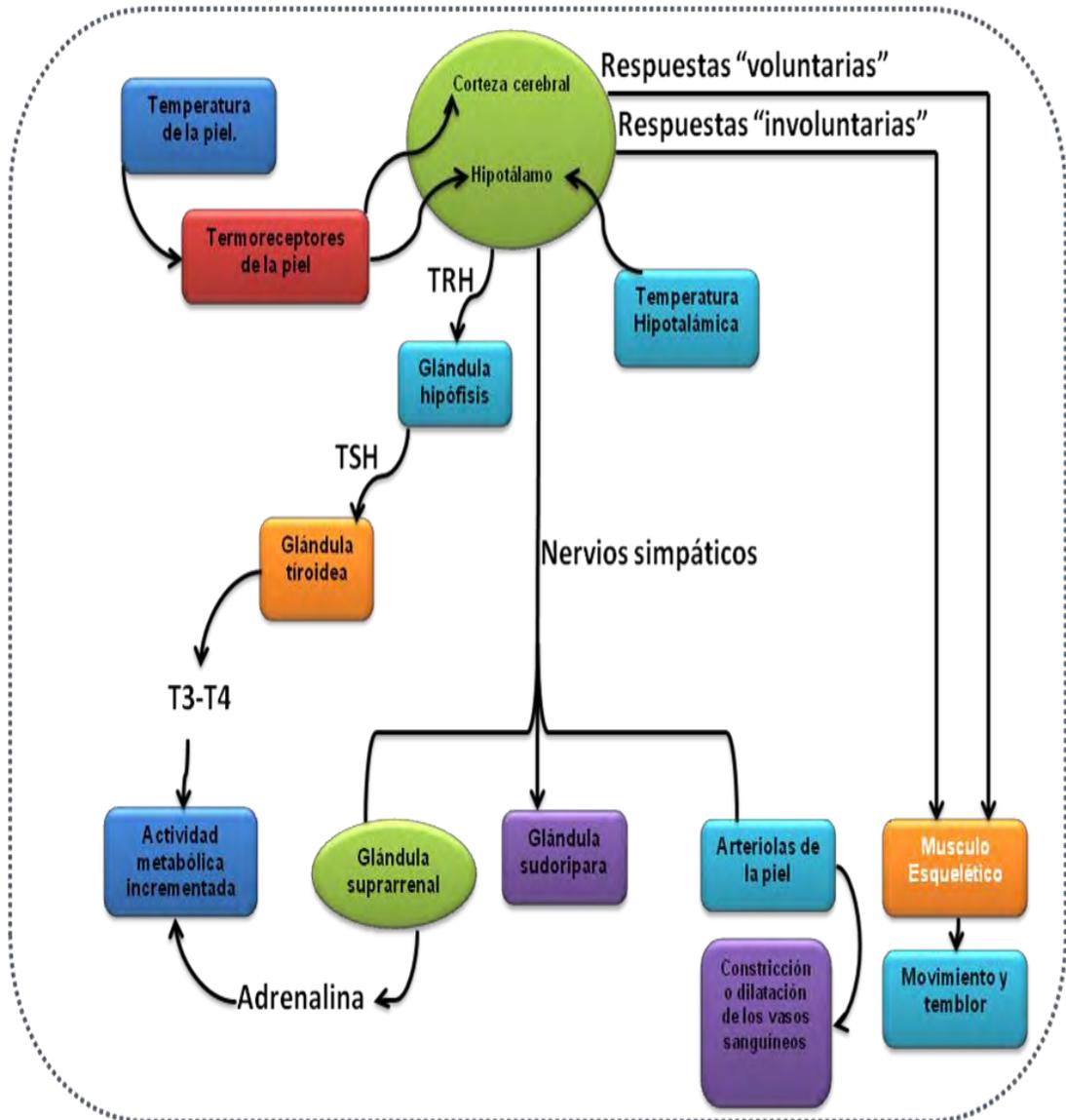
La vitalidad y supervivencia del lechón dependen en gran medida de la cerda. Su influencia se podría dividir en cuatro grandes categorías: factores relacionados con la gestación, con el parto, con el post-parto y con la conducta materna (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2007 b). Las investigaciones en relación a la gestación se concentraron mayoritariamente en los intentos de mejorar el peso al nacimiento de los lechones y sus reservas energéticas, fundamentalmente mediante estrategias nutricionales como el aumento del plano alimentario de la cerda o del contenido de grasa de la ración. Los estudios que se han realizado para mejorar la vitalidad del lechón han concluido que el aspecto clave es la transferencia placentaria de los nutrientes o suplementos que se administren, más que el propio estado metabólico de la madre (Edwards, 2002). Como se ha comentado, algunos autores (Rooke *et al.*, 2001) han observado que la inclusión de ácidos grasos de cadena larga en la dieta de las gestantes reducía la mortalidad por aplastamiento, lo cual estos autores atribuyeron a una mejor vitalidad del lechón puesto que sus concentraciones tisulares de este tipo de ácidos grasos habían aumentado (es decir se produjo un intercambio de estos compuestos). Ya se ha hecho hincapié en la importancia de evitar los factores estresantes entorno del parto, para evitar duraciones totales del parto o intervalos entre el nacimiento de dos lechones muy largos y, en consecuencia, problemas de hipoxia del lechón. Otros factores como el nivel de ejercicio durante la gestación, el tamaño de camada, la temperatura ambiental o el número de parto se han relacionado también con la duración del parto (Edwards, 2002). De este modo, un elevado número de partos de la cerda o un elevado tamaño de la camada aumentan su duración, mientras que un cierto nivel de ejercicio durante la gestación la reduce. Si hablamos de la conducta materna post-parto, uno de los aspectos de la conducta materna que más se han vinculado a la supervivencia del lechón es la agresividad, que puede conllevar la muerte de un cierto número de lechones. Este fenómeno es más frecuente en cerdas primerizas y algunos autores lo han asociado a un componente genético (Knap y Merks, 1987). Sin embargo, existen otros rasgos conductuales de la cerda como la “pasividad” o “inmovilidad” post-parto que también ya se han descrito previamente 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. Por lo tanto, nuevamente cabe destacar la importancia de proporcionar un ambiente lo más apropiado posible para que las cerdas pueda expresar la conducta maternal.

2.6. Fisiología de la termorregulación en el neonato porcino

En los lechones recién nacidos se produce la rápida pérdida de calor a causa de la mayor superficie corporal y la incapacidad de producir suficiente calor. Se pierde calor por conducción, convección, radiación y evaporación. La hipotermia puede contribuir a alteraciones metabólicas tales como la hipoglucemia o acidosis. La desventaja que presentan los lechones en comparación con otras especies, es que cuentan con menos grasa corporal, ya que esta es un componente necesario para la habilidad de termo-regularse propia del lechón, en el momento del nacimiento; incluso se ha sugerido que el metabolismo de los lípidos juega un papel importante para obtener una termo- estabilidad en el lechón recién nacido. En el equilibrio de la temperatura, existen factores hormonales dispuestos a conseguir un equilibrio termogénico, las hormonas tiroideas tienen un importante rol en el mantenimiento y regulación de la termogénesis (Dauncey, 1990) (véase la figura 2). Inmediatamente después del nacimiento, los lechones recién nacidos se enfrentan con 15 a 20°C menos que la temperatura intrauterina. La consecuencia del rápido enfriamiento y la humedad corporal aunada al pobre aislamiento de los lechones es a menudo asociado con un temporal decremento en la temperatura del cuerpo e induce una respuesta vigorosa termogénica. McGlone y Pond, (2003) mencionan que el ineficiente control de la temperatura del lechón recién nacido está relacionado a su relativa inmadurez fisiológica, esta inmadurez incluye las reservas de energía limitadas en el cuerpo, la limitación de grasa en el tejido subcutáneo, escasa capa de pelo y una gran área de superficie corporal en relación con el peso corporal especialmente en lechones pequeños. Asakura, (2004) señala que existen dos modalidades para la producción de calor, 1) la producción básica de calor que es por el resultado del incremento de la actividad metabólica celular, 2) y la producción extra de calor cuando se necesita, tal es el caso de estrés por frío.

Figura 2. Fisiología de la termorregulación en el neonato. **TRH**= Hormona liberadora de tiotropina **TSH**= Hormona estimulante de la tiroides **T3**= Triyodotironina **T4**= Tetrayodotironina o tiroxina



2.7. Valoración del intercambio gaseoso en el lechón recién nacido

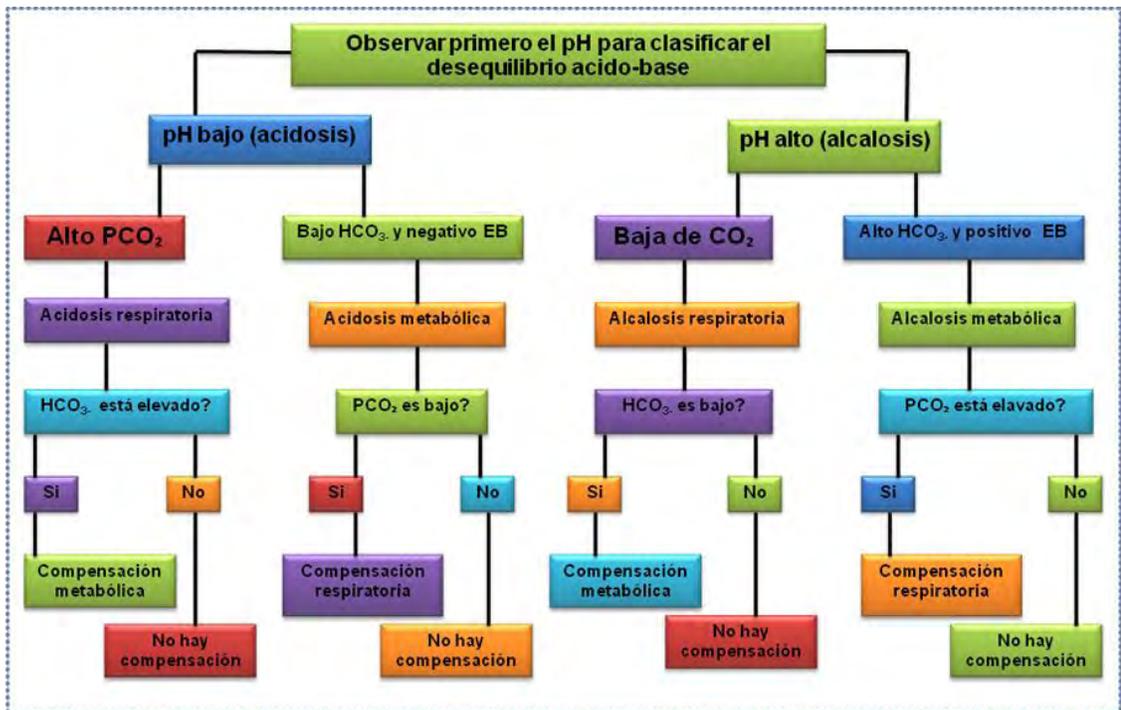
La gasometría arterial se utiliza para estimar el sistema del equilibrio ácido-base. En los neonatos porcinos, la gasometría proporciona información esencial para el cuidado de los lechones que sufrieron de algún trastorno respiratorio durante el parto, es muy importante, porque proporciona mediciones de gases en sangre " el fin y el efecto" de los niveles sobre la oxigenación y la eliminación de CO₂. El análisis de muestras de sangre, por lo general, se realiza de forma automatizada con analizadores de gas de sangre arterial o de vena; automáticamente los sensores electroquímicos, miden el pH, la PCO₂ y PO₂. El CO₂ se mide por la tensión que ejerce a partir de una reacción química en la que se consume CO₂ y produce iones de hidrógeno y esto es detectado como un cambio que es medido. El O₂ se mide con la tensión, a través de reacciones de oxidación-reducción que generan corrientes eléctricas que estas a su vez son medidas. Es importante mencionar que la temperatura juega un papel importante, en que, los analizadores de gases de sangre arterial o de vena funcionan a 37 ° C, la cual puede diferir de la temperatura corporal del paciente de quien la muestra de sangre fue tomada. Aunque el contenido total de dióxido de carbono y oxígeno en la sangre no cambian, el pH, la PCO₂, PO₂ en una muestra de sangre, varían con la temperatura de forma predecible, porque la tensión de gas y la concentración de iones de hidrógeno disminuyen con la temperatura (Ream *et al.*, 1982; Williams, 1998).

Por otra parte, se ha mencionado que para evaluar los gases sanguíneos, se requiere hacer gasometría, la cual se realiza con sangre arterial, sin embargo, los valores arteriales no siempre pueden reflejar el estado ácido-base en los tejidos por una insuficiencia circulatoria o reanimación cardiopulmonar en la que el gasto cardiaco se ve reducido. En un estudio durante la resucitación cardiopulmonar, por ejemplo, el pH y la PCO₂ arterial fueron 7,42 y 32 mm Hg, mientras que los respectivos valores en la sangre venosa mixta fueron de 7,14 y 74 mmHg. Entonces, es probable, que estos últimos resultados reflejan más y estrechamente el pH del tejido, con estos resultados se especula, que la medición arterial puede llevar a la suposición errónea de que el equilibrio ácido-base se mantiene (Weil *et al.*, 1986).

2.8. Interpretación de las mediciones de gas en sangre

Para poder interpretar el desequilibrio ácido-base en el lechón recién nacido que curso por un proceso en el cual se interrumpió el aporte de oxígeno conocido como hipoxia, y que a su vez genera el comienzo del metabolismo anaeróbico provocando un descenso en el pH y la elevación del ácido láctico que resulta en una acidosis metabólica; es necesario cuidar los valores más representativos que nos arroja el análisis de gases en sangre. Para empezar a catalogar el desequilibrio ácido-base, es necesario observar el pH si este es mayor a 7.5 se presumirá de una alcalosis, y si es menor el pH a 7.0 es probable que se trate de una acidosis; para catalogar la acidosis en metabólica o respiratoria se deben observar los niveles de la presión parcial de dióxido de carbono si es alto se hablara de una acidosis respiratoria, para que se interprete como acidosis metabólica es necesario que los niveles de bicarbonato y los del exceso de base sean bajos (véase figura 3). Cuando tenemos un pH por arriba de 7.5 y los valores de dióxido de carbono son bajos existe alcalosis respiratoria complementando la interpretación si los niveles de bicarbonato (HCO_3^-) son altos se pensara en una alcalosis metabólica (véase figura 3).

Figura 3. Interpretación de las mediciones de gas en sangre. EB: Exceso de base.



2.9. Guía para la interpretación de las mediciones de gas en sangre

- Interpretar los resultados con el conocimiento de la condición clínica.
- Comprobar la coherencia dentro de la muestra de gas de sangre. Las variables derivadas pueden inducir a error, si ninguna de las tres mediciones (pH, PCO₂ y PO₂) es correcta.
- Observe la PCO₂. Puede indicar una anomalía respiratoria (por ejemplo, un alto PCO₂ puede verse en insuficiencia respiratoria aguda secundaria a neumonía).
- Observar el nivel el bicarbonato estándar o el exceso de base para interpretar el status ácido-base metabólico. Es la evidencia de una compensación secundaria o de un desorden ácido -base mixto aparentemente.
- Si la acidosis se piensa que es de origen metabólico, revisar los niveles de lactato y cloruro, para sugerir una causa metabólica.

III. JUSTIFICACIÓN

El nacimiento es un momento crucial en la vida de los lechones, al tener que adaptarse rápidamente a un nuevo ambiente, ya que cualquier retraso puede implicar una desventaja importante a la hora de competir con el resto de sus compañeros de camada por la leche materna, y reducir drásticamente la probabilidad de supervivencia (Christison *et al.*, 1997). Existe información respecto a los factores que intervienen en la vitalidad y supervivencia neonatal; sin embargo, no hay estudios que caractericen el perfil fisio-metabólico de lechones con bajo peso reprobados en la escala de vitalidad modificada y su capacidad para conectar la teta materna por primera vez. Es importante categorizar los diferentes rangos de la calificación que puedan obtener los lechones al nacimiento, en la escala de vitalidad modificada, que junto con el análisis del estado ácido-base propio de lechón nos permitirá obtener un panorama general de la condición clínica del lechón recién nacido, así mismo, los conocimientos de las diferencias en el género (hembra-macho), en cuanto al comportamiento de las variables críticas sanguíneas cuando atraviesan por algún grado de asfixia, permitirán utilizar medidas adecuadas para restablecer el vigor de los lechones.

IV. HIPÓTESIS

Los lechones que obtengan una calificación reprobatoria en la escala de vitalidad reducirán sus probabilidades de supervivencia, reflejado en las variables críticas bioquímicas y en el tiempo para conectar la teta materna por primera vez.

V. OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente estudio es evaluar de manera integral el sistema biológico en neonatos porcinos con baja vitalidad y buscar las diferencias entre géneros con vitalidad reprobada durante el parto, a través de variables bioquímicas y metabólicas sanguíneas.

5.1. Objetivos específicos

1. Determinar el desequilibrio ácido-base a través del pH, PCO_2 , PO_2 , lactato y HCO_3^- a través del analizador de parámetros críticos sanguíneos durante el nacimiento de neonatos que obtengan calificaciones de vitalidad reprobatorias.
2. Determinar el efecto del sexo, y peso sobre la calificación de vitalidad.
3. Obtener un punto de referencia de las variables bioquímicas y metabólicas sanguíneas de lechones que dependiendo del género y la escala de vitalidad.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Animales

El estudio se llevó a cabo en una granja porcina de producción intensiva, ubicada en la región central de México. Se evaluaron al nacimiento, todos los neonatos porcinos que fueron expulsados (1,121 lechones) de 100 cerdas multíparas (1^{er} a 5^{to} parto) híbridas Yorkshire × Landrace, durante los meses de septiembre a octubre del 2008. Los edificios de la maternidad donde se alojaron los animales, tenían sistemas de ventilación electrónica, contaban con luz natural y eléctrica fijado en 39,8 candelas, la temperatura ambiente promedio fue de 26 ° C con una humedad relativa de 60%.

6.2. Evaluación de los neonatos porcinos a través de la escala de vitalidad modificada

Los lechones fueron evaluados al nacimiento a través de la escala de vitalidad reportada previamente por Mota *et al.*, (2005), midiendo las siguientes variables:

- 1) Frecuencia cardíaca (latidos por min): < 110, entre 121 y 160, y > 161.
- 2) Latencia a intento de inspiración (min): es el intervalo entre el nacimiento y la primera respiración: >1 min, entre 16 seg. y 1 min, y < 15 seg.
- 3) Color de la piel del hocico: pálido, cianótico o rosado.
- 4) Latencia a ponerse de pie, es el intervalo entre el nacimiento y la primera vez que el lechón logra sostenerse sobre sus cuatro extremidades. Se clasificó en > 5 min, entre 1 y 5 min, y < 1 min.
- 5) Tono Muscular se divide en: flácido, pobre, bueno.

Cada variable se calificó del 0 (el peor) al 2 (el mejor) y se obtuvo una calificación global con un rango de 1 a 10 para cada lechón. Desde luego, un valor menor a 6, indica reprobación en la escala de vitalidad. El ritmo cardíaco se obtuvo a través de un estetoscopio. El primer respiro fue considerado cuando se observaron movimientos torácicos del lechón acompañados por exhalación de aire. El tiempo transcurrido para

ponerse de pie se cronometró hasta que el lechón logró levantarse sobre sus cuatro extremidades.

También se evaluó los siguientes parámetros

6.3. Latencia a conectar la teta

Se registró el tiempo que requirió cada lechón para hacer contacto con la teta materna, éste es el intervalo que transcurre entre el nacimiento y el momento en que el cerdo logra por primera vez hacer contacto con la teta materna. El tiempo para el registro de esta variable comenzó a partir de que el lechón era reubicado cerca de la zona vulvar de la madre, inmediatamente después del primer muestreo sanguíneo al momento del nacimiento.

6.4. Temperatura corporal

La temperatura corporal se registró en el primer y a los cinco minutos de vida del neonato, y fue evaluada de forma instantánea (1 segundo) a través del termómetro otal ThermoScan Braun® (GMBH, Kronberg, Germany).

6.5. Número de cordones umbilical adheridos y rotos

Los cordones umbilicales fueron evaluados al nacimiento y clasificados como adheridos y rotos, de acuerdo al criterio de Mota-Rojas *et al.*, (2002). Una vez evaluada la vitalidad como la morfología del cordón umbilical, los recién nacidos fueron pesados utilizando una báscula digital (Salter Weight-Tronix Ltd. West Bromwich, United Kingdom).

6.6. pH, PCO₂, PO₂, Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, glucosa, lactato, HCO₃⁻ y hematocrito

Las muestras sanguíneas de los neonatos porcinos se tomaron inmediatamente después de su nacimiento. El muestreo se realizó mediante sangrado retro-orbital con un tubo microcapilar, de 100 µl empujándolo lateralmente (parte externa) hasta la pared posterior de la órbita ocular a través de la conjuntiva, incidiendo el seno venoso, de acuerdo a la técnica empleada por Orozco *et al.*, (2008). El pH, PCO₂, PO₂, Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, glucosa, lactato, HCO₃⁻ y hematocrito, se analizaron simultáneamente a través de un analizador de gases de tercera generación (gasómetro GEM Premier 3000 de IL Diagnostics. Italy). El

experimento fue aprobado por el Subcomité Institucional para el Cuidado de Animales en Experimentación (SICUAE), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

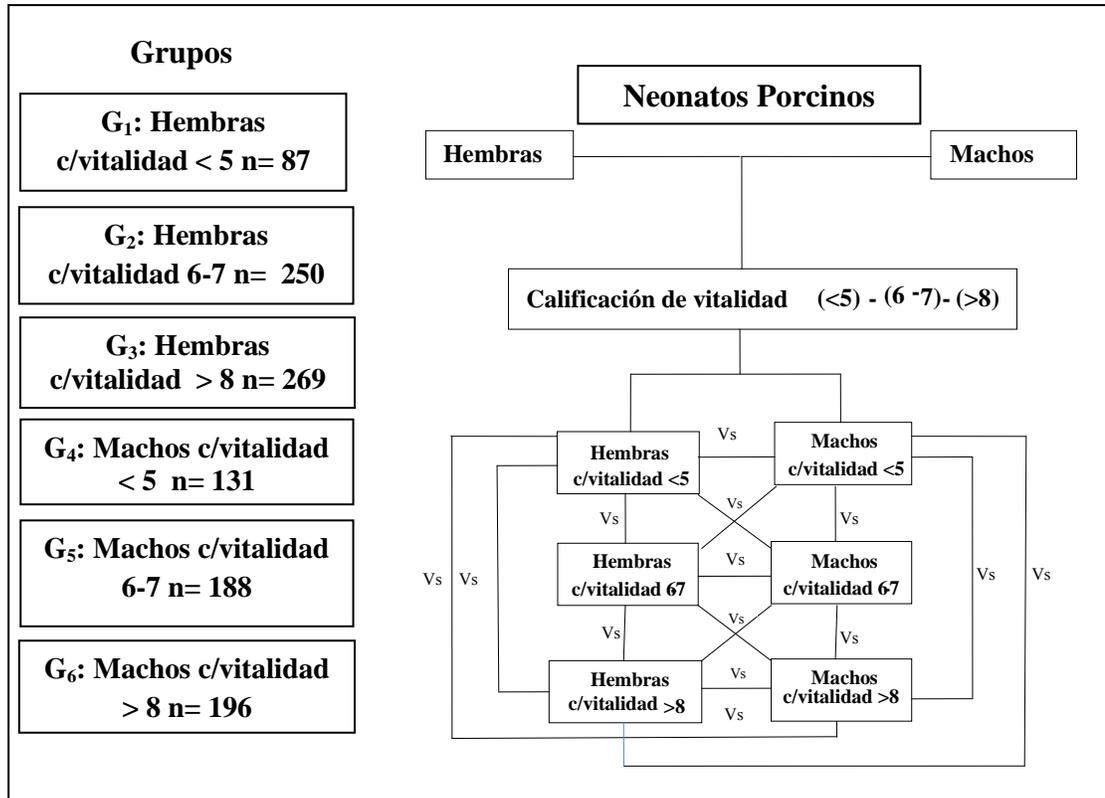
6.7. Distribución de grupos

El criterio para formar los grupos fue exclusivamente la calificación de vitalidad que se otorgó, independientemente de su perfil fisiometabólico, orden del nacimiento y género. Los neonatos porcinos obtenidos fueron divididos en tres grupos. El grupo 1 (G_1 : $n=218$) conformado por los neonatos porcinos que reprobaron la escala de vitalidad con una calificación < 5 ; los recién nacidos que integraron el grupo 2 (G_2 : $n=439$) fueron aquellos que obtuvieron puntajes entre 6 y 7, y el grupo 3 (G_3 : $n= 464$) estuvo integrado por lechones que obtuvieron una calificación de vitalidad superior a 8.

6.8. Diferencias de sexo

Para encontrar las diferencias entre género se utilizó el mismo número de lechones recién nacidos y tomando las mismas variables que se utilizaron anteriormente. Se estructuró el siguiente procedimiento que la figura 4 representa.

Figura 4. Formación de grupos



6.9. Análisis estadístico

Para encontrar las diferencias entre grupos exclusivamente catalogados de acuerdo a la calificación de vitalidad, se utilizó un diseño experimental completamente al azar bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = variable respuesta observada en el tratamiento (j) en la repetición (i)

μ = media poblacional, un efecto común a todas las observaciones.

t_i = efecto del tratamiento i.

E_{ij} = efecto aleatorio del error de la unidad experimental (i) y del grupo genético (j) con distribución $N(0, \sigma^2)$.

El análisis de varianza se efectuó bajo el procedimiento ANOVA del programa estadístico SAS (SAS, 2004). La comparación múltiple de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. La comparación de medias y el análisis de varianza se efectuó bajo el procedimiento GLM (General Lineal Models) del programa estadístico SAS (SAS, 2004). Aunado a lo anterior, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para las variables con distribución no normal, pH y clasificación del cordón umbilical.

Se utilizó la prueba de chi-cuadrada para encontrar la diferencia en la incidencia en la calificación de vitalidad modificada dependiendo del género. Para analizar si existen diferencias significativas en los grupos divididos por género de acuerdo a la puntuación de vitalidad se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento One Way (ANOVA). La prueba de comparación múltiple de medias se realizó mediante el procedimiento de Tukey. Para las variables referentes a la condición de los cordones umbilicales en los grupos divididos por género, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, Para todas las pruebas el nivel de probabilidad fue de $p < 0.05$. El análisis se realizó mediante el programa SPSS © 15.0 paquete estadístico (SPSS Inc., Chicago, EE.UU.).

VII. RESULTADOS

7.1. Perfil metabólico

En el cuadro 1 se muestra el pH, PCO_2 , PO_2 , HCO_3 , lactato, glucosa y minerales. El análisis estadístico se observan diferencias significativas en el pH ($P < 0.05$) entre los grupos catalogados de acuerdo a su vitalidad (G_1 , G_2 y G_3). Los lechones que reprobaron la escala de vitalidad (1-5) presentaron un pH más bajo en comparación de los aprobados con una calificación superior a 6. En la presión parcial de dióxido de carbono (PCO_2) y en la presión parcial de oxígeno (PO_2) se presentaron diferencias significativas entre los tres grupos, los lechones que reprobaron la escala de vitalidad presentan un considerable incremento en la PCO_2 y una reducción en la PO_2 (véase cuadro 1). En lo que respecta a los niveles de lactato en el cuadro 1, el incremento del lactato sanguíneo en los lechones con puntuación menor a cinco (90.09 mg/dl) es notable y significativamente diferente al grupo aprobado con puntuación mayor que ocho (36.13mg/dl). De la misma forma para los niveles de glucosa, el incremento en los niveles de glucosa del grupo reprobado en la escala de vitalidad es considerablemente más alto que los aprobados (83.53mg/dl *versus* 67.17mg/dl). Los electrolitos en sangre Na^+ y Ca^{++} , también presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre grupos; no así el comportamiento en los niveles de K^+ que no tuvo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre grupos, al igual que el porcentaje de hematocrito ($P > 0.05$) esto es representado en el cuadro 1.

Cuadro 1. Media \pm error estándar de las variables equilibrio ácido–base, metabolismo energético y gases en sangre de lechones recién nacidos clasificados de acuerdo a la calificación de vitalidad obtenida.

Calificación de Vitalidad	G ₁	G ₂	G ₃
	0-5 (n = 218)	6-7 (n = 439)	8-10 (n = 464)
Variables sanguíneas	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE
*pH	7.1 \pm 0.03 ^c	7.24 \pm 0.01 ^b	7.32 \pm 0.01 ^a
PCO ₂ mmHg	86.65 \pm 1.40 ^a	53.75 \pm 0.47 ^b	46.43 \pm 0.37 ^c
PO ₂ mmHg	21.79 \pm 0.63 ^c	26.28 \pm 0.25 ^b	27.96 \pm 0.26 ^a
Na ⁺ mmol/L	134.06 \pm 0.21 ^b	134.89 \pm 0.13 ^{ab}	135.73 \pm 0.13 ^a
K ⁺ mmol/L	6.82 \pm 0.03 ^a	6.66 \pm 0.02 ^a	6.74 \pm 0.15 ^a
Ca ⁺⁺ mmol/L	1.86 \pm 0.01 ^a	1.66 \pm 0.00 ^b	1.58 \pm 0.00 ^c
Glucosa mg/dl	83.53 \pm 2.36 ^a	63.37 \pm 0.57 ^b	67.12 \pm 0.56 ^b
Lactato mg/dl	90.09 \pm 1.28 ^a	44.34 \pm 0.66 ^b	36.13 \pm 0.53 ^c
HCO ₃ ⁻ mmol/L	18.90 \pm 0.11 ^c	21.32 \pm 0.08 ^b	23.03 \pm 0.10 ^a
Hematocrito %	32.63 \pm 0.26 ^a	32.53 \pm 0.16 ^a	31.14 \pm 0.16 ^a

a, b, c, Filas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

*Prueba de Kruskal-Wallis, expresado como mediana y rango.

7.2. *Peso, temperatura, latencias para conectar la teta y género*

Respecto a los pesos de los recién nacidos con calificación de vitalidad reprobada que integraron el G₁, éstos fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) en 197 g, respecto al G₃ de neonatos con calificaciones de vitalidad elevada (Cuadro 2). En el caso de la temperatura corporal al nacimiento entre los neonatos del G₁ (37.06°C) *versus* el G₃ (37.76°C), fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) en 0.7°C en el primer minuto de nacimiento. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) a los 5 minutos de nacimiento entre grupos. Respecto a la latencia a conectar la teta para los neonatos del G₃ fue de 23.38 minutos, mientras que para el grupo de lechones que reprobaron la escala de vitalidad (G₁) fue de 54 minutos. Respecto al desempeño de la vitalidad de acuerdo al género, que se aprecia en el Cuadro 2, en el grupo de neonatos débiles (G₁), el 60% de los reprobados fueron machos, mientras que para los lechones que alcanzaron calificaciones aprobatorias, el mayor porcentaje correspondió a las hembras.

Cuadro 2. Media \pm error estándar de las variables peso, sexo, temperatura al nacimiento y a los cinco minutos, de lechones recién nacidos clasificados de acuerdo a la calificación de vitalidad obtenida.

	G₁	G₂	G₃
Calificación de Vitalidad	0-5	6-7	8-10
	(n = 218)	(n = 439)	(n = 464)
Variable	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE
Peso (g)	1590.93 \pm 13.98 ^a	1472.46 \pm 7.72 ^b	1393.94 \pm 7.76 ^c
Temperatura corporal al nacimiento (°C)	37.06 \pm 0.02 ^c	37.53 \pm 0.02 ^b	37.76 \pm 0.02 ^a
Temperatura corporal a los 5 min (°C)	36.65 \pm 0.07 ^a	35.79 \pm 0.06 ^a	36.49 \pm 0.04 ^a
Latencia para conectar la teta (min)	54.44 \pm 0.54 ^a	29.27 \pm 0.40 ^b	23.38 \pm 0.29 ^c
Machos	131 (60.09%)	193 (43.96%)	197 (42.45%)
Hembras	87 (39.90%)	246 (56.03%)	267 (57.54%)

a, b, c, Filas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

7.3. Morfología del cordón umbilical

La morfología del cordón umbilical dependió de la puntuación obtenida entre grupos. El G₃ (vitalidad > 8) presentó una alta diferencia significativa ($P < 0.0001$), con una mayor presencia de cordones adheridos normales en comparación con el G₁ (vitalidad < 5). En el caso de la presencia de cordones umbilicales rotos, se presentó una diferencia significativa ($P < 0.0001$) entre grupos, en el G₁ (reprobados) hubo una incidencia significativamente mayor. En el Cuadro 3, se aprecia de manera interesante, que a medida que la calificación de la vitalidad se incrementó, se redujo el número de lechones que exhibieron cordón umbilical roto, esto es, el G₁ presentó el mayor porcentaje de cordones rotos, mientras que el G₃, tuvo la menor tasa.

Cuadro 3. Morfología del cordón umbilical, de lechones recién nacidos clasificados de acuerdo a la calificación de vitalidad obtenida.

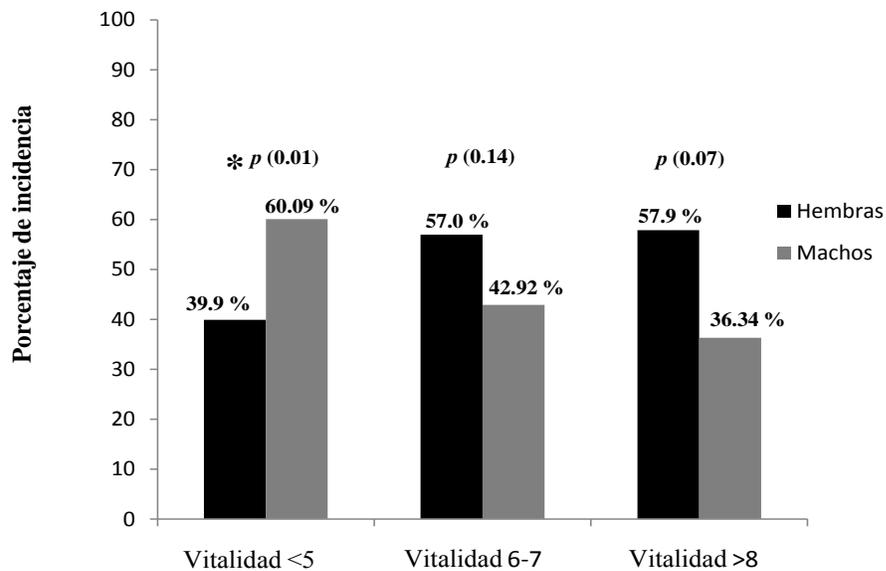
	G₁	G₂	G₃	
Calificación de la vitalidad	0-5	6-7	8-10	
	(n = 218)	(n = 439)	(n = 464)	
Tipo de cordón umbilical	No. (%)	No. (%)	No. (%)	Valor P
Adherido (normal)	53 (24.31)	358 (81.54)	420 (90.5)	0.0001
Roto	165 (75.68)	81 (18.45)	44 (9.48)	0.0001

Prueba de Kruskal-Wallis, para los valores numéricos.

7.4. Incidencia en la calificación de vitalidad modificada dependiendo el género

Se presentaron diferencias significativa ($p < 0.05$) entre los grupos (hembras y machos) que reprobaron la escala de vitalidad, sin embargo, en los grupos restantes no presentaron diferencias significativas entre machos y hembras con la misma calificación de vitalidad. Es importante mencionar que a pesar de que no se encontraron diferencias significativas en los grupos (machos y hembras) aprobados con 6-7 en la escala de vitalidad el porcentaje de machos con esta incidencia es menor que en las hembras; también es importante mencionar que en los grupos restantes (machos y hembras) con vitalidad >8 , numéricamente hay mayor incidencia de hembras aprobadas en la escala de vitalidad (figura 5).

Figura 5. Porcentaje de incidencia en la calificación de vitalidad modificada dependiendo del género en neonatos porcinos.



*Significativo ($p < 0.05$).

7.5. Efecto del género: Perfil metabólico-energético

En lo que respecta al desequilibrio ácido-base (Cuadro 4), fueron los machos con puntuación menor a cinco, quienes presentaron un descenso considerable en el pH, PO₂, en comparación con el resto de los grupos que es significativamente diferente ($P < 0.05$), asimismo dentro del grupo de hembras; son las hembras con una puntuación menor a cinco quienes también presentan un descenso en el pH y que es significativamente diferente a los grupos de hembras y machos que obtuvieron una puntuación por encima de seis. La PO₂ que presentaron las hembras que obtuvieron una puntuación menor a cinco son significativamente diferente ($P < 0.05$) con el grupo de hembras y machos que aprobaron la escala de vitalidad por encima de ocho; tanto las hembras como los machos con puntuación de vitalidad menor a cinco presentan una considerable elevación de PCO₂ en comparación de los demás grupos que aprobaron la escala de vitalidad, esta diferencia es significativa ($P < 0.05$).

Los niveles de lactato fueron más elevados tanto en las hembras como en los machos con menor puntuación a cinco en la escala de vitalidad, (86.31 mg/dl y 91.76 mg/dl respectivamente) y son los machos, quienes presentan una considerable elevación de lactato que fue significativamente diferente ($P < 0.05$) con el resto de los grupos. Los niveles de bicarbonato se observan disminuidos en las hembras reprobadas en la escala de vitalidad al igual que en los machos, y son significativamente diferentes ($P < 0.05$) a los grupos que aprobaron la escala de vitalidad tanto hembras como machos. Los niveles de glucosa tanto en machos como en hembras que reprobaron la escala de vitalidad fueron significativamente más altos al resto de los grupos ($P < 0.05$), sin embargo no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los grupos aprobados en la escala de vitalidad tanto en hembras como en machos. En la figura 7, se esquematiza la distribución de los valores de las variables pH, PCO₂, PO₂, a simple vista se observa, que las hembras en general cuentan con un pH mayor que los machos, y de acuerdo a la calificación de vitalidad son las hembras y machos reprobados en la escala de vitalidad quienes presentan un decremento en el pH; en la PCO₂ nuevamente las hembras y machos reprobados en la escala de vitalidad presentan un incremento considerable en los niveles de dióxido de

carbono. Los valores de la PO_2 en los grupos presentan un incremento secuencial, es decir, conforme mejora la puntuación de vitalidad la media de los valores de la PO_2 incrementa. La distribución de los valores de la variable de lactato, así como también las de bicarbonato se esquematizan en la figura 8, nuevamente son los machos con puntuación de vitalidad menor a cinco quienes presentan un mayor incremento en los niveles de lactato y un descenso representativo en el nivel de bicarbonato. La distribución de los valores de glucosa son representados por la figura 9, la mayoría de los valores se concentran en 110 mg/dl y 50 mg/dl, es importante mencionar que en los machos con puntuación menor a cinco existen más valores extremos con respecto a la mediana.

7.6. Efecto del género: comportamiento electrolítico

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las medias del Ca^{++} entre las hembras agrupadas de acuerdo a la puntuación obtenida de la escala de vitalidad, y entre machos reprobados en la escala de vitalidad modificada (Cuadro 4). El comportamiento de los valores de Ca^{++} de los grupos es representado por la figura 9, en donde los grupos (machos y hembras) con puntuación mayor a cinco presentan disminuidos los niveles de Ca^{++} respecto a los grupos reprobados en la escala de vitalidad. En cuanto a las medias de sodio, potasio, y hematocrito no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre grupos (Cuadro 4). El comportamiento de los valores de sodio y potasio, están representado en la figura 10, en donde las medianas son simétricas en los seis grupos de igual manera en los niveles de hematocrito, figura 11.

Cuadro 4. Media \pm error estándar de las variables equilibrio ácido–base, metabolismo energético, gases en sangre y del comportamiento electrolítico de lechones recién nacidos, clasificados de acuerdo al sexo dependiendo de la puntuación de vitalidad obtenida

Variable	G₁ Hembras vitalidad <5 n= 87	G₄ Machos vitalidad <5 n= 131	G₂ Hembras vitalidad 6-7 n= 250	G₅ Machos vitalidad 6-7 n= 188	G₃ Hembras vitalidad >8 n= 269	G₆ Machos vitalidad >8 n= 196
	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE
pH	7.13 \pm .01 a	7.08 \pm .01a	7.23 \pm .02 b	7.22 \pm .00 b	7.32 \pm .00 c	7.30 \pm .00 c
PCO₂ mmHg	84.74 \pm 2.76 a	89.92 \pm 1.62 a	53.18 \pm .71 b	54.70 \pm 1.07 b	45.53 \pm .67 c	47.73 \pm .71 c
PO₂ mmHg	23.19 \pm .97 a	20.43 \pm .63 a	26.35 \pm .42 b	26.57 \pm .49 b	28.00 \pm .49 b	27.91 \pm .43 b
Lactato mg/dl	86.31 \pm 2.76 a	91.76 \pm 1.54 a	43.33 \pm 1.03 b	46.15 \pm 1.42 b	34.79 \pm .87 c	37.97 \pm 1.14 c
HCO₃ mmol/L	17.79 \pm .20 a	18.17 \pm .17 a	21.24 \pm .16 b	21.53 \pm .18 b	23.01 \pm .17 c	23.04 \pm .21 c
Glucosa mg/dl	80.25 \pm 4.11a	85.40 \pm 3.43 a	63.52 \pm .99 b	62.70 \pm 1.08 b	68.20 \pm .99 b	65.64 \pm 1.08 b
Ca⁺⁺ mmol/L	1.80 \pm .02 a	1.90 \pm .01 d	1.66 \pm .01 b	1.66 \pm .01 b	1.59 \pm .01 c	1.57 \pm .01 c
Na⁺ mmol/L	134.57 \pm .39 a	135.12 \pm .29 a	135.14 \pm .23 a	135.21 \pm .24 a	135.76 \pm .23 a	135.71 \pm .26 a
K⁺ mmol/L	6.35 \pm .18 a	6.25 \pm .07 a	6.62 \pm .05 a	6.49 \pm .04 a	6.66 \pm .04 a	6.85 \pm .27 a
Hematocrito %	31.50 \pm .79 a	30.63 \pm 1.23 a	32.85 \pm .81 a	32.00 \pm .95 a	33.37 \pm .83 a	31.84 \pm .84 a

a, b, c, d, Filas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

*La comparación de medias se realizó entre los seis grupos mediante la prueba de Tukey.

7.7. Efecto del género: Peso, temperatura al nacimiento y latencia al primer contacto con la teta materna.

Son las hembras y machos que reprobaron la escala de vitalidad, quienes presentaron mayor peso en el nacimiento, sin embargo son los machos reprobados, los que presentaron una diferencia marcada en el incremento del peso, siendo significativamente diferentes ($P < 0.05$), a los grupos aprobados de hembras y machos (Cuadro 5). La figura 12, representa la distribución de los valores de la variable peso. La distribución de los valores que corresponde a la temperatura al nacimiento y a los cinco minutos después de haber nacido son caracterizados en la figura 13. La temperatura corporal al nacimiento fue más baja en los lechones hembras y machos, que reprobaron la escala de vitalidad que es significativamente diferente ($P < 0.05$) al resto de los grupos que aprobaron la escala de vitalidad (Cuadro 5). En lo que se refiere a la temperatura corporal a los cinco minutos de haber nacido, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los seis grupos (Cuadro 5); en lo que respecta, al tiempo en el que tardaron los lechones en conectar la teta materna por primera vez, existen, diferencias significativas ($P < 0.05$) entre hembras clasificadas de acuerdo a la puntuación de vitalidad de igual manera en los machos; no así, entre machos y hembras que tienen la misma puntuación de vitalidad (Cuadro 5), los valores son representados por la figura 11.

7.8. Efecto del género: Morfología del cordón umbilical

En el cuadro 6, se representa la incidencia de cordones adheridos y rotos, son las hembras y machos con puntuación de vitalidad reprobatoria quienes tienen una mayor incidencia de cordones rotos en el momento del parto; conforme mejora la puntuación de vitalidad, incrementa la presencia de cordones adheridos. En la figura 14 se representa gráficamente la incidencia de cordones rotos y adheridos.

Cuadro 5. Media \pm error estándar de las variables peso, temperatura al nacimiento y a los cinco minutos, y latencia para conectar la teta de lechones recién nacidos, clasificados de acuerdo al sexo dependiendo de la puntuación de vitalidad obtenida

Variable	G₁	G₄	G₂	G₅	G₃	G₆
	Hembras vitalidad <5 n= 87	Machos vitalidad <5 n= 131	Hembras vitalidad 6-7 n= 250	Machos vitalidad 6-7 n= 188	Hembras vitalidad >8 n= 269	Machos vitalidad >8 n= 196
	Med \pm EE	Med \pm EE	Med \pm EE	Med \pm EE	Med \pm EE	Med \pm EE
Peso (g)	1571.28 \pm 25.38 ad	1601.60 \pm 19.78 a	1444.96 \pm 13.46 b	1508.96 \pm 14.17 d	1367.73 \pm 12.41c	1428.92 \pm 16.63 b
Temperatura corporal al nacimiento (°C)	37.16 \pm .06 a	37.01 \pm .04 a	37.54 \pm .04 b	37.51 \pm .04 b	37.87 \pm .04 c	37.61 \pm .05 b
Temperatura corporal a los 5 min (°C)	36.72 \pm .19 a	36.08 \pm .26 a	36.64 \pm .20 a	36.14 \pm .31a	36.95 \pm .20 a	36.47 \pm .28 a
Latencia para conectar la teta(min)	54.39 \pm 1.33 a	54.45 \pm .81 a	28.52 \pm .70 b	30.08 \pm .90 b	22.46 \pm .50 c	24.78 \pm .65 c

a, b, c, d, Filas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

*La comparación de medias se realizó entre los seis grupos mediante la prueba de Tukey.

Cuadro 6. Morfología del cordón umbilical de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.

Morfología del Cordón Umbilical *

		Grupo						Total
		1	2	3	4	5	6	
Cordón adherido (normal)	Número de Neonatos	27	204	248	26	153	173	831
	% de Neonatos	3.2%	24.5%	29.8%	3.1%	18.4%	20.8%	
	% en el grupo	31.0%	81.6%	92.2%	19.8%	81.4%	88.3%	
	% Total	2.4%	18.2%	22.1%	2.3%	13.6%	15.4%	74.1%
Cordón roto	Número de Neonatos	60	46	22	105	35	23	291
	% de Neonatos	20.6%	15.8%	7.6%	36.1%	12.0%	7.9%	
	% en el grupo	69.0%	18.4%	8.2%	80.2%	18.6%	11.7%	
	% Total	5.4%	4.1%	2.0%	9.4%	3.1%	2.1%	26.0%
Número de Neonatos		87	250	269	131	188	196	1121
% Total		7.8%	22.3%	24.0%	11.7%	16.8%	17.5%	100.0%

*Prueba de Kruskal-Wallis (significativo $P < 0.05$), se encontró diferencia significativa entre los seis grupo ($P < 0.05$) de acuerdo al numero de neonatos con incidencia de cordones adheridos y rotos.

Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 n= 87; **Grupo 2:** Hembras c/vitalidad 6-7 n= 250; **Grupo 3:** Hembras c/vitalidad > 8 n= 269; **Grupo 4:** Machos c/vitalidad < 5 n= 131; **Grupo 5:** Machos c/vitalidad 6-7 n= 188; **Grupo 6:** Machos c/vitalidad > 8 n= 196.

Figura 6. Gráficos Boxplot para comparar la distribución de los valores de la variable entre los diferentes grupos.

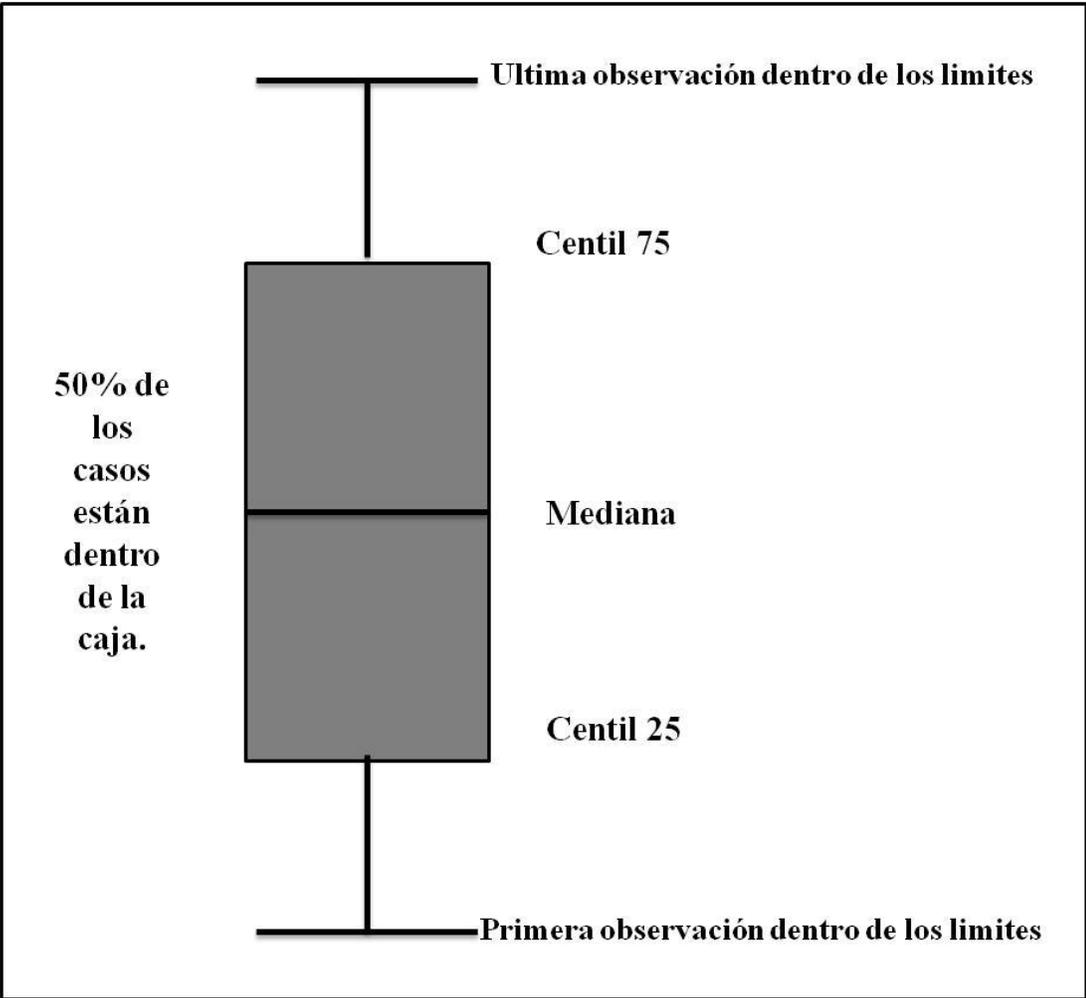
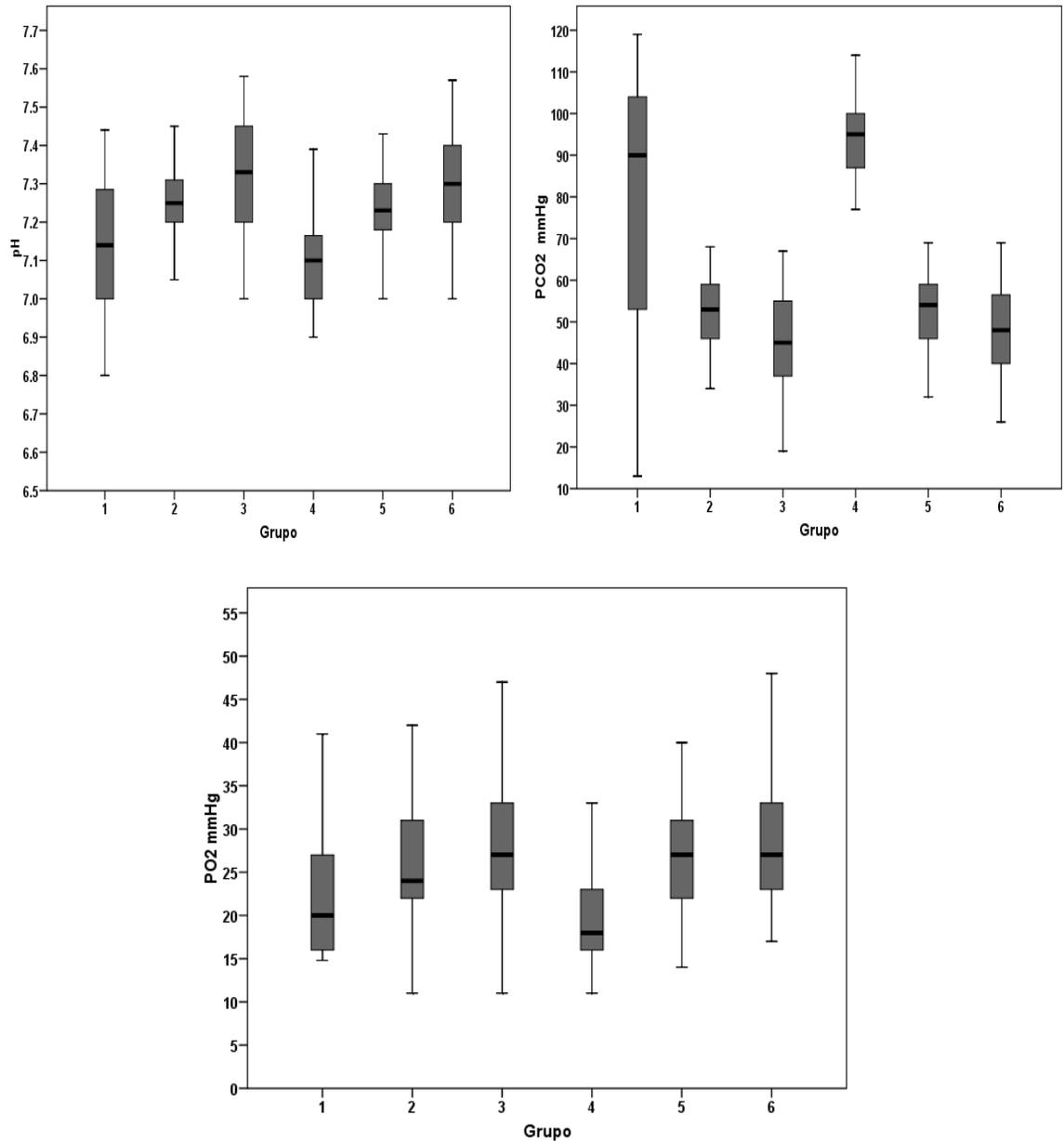
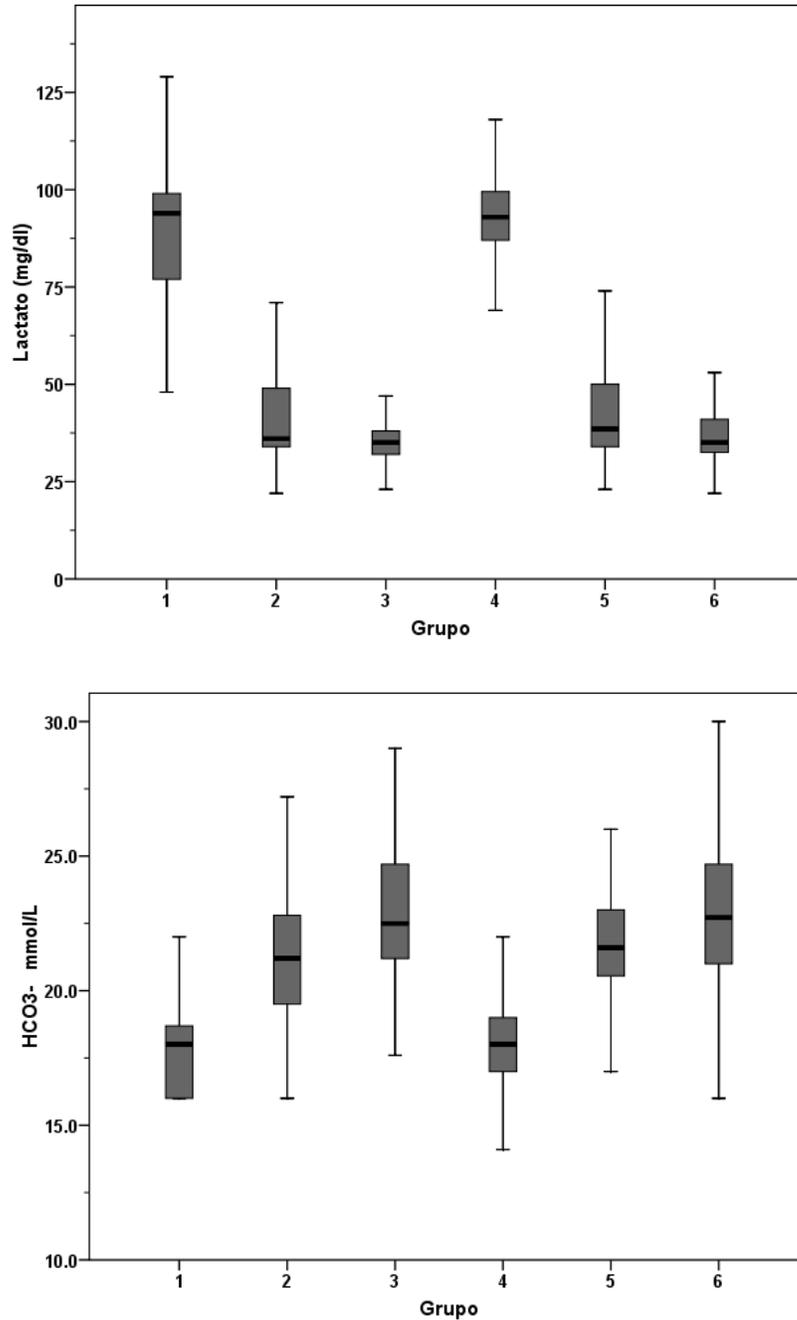


Figura 7. Representación gráfica de gases y pH en sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.



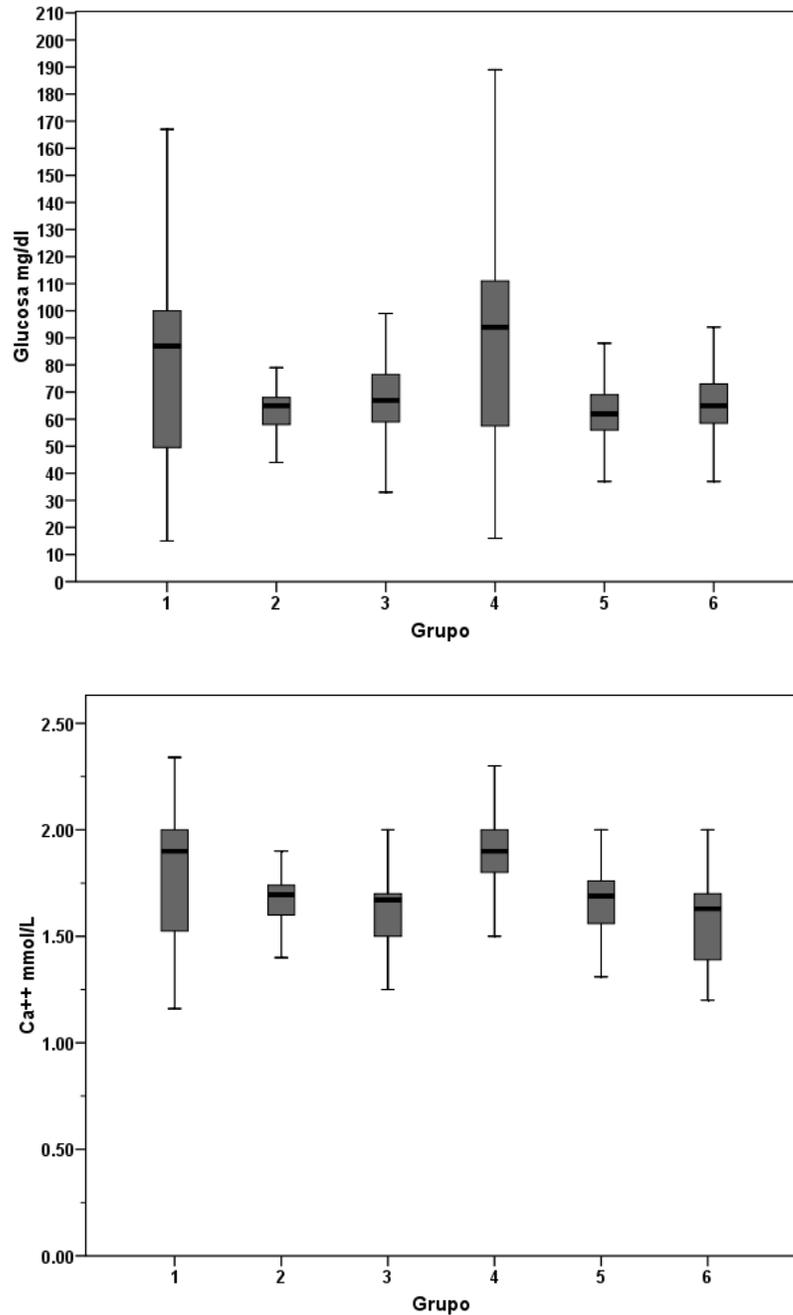
Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250);
 Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131);
 Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).

Figura 8. Representación gráfica de los niveles de lactato y bicarbonato de sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.



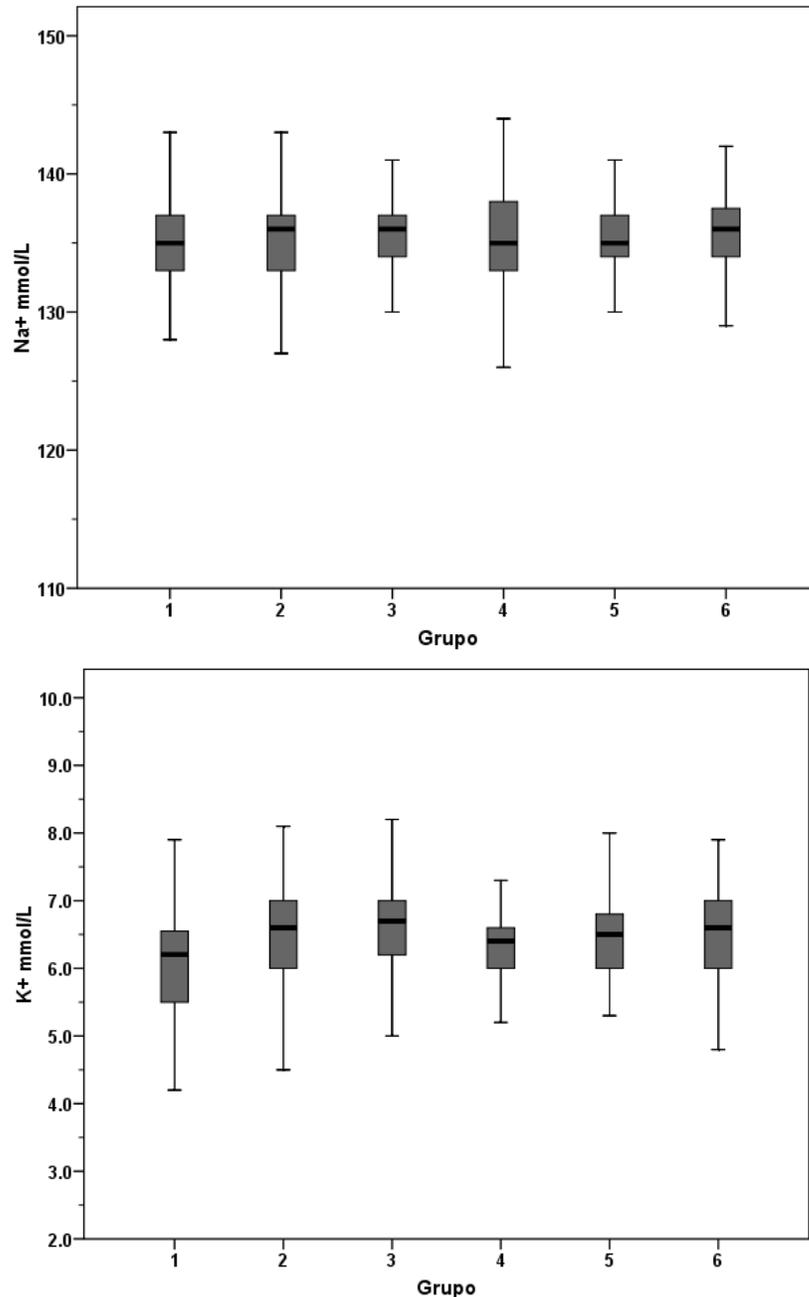
Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250);
Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131);
Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).

Figura 9. Representación gráfica de los niveles de glucosa y calcio de sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.



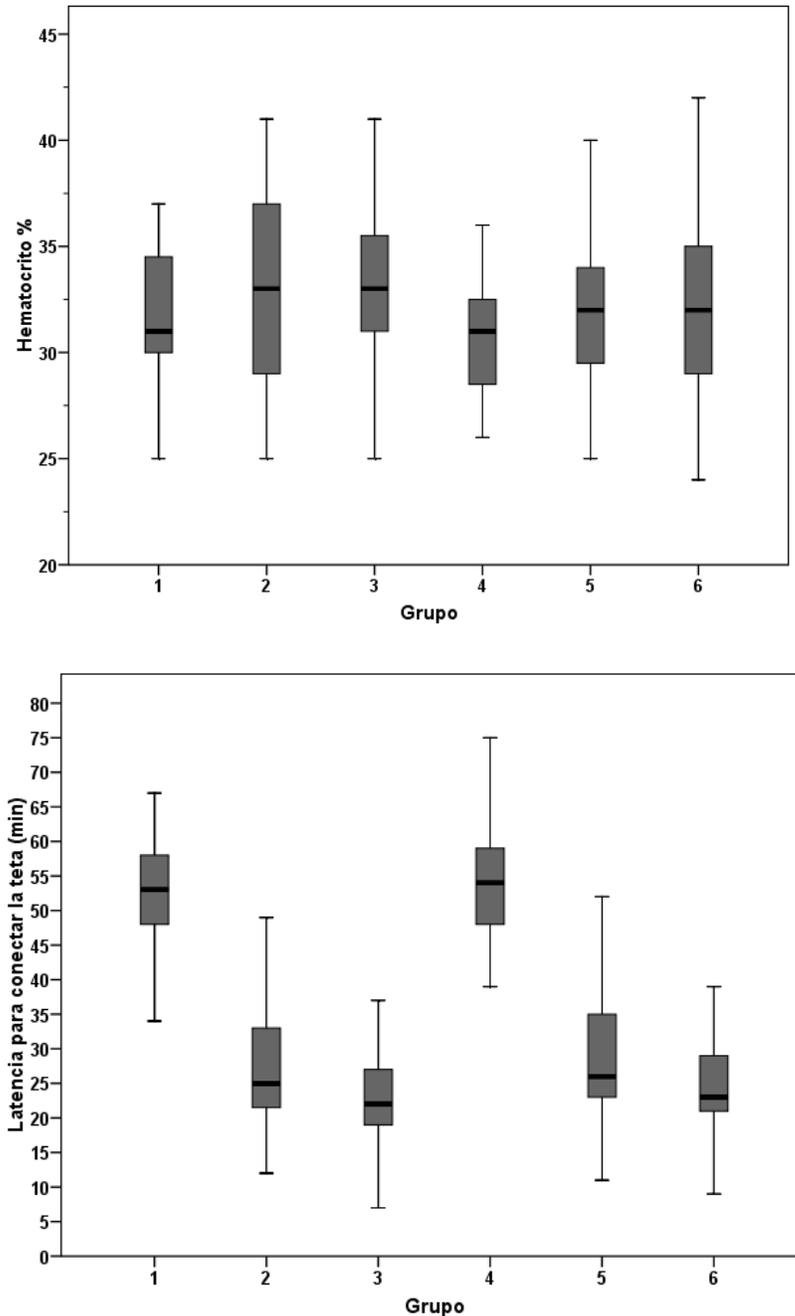
Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250);
Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131);
Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).

Figura 10. Representación gráfica de los niveles de sodio y potasio en sangre venosa de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.



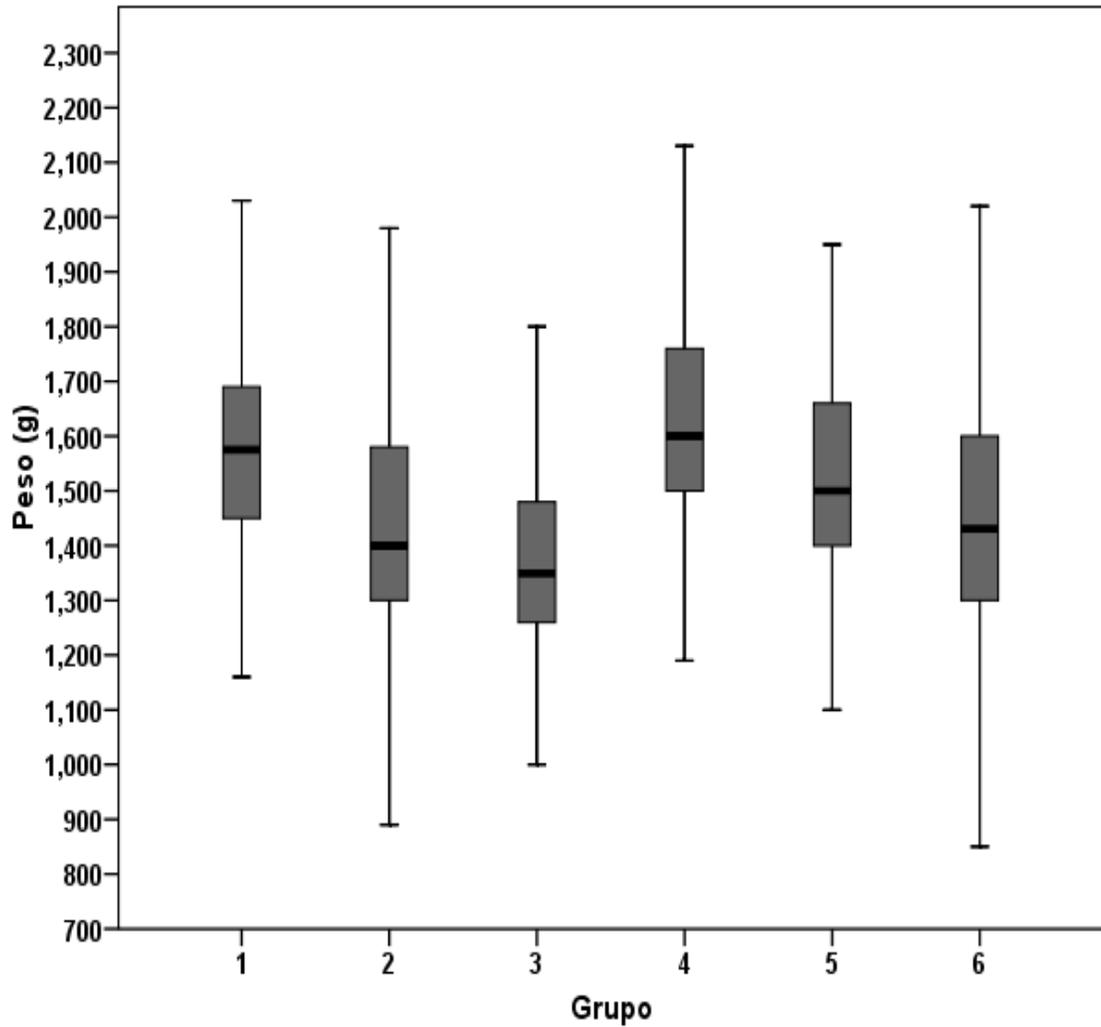
Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250);
Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131);
Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).

Figura 11. Representación gráfica del porcentaje de hematocrito y del tiempo en que tardan en conectar la teta materna por primera vez de lechones recién nacidos divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.



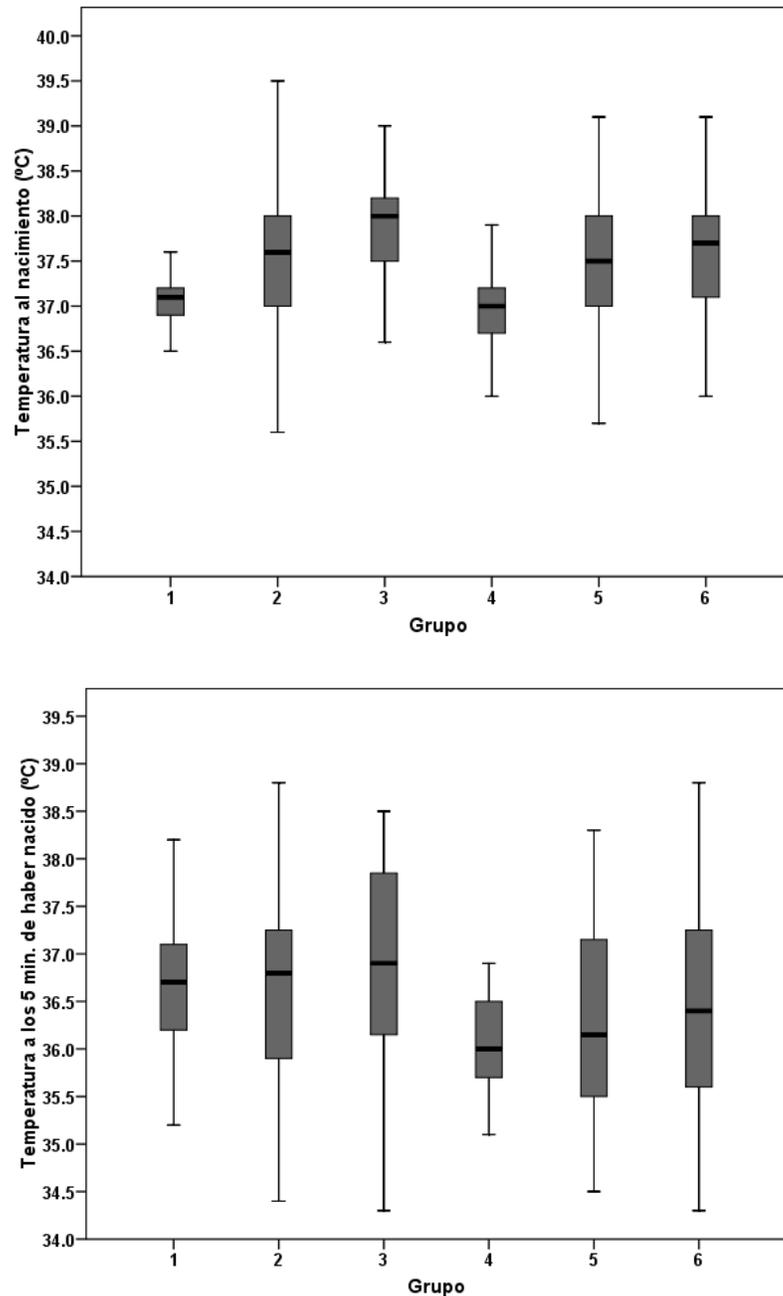
Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250);
Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131);
Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).

Figura 12. Representación gráfica del peso de lechones recién nacidos, divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.



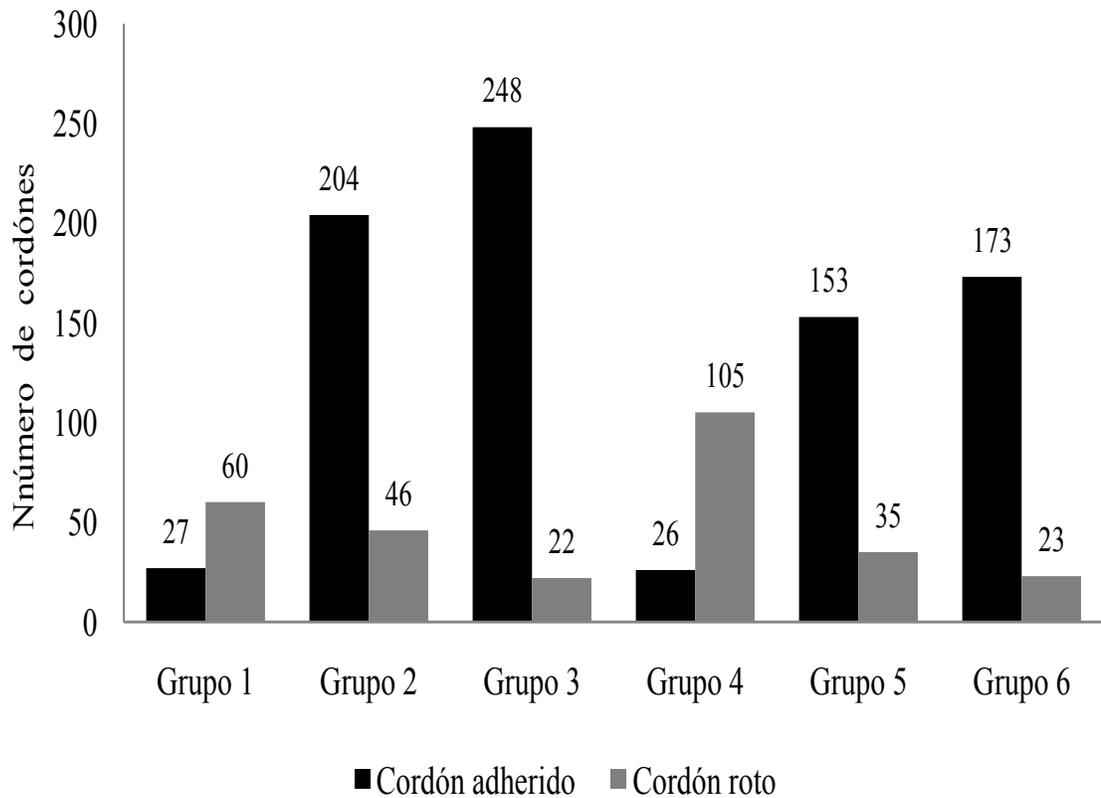
Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250);
Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131);
Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).

Figura 13. Representación gráfica de la temperatura al nacimiento y cinco minutos después de haber nacido de lechones recién nacidos, divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida.



Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250);
Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131);
Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).

Figura 14. Representación gráfica de la morfología del cordón umbilical de lechones recién nacidos, divididos en machos y hembras, y clasificados de acuerdo a la puntuación de vitalidad obtenida. Grupo 1: Hembras c/vitalidad < 5 (n= 87); Grupo 2: Hembras c/vitalidad 6-7 (n= 250); Grupo 3: Hembras c/vitalidad > 8 (n= 269); Grupo 4: Machos c/vitalidad < 5(n= 131); Grupo 5: Machos c/vitalidad 6-7 (n= 188); Grupo 6: Machos c/vitalidad > 8(n= 196).



VIII. DISCUSIÓN

8.1. Vitalidad

En este estudio, es el peso y la incidencia de cordones rotos los factores predisponentes para que los lechones obtuvieran una puntuación por debajo de cinco en la escala de vitalidad modificada, se tiene la hipótesis que un mayor peso involucra una mayor condición corporal del lechón, lo que involucra que el lechón tarde más en recorrer el canal de parto agotando el tiempo para iniciar la primera respiración, aunado a esta situación también son los lechones los más pesados quienes obtuvieron una mayor incidencia de cordones umbilicales rotos, lo que desencadena que se interrumpa el flujo sanguíneo iniciando así un proceso de asfixia, lo que provoca en primera instancia una acidosis respiratoria seguida de una acidosis metabólica. El estado del cordón umbilical y la valoración del perfil ácido-base a través de la muestra sanguínea del cordón umbilical en el momento del nacimiento, han sido a menudo mencionados como unos de los factores de riesgo más importantes para determinar la probabilidad de supervivencia del neonato humano, porcino y de otras especies (Zaleski y Hacker, 1993; Herpin *et al.*, 1996; Van Dijk *et al.*, 2006). En el presente estudio se encontraron diferencias significativas entre grupos, de acuerdo a la condición del cordón umbilical y la puntuación de vitalidad. Los animales con una puntuación < 5 , presentaron una mayor incidencia de cordones rotos, coincidiendo con hallazgos previos de Zaleski y Hacker (1993). La ruptura o compresión del cordón umbilical durante el trabajo de parto interrumpe el flujo sanguíneo umbilical y esta característica tiene como consecuencia la privación de oxígeno (hipoxia) mientras el neonato porcino recorre el canal de parto, este recorrido con la privación de oxígeno se refleja en la disminución de la PO_2 y el pH, y la elevación de la PCO_2 y del lactato, con una reducción en la producción de calor y/o hipotermia durante las primeras horas de vida del lechón, resultados similares a los de Herpin *et al.*, (2001).

La reducción de oxígeno (hipoxia) provoca que se movilicen las reservas de energía, una vez agotada estas reservas, el metabolismo se vuelve anaeróbico y el resultado es la producción de ácido láctico (Vargas, 2004), misma característica que presentaron los neonatos porcinos reprobados en la escala de vitalidad en el presente estudio.

En los lechones con una puntuación de vitalidad reprobatoria al nacer, tiende a aumentar la PCO_2 y el ácido láctico en sangre, mientras que la PO_2 sanguínea disminuye (Herpin *et al.*, 1996; Orozco-Gregorio *et al.*, 2007; Trujillo-Ortega *et al.*, 2007). Por otro lado, el incremento de la PCO_2 conlleva a la presencia de acidosis respiratoria que es provocada por la hipoventilación alveolar a causa de la ruptura del cordón umbilical. Con estos antecedentes los neonatos porcinos con puntuación < 5 en la escala de vitalidad, cursaron por un grado de asfíxia, puesto que cumplen con los tres componentes que la constituyen: hipoxemia, hipercapnia y acidosis mixta (Udaeta, 2004); sin olvidar que uno de los mecanismos por los cuales se presenta la asfíxia, es precisamente la ruptura o prolapso del cordón umbilical que altera agudamente el intercambio gaseoso y provoca acidosis. Al respecto, Van Dijk *et al.* (2006) señalan que uno de los principales problemas de la utilización de esta variable es, precisar y determinar si el cordón umbilical intacto al nacimiento, como se observa exteriormente, está asociado con una circulación funcional placentaria, lo que resulta en una posible subestimación de los efectos reales de la condición del cordón umbilical.

Una de las consecuencias de la apnea es la hipoxia. Los neonatos porcinos con puntuación en la vitalidad < 5 presentaron dos características notables, una de ellas la disminución en la temperatura y otra el descenso en la PO_2 , estas dos características están relacionadas, debido a que la hipoxia causa una disminución de la temperatura corporal denominada anapirexia. Ésta es una forma muy eficaz de prevenir daños celulares provocados por la hipoxia; la importancia general de la anapirexia reside en el hecho de que reduce el consumo de oxígeno y aumenta la afinidad de la hemoglobina para el oxígeno (Bicego *et al.*, 2002; Steiner *et al.*, 2002). Las variaciones en la temperatura tienden a repercutir en todo el organismo, los neonatos porcinos que obtuvieron una puntuación baja de vitalidad presentaron altas concentraciones de PCO_2 . Groenendaal *et al.*, (2009) señalan que la hipotermia afecta los parámetros de gas en sangre como la PCO_2 , disminuyendo este indicador a bajas temperaturas. La PCO_2 afecta el tono vascular y por lo tanto, la perfusión cerebral, asimismo disminuye el flujo sanguíneo cerebral durante la hipotermia, lo que aumenta el riesgo de insuficiencia del flujo de sangre durante la hipocapnia.

Un punto novedoso que incluye y aborda esta tesis es la caracterización de los perfiles electrolíticos de los lechones reprobados y aprobados en la escala de vitalidad, los datos proporcionados pueden servir como referencia del comportamiento electrolítico en lechones recién nacidos dependiendo de la calificación obtenida, puesto que se sabe de la capacidad limitada del riñón neonatal para conservar y excretar sodio (Aggarwal *et al.*, 2001). Los niveles altos de Ca^{++} en los neonatos porcinos que reprobaron la escala de vitalidad y que cursaron por cierto grado de asfixia, es probable que se deban a cambios en el pH, que repercute en las proteínas transportadoras de Ca^{++} , es decir, mientras más ácido sea el plasma, por la concentración de hidrogeniones, habrá menor cantidad de sitios de unión con carga negativa disponible para que se fije el Ca^{++} a las proteínas plasmáticas.

Herpin *et al.*, (1996) observaron una concentración mayor ($P < 0.01$) de glucosa en lechones con baja vitalidad comparada con los de mayor vitalidad; de forma similar, los resultados encontrados en el presente estudio indican que los lechones reprobados en la escala de vitalidad padecieron hiperglucemia en comparación con los lechones aprobados. Las diferencias en las concentraciones de glucosa sanguínea de los tres grupos bajo estudio, es muy probable que se deban al efecto de la liberación de catecolaminas o por la estimulación de la glicogenólisis en el hígado, provocada por el estrés que cursan los neonatos durante el nacimiento, indicando problemas de adaptación a la vida extrauterina.

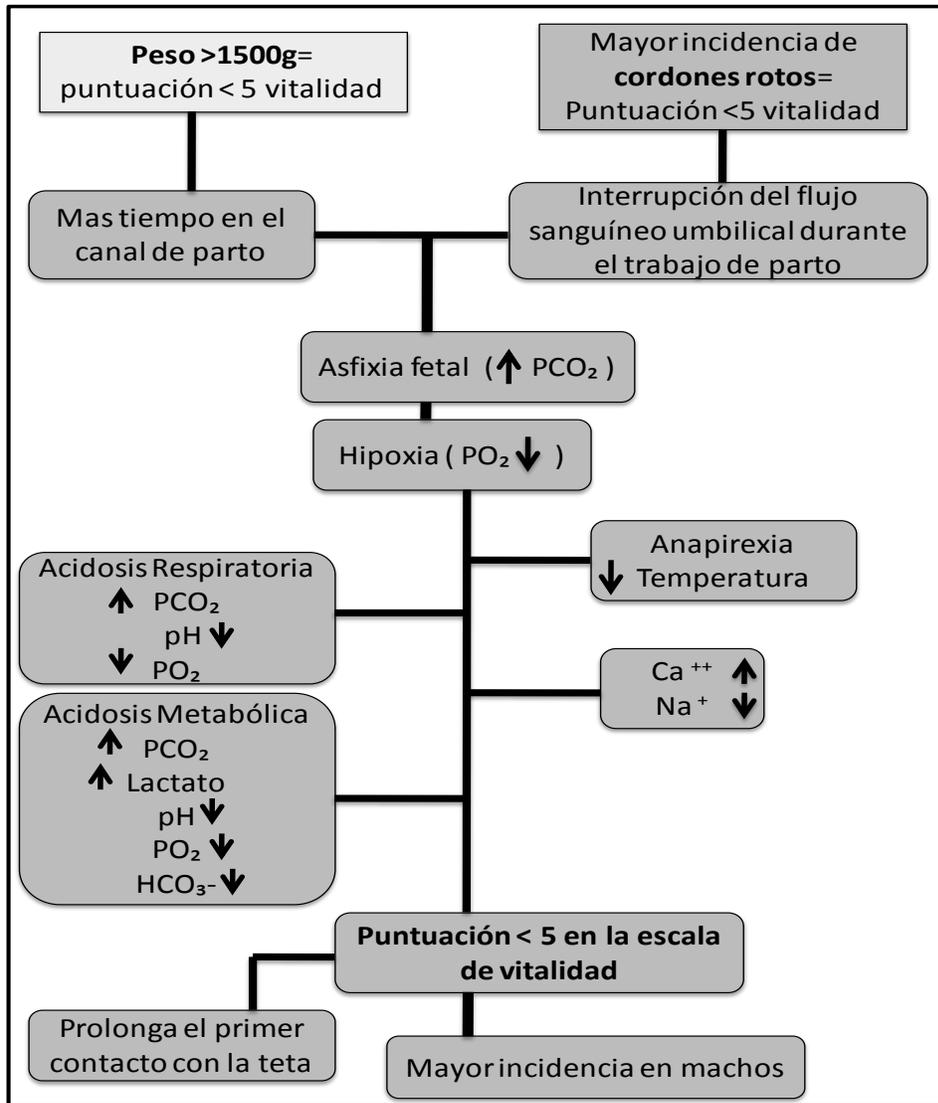
Otro de los factores que predisponen al proceso de asfixia es el peso neonatal, el bajo peso está relacionado con puntuaciones bajas en la escala de vitalidad en bebés humanos (Weinberger *et al.*, 2000), sin embargo en el presente estudio fueron los lechones más pesados los que obtuvieron una puntuación < 5 y presentaron asfixia. La posible explicación, es que se deba a que los lechones más pesados presentan mayor dificultad para recorrer el canal de parto, sin olvidar que también fueron los neonatos porcinos reprobados, los que tuvieron una mayor incidencia de cordones rotos. Estas tres características, peso, puntuación < 5 y cordones rotos, constituyen un grado de hipoxia fetal.

La supervivencia en lechones recién nacidos de bajo peso al nacer es reducida porque muestran escasa capacidad de termorregulación y tardan en adquirir el calostro (Baxter *et al.*, 2008). Es importante mencionar que en el presente estudio, los neonatos con una

puntuación de vitalidad < 5 pesaron más, en comparación con los recién nacidos con puntuación de vitalidad > 8 , esto significa que la puntuación de la vitalidad es independiente del peso. Casellas *et al.*, (2004) encontraron que el peso al nacer influye en la temperatura rectal en el momento del nacimiento y 60 minutos más tarde, mientras que la puntuación de la vitalidad influye en las temperaturas rectales (al nacimiento y 60 minutos más tarde), en el tiempo para llegar a la teta y latencia para mamar. Los neonatos porcinos con una puntuación < 5 presentaron un descenso en la temperatura en el nacimiento, resultados similares a los de Orozco *et al.*, (2008), quienes mencionan que la temperatura corporal baja está asociada con una menor puntuación de la vitalidad y prolongación del primer contacto con la ubre, lo que indica un deterioro en la auto-termorregulación del lechón recién nacido por la falta de ingesta de calostro. En el presente estudio se evaluó el porcentaje de hembras y machos, de acuerdo a la puntuación obtenida en la escala de vitalidad. Las hembras presentaron una mayor incidencia de puntuaciones por encima de 8 en la escala de vitalidad. La explicación fisiológica hasta estos momentos no es clara, sin embargo en fetos de conejos Nielsen y Torday (1981), mostraron que mientras los índices bioquímicos de maduración pulmonar fueron los mismos en machos y hembras a término, los fetos masculinos alcanzaban valores de madurez más tarde que los femeninos. Recientemente Harris *et al.*, (2008) mencionan que la capacidad para tolerar la asfixia en lechones, depende de cada individuo ya que existe una gran variabilidad en la respuesta cardiovascular y en las concentraciones de cortisol que les permite sobrellevar la asfixia.

Las principales causas y alteraciones metabólicas como son: el desequilibrio ácido-base, el desajuste en los niveles de los diferentes electrolitos medidos (Ca^{++} , Na^+ , K^+), y las consecuencias por las que cursaron los neonatos porcinos reprobados en la escala de vitalidad modificada, son representados por la figura 15.

Figura 15. Comportamiento fisiometabólico de neonatos porcinos con puntuación < 5 en la escala de vitalidad.



8.2. Efecto del género

Existe diferencia entre los grupos (hembras y machos) que reprobaron la escala de vitalidad modificada, no así entre los grupos restantes (hembras y machos) con calificación de vitalidad de 6-7 y >8, esto concuerda con numerosos estudios en diversas especies y especialmente en humanos, en donde, está comprobado que el sexo masculino tiene mayores posibilidades de reprobar la escala de vitalidad y tolerar menos la falta de oxígeno por factores que están involucrados en la maduración pulmonar y en el sistema nervioso.

Por estudios que se han realizado en diferentes especies se ha podido comprobar que la maduración pulmonar en las hembras es más rápida en comparación que los machos, en esta maduración se ven involucrados diversos factores hormonales y bioquímicos (Adamson y King, 1984a; Adamson y King, 1984b; Adamson y King, 1984c); es por esta ventaja que las hembras toleran mejor la hipoxia que los machos, los resultados que se obtuvieron en este estudio son una muestra de la superioridad que tienen las hembras en la especie porcina para enfrentar un proceso de hipoxia. Una variable clave en este estudio fue el peso, estudios anteriores realizados por este equipo han demostrado, que la vitalidad es independiente del peso y que parece ser un factor determinante para la sobrevivencia del lechón, sin embargo los resultados demuestran que el incremento de peso en el feto es una variante más para poner en riesgo la viabilidad de los lechones durante el parto. Tanto las hembras como los machos por encima de 1571.28 g, están predispuestos a cursar por un proceso de hipoxia, se tiene la hipótesis que a mayor peso de los lechones estos tendrán dificultades para cruzar el canal de parto pero además incrementa las posibilidades de oclusión o de romper su propio condón umbilical. Recientemente Baxter *et al.*, (2009) mencionan que uno de los principales indicadores de supervivencia de lechón es el peso, es importante resaltar que la media del peso obtenida por Baxter *et al.*, es de 1552.31 g. En el presente estudio la calificación de vitalidad es inversamente proporcional al peso de los animales. Las hembras al igual que los machos con un peso superior a 1571.28 gramos es muy probable que hayan cursado por una falla en el aporte de oxígeno, debido a que se ve reflejado en la gasometría. Son los machos con una puntuación menor a cinco en la vitalidad quienes presentaron una disminución marcada en el pH, PO₂, bicarbonato y una

elevación de PCO_2 y lactato además de ser los más pesados dentro de los seis grupos, resultados muy similares a los obtenidos por Alonso-Spilsbury *et al.*, (2007 a). Por el hecho de ser más pesados es muy probable que el suministro de oxígeno haya disminuido mientras recorrían el canal de parto, reflejándose en la presencia de acidosis metabólica. La acidosis se debe a que con la hipoxia el metabolismo se vuelve anaeróbico y se produce ácido láctico (Vargas, 2004), que se demuestra por las acumulación excesiva de lactato (91.76 mg/dl.) en los lechones con puntuación de vitalidad < 5 . Con estos datos podemos plantear la posibilidad de que los machos son menos capaces de adaptarse al estrés hipóxico *per se*; por el hecho de que sean mas grandes en promedio, crecen más rápido, y tienen un metabolismo más alto que las hembras (Bennet *et al.*, 2007); lo que sugiere que cuando se limita el oxígeno, es posible que se agoten las reservas disponibles más rápidamente. Además, hay pruebas de que los machos tienen relativamente un retraso en la maduración de las funciones del sistema nervioso autónomo, medula adrenal y en la maduración de los receptores β en el pulmón, comprobado en fetos de conejo (Padbury *et al.*, 1981).

Cabe señalar que el comportamiento ácido-base de las hembras con una puntuación menor a cinco es muy similar al de los machos en las mismas condiciones, sin embargo las hembras toleraron mejor la reducción de oxígeno, además de presentar menos peso, pero no significa que no haya madurado su sistema respiratorio y el sistema nervioso, esto se ve reflejado en el tiempo en que tardaron las hembras en conectar la teta materna por primera vez; por el hecho de que el sistema nervioso madura más rápido en las hembras (Padbury *et al.*, 1981).

Son las hembras, quienes independientemente de la calificación de vitalidad obtenida presentan los niveles de los indicadores del equilibrio ácido-base más estables. Padbury *et al.*, (1981) y Adamson and King, (1984a), mencionan que en los conejos, el sistema respiratorio madura más rápidamente en las hembras; esta cualidad podría explicar la tolerancia que tiene el género femenino para soportar procesos de hipoxia. Es importante mencionar que el comportamiento ácido-base del grupo seis (machos con vitalidad > 8), es muy similar al de las hembras, es probable que esto se deba al peso que presentaron (1428.92 gramos), este dato pudiera confirmar la hipótesis anteriormente planteada, que

por el hecho de que los machos son más grandes, prolongan su tiempo en recorrer el canal de parto agotando así, el tiempo que pueden estar sin oxígeno, es decir, conforme los machos presentan menor peso, su perfil ácido-base se comporta de manera similar al de las hembras.

Estudios publicados anteriormente por Herpin *et al.*, (1996); Trujillo-Ortega *et al.*, (2007); Orozco-Gregorio *et al.*, (2008) encontraron, en lechones que cursaron por un proceso de asfixia los niveles de glucosa más altos en comparación con lechones que no presentaron asfixia, estos resultados coinciden con los de este estudio, sin embargo son los machos y hembras (85.40 y 80.25 mg/dl respectivamente) con puntuación < 5 quienes presentan un incremento considerable en los niveles de glucosa en comparación al resto de los grupos, es probable que se deban al efecto de la liberación de catecolaminas y por la estimulación de la glicogenólisis en el hígado. En un estudio por Greenough *et al.*, 1987 en humanos encontraron que los niveles de catecolaminas fueron significativamente más elevados en los recién nacidos con una puntuación de Apgar bajo (<7 a los 5 min) y en los que presentaban un pH <7.25; es así como se explica que los lechones (machos y hembras) reprobados en la escala de vitalidad modificada tengan los niveles de glucosa más altos que el resto de los grupos.

Las diferencias en los niveles de Ca^{++} en los neonatos porcinos, es probable que se deban a cambios en el pH, que repercuten en las proteínas transportadoras de Ca^{++} , es decir, mientras más ácido sea el plasma, habrá menor cantidad de sitios de unión con carga negativa disponible para que se fije el Ca^{++} a las proteínas plasmáticas, de ahí que las concentraciones de iones de Ca^{++} estuvieran elevadas en los lechones neonatos con una baja puntuación en la escala de vitalidad.

Dentro de los seis grupos son los machos los que presentaron temperaturas más bajas, aunados ha esto también son los que presentaron un desequilibrio en la gasometría, como indicadores de asfixia, al parecer, las hembras aún las reprobadas en las escala de vitalidad toleran mejor proceso de asfixia que los machos, los neonatos porcinos con puntuación en la vitalidad < 5 presentaron dos características notables, una de ellas la disminución en la

temperatura y otra el descenso en la PO_2 , estas dos características están relacionadas, debido a que la hipoxia causa una disminución de la temperatura corporal denominada anapirexia. Ésta es una forma muy eficaz de prevenir daños celulares provocados por la hipoxia; además, los resultados obtenidos en este trabajo, concuerdan con los publicados por Loidl *et al.*, (2000) en su estudio en ratas encontró de forma concluyente, que después de la asfixia perinatal, la disminución de temperatura corporal y cerebral de 3-4 grados bajo la basal disminuye la mortalidad y el daño neuronal secundario; este dato justifica el por que del descenso de la temperatura en los grupos (hembras y machos) reprobados en la escala de vitalidad modificada.

Se ha mencionado con anterioridad, en trabajos publicados, que la latencia al primer contacto con la teta materna, es un signo representativo del estado neurológico del lechón recién nacido que curso por algún grado de hipoxia, y que fue valorado con la escala de vitalidad modificada, esto puede ser válido, si partimos del fundamento neurológico en el que descansa la escala de vitalidad, es decir, la falta de oxígeno tendrá repercusiones primordialmente en el sistema nervioso autónomo y se verán disminuidas sus funciones principales y por consecuencia el letargo o la depresión neurológica de los lechones. En el cuadro 5, podemos observar que las hembras y los machos con puntuación de vitalidad reprobada tardaron más en conectar la teta materna por primera vez, pero también fueron los que tiene mayor peso al nacimiento, además de estar alterado su perfil ácido-base, es probable que el peso, sea una condicionante para el tránsito de los lechones por el canal de parto, por que, conforme aumenta la puntuación de vitalidad disminuye el peso.

La condición (roto) del cordón umbilical, predispone muchas veces a la presencia de asfixia perinatal, varios estudios se han enfocado al estudio de la morfología del cordón umbilical durante el parto y el efecto de fármacos que repercuten en el estado del mismo (Mota-Rojas *et al.*, 2002, 2006), es importante conocer los factores que son pre-disponentes para alterar la condición y morfología del cordón umbilical porque a través del mismo, depende la supervivencia del lechón durante el proceso de parto, por ser el único conducto por el cual los lechones pueden intercambiar oxígeno con la madre a través de la placenta; los lechones hembras y machos con una puntuación de vitalidad menor a cinco presentaron una mayor

incidencia de cordones rotos, no así, con los lechones hembras y machos aprobados por encima de una puntuación de siete, si añadimos que los lechones (ambos géneros) reprobados en la escala de vitalidad, son también los más pesados, es probable, que el peso, juega un papel importante en la condición del cordón umbilical durante el proceso de parto. Es importante mencionar que conforme disminuye el peso aumenta la puntuación de vitalidad y disminuye la incidencia de cordones umbilicales rotos.

IX. CONCLUSIONES

Generalmente los lechones con bajo peso al nacer son los más susceptibles para presentar mayores tasas de mortalidad pre-destete. Los resultados del presente estudio muestran que los lechones con calificación reprobatoria en la escala de vitalidad al nacimiento, fueron los más pesados, tardaron 30 min más en encontrar la teta materna, presentaron el mayor porcentaje de cordones umbilicales rotos y disminución en la temperatura corporal y en la PO_2 sanguínea, mostrando mayores signos de hipoxia intra-parto, en comparación con los otros grupos de neonatos con calificaciones aprobatorias. En este estudio se señalan los valores de referencia del perfil de variables críticas sanguíneas y latencias a amamantamiento, de acuerdo a la calificación de vitalidad de lechones al nacimiento. Nuestros resultados confirman que la hipoxia y anapirexia conllevan a una mayor latencia al primer contacto con la teta. Por otra parte, las hembras toleran mejor la disminución de oxígeno además de tener ventajas sobre los machos, independientemente de la calificación de la vitalidad obtenida.

X. REFERENCIAS

1. **Adamson**, I.Y., King, G.M.1984a. Sex differences in development of fetal rat lung. I. Autoradiographic and biochemical studies. *Lab Invest.* 50(4):456-460.
2. **Adamson**, I.Y., King, G.M.1984b. Sex differences in development of fetal rat lung. II. Quantitative morphology of epithelial-mesenchymal interactions. *Lab Invest.* 50(4):461-468.
3. **Adamson**, I.Y., King, G.M.1984c. Sex-related differences in cellular composition and surfactant synthesis of developing fetal rat lungs. *Am Rev Respir Dis.* 129(1):130-134.
4. **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.
5. **Aggarwal**, R., Deorari A.K., Paul V.K., 2001. Fluid and electrolyte management in term and preterm neonates. *Indian J. Pediatr.* 68(12):1139-1142.
6. **Alonso-Spilsbury**, M., Mota-Rojas, D., Orozco-Gregorio, H., González, M., Olmos-Hernández, A., Sánchez P., Ramírez-Necoechea, R. 2007 a. Apgar score modified for piglets: new insight for peri-natal ethophysiological clinics. *Proceedings of the 41st International Congress of the ISAE. 2007. Merida, Mexico.*
7. **Alonso-Spilsbury**, M., Ramírez-Necoechea, R., González-Lozano, M., Mota-Rojas, D., Trujillo-Ortega, M.E., 2007 b. Piglet survival in early lactation: a review. *JAVA.* 6 (1), 76-86.
8. **Asakura** H.2004. Fetal and neonatal thermoregulation. *J Nippon Med Sch.* 71(6):360-370.
9. **Bate**, L. A. and Hacker, R. R. 1982. Estrogens and piglet viability II. Effect of estrogen on piglet viability. *J Anim. Sci.* 54: 1017-1022.
10. **Bate**, L. A., Kreukniet, M. B. and Hacker, R. R. 1985. The relationship between serum testosterone levels, sex and teat-seeking ability of newborn piglets. *Can. J. Anim. Sci.* 65: 627-630.
11. **Bate**, L. A. 1991. Modifications in the aggressive and ingestive behaviour of the neonatal piglet as a result of prenatal elevation of cortisol in the dam. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30: 299-306.
12. **Baxter**, E.M., Jarvis, S., D'Eath, R.B., Ross, D.W., Robson, S.K., Farish, M., Nevison, I.M., Lawrence, A.B., Edwards, S.A., 2008. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. *Theriogenology.* 69 (6), 773-783.

13. **Baxter** Emma M., Susan Jarvis, Lorna Sherwood, Sheena K. Robson, Elisabeth Ormandy, Marianne Farish, Kathleen M. Smurthwaite, Rainer Roehe, Alistair B. Lawrence and Sandra A. Edwards. 2009. Indicators of piglet survival in an outdoor farrowing system. *Indicators of piglet survival in an outdoor farrowing system. Livestock Science.* 124 (1-3), 266-276.
14. **Bennet** L, Booth LC, Ahmed-Nasef N, Dean JM, Davidson J, Quaedackers JS, Gunn AJ. 2007. Male disadvantage? Fetal sex and cardiovascular responses to asphyxia in preterm fetal sheep. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 293(3):R1280- R1286.
15. **Blackshaw**, J. K.; Blackshaw, A. W.; Thomas, F. J. and Newman, F. W. 1994. Comparison of behaviour patterns of sows and litters in a farrowing crate and farrowing pen. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39: 281-295.
16. **Bicego**, K.C., Steiner, A.A., Gargaglioni, L.H., Branco, L.G., 2002. Is lactate a mediator of hypoxia-induced anapyrexia? *Pflugers Arch.* 444 (6), 810-815.
17. **Bucciarelli**, RL, Nelson, RM, Egan, EA. 1977. Transient tricuspid insufficiency of the newborn: a form of myocardial dysfunction in stressed newborns. *Pediatrics.* 59 (3), 330-337.
18. **Bünger**, B., Bünger, U. and Lemke, E. 1988. Verhaltensbiologische Vitalitätseinschätzung von Ferkel mit hoch-und mittelgradiger konnataler Eisenmangelanämie. *Monatshefte für Veterinärmedizin.* 43: 583-587.
19. **Casellas**, J., Rauw, W.M. Piedrafita, J., Sánchez, A., Arqué, M., Noguera. J.L., 2004. Viability of Iberian × Meishan F2 newborn pigs. I. Analysis of physiological and vitality variables. *J. Anim. Sci.* 82, 1919-1924.
20. **Carey** M.A., Card J.W., Voltz J.W., Germolec D.R., Korach K.S., Zeldin DC. 2007. The impact of sex and sex hormones on lung physiology and disease: lessons from animal studies. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 293(2):L272-L278.
21. **Casey** B.M, McIntrie D.D, Leveno K.J. 2001. The continuing value of the Apgar score for the assessment of newborn infants. *N Engl J Med.* 344: 467–471.
22. **Catlin** E, Marshall C, Brann B. 1986 The Apgar score revisited: influence of gestational age. *J Pediatr;* 109: 865-868. Abstract.
23. **Christison**, G. I., I. I. Wenger, and M. E. Follensbee. 1997. Teat seeking success of newborn piglets after drying or warming. *Can. J. Anim. Sci.* 77:317–319.

24. **Dammann** CE, Ramadurai SM, McCants DD, Pham LD, Nielsen HC.2000. Androgen regulation of signaling pathways in late fetal mouse lung development. *Endocrinology*. 141(8):2923-2929.
25. **Damgaard**, L. H., Rydhmer, L., Løvendahl, P. and Grandinson, K. 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. *J. Anim Sci*, 81:604-610.
26. **Dauncey** M.J.1990. Thyroid hormones and thermogenesis. *Proc Nutr Soc*. 49(2):203-215.
27. **De Roth** L, Downie HG. 1976. Evaluation of viability of neonatal swine. *Can Vet J*; 17: 275-279.
28. **Donovan**, T. S., and S. S. Dritz. 2000. Effect of split nursing on variation in pig growth from birth to weaning. *J. Am. Vet. Med. Assoc*. 217:79–81.
29. **Edwards**, S.A. (2002). Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livestock Production Science*. 78: 3-12.
30. **England**, D. C. 1974. Husbandry components in prenatal and perinatal development in sine. *J. Anim. Sci*. 38: 1045-1049.
31. **Finch**, A. M., Antipatis, C., Pickard, A. R. and Ashworth, C. J. 2002. Patterns of fetal growth within Large White x Landrace and Chinese Meishan gilt litters and three estages of gestation. *Reprod. Fertil. Develop*. 4: 419-425.
32. **Fraser**, D. 1990. Behavioural perspectives on piglet survival. *J. Reprod. Fert. Suppl.*, 40:355-370.
33. **Forsblad** K, Källén K, Marsál K, Hellström-Westas L.2007. Apgar score predicts short-term outcome in infants born at 25 gestational weeks. *Acta Pædiatrica*; 96:166–171.
34. **Gissler** M, Jarvelin M-R, Louhiala P, Hemminki E. 1999. Boys have more health problems in childhood than girls: follow-up of the 1987 Finnish birth cohort. *Acta Paediatr*. 88: 310–314.
35. **Greenough** A, Lagercrantz H, Pool J, Dahlin I. 1987. Plasma catecholamine levels in preterm infants. Effect of birth asphyxia and Apgar score. *Acta Paediatr Scand*. 76(1):54-59.
36. **Groenendaal F, De Vooght K.M., van Bel F.,**2009. Blood gas values during hypothermia in asphyxiated term neonates. *Pediatrics*. 123, 170-172.

37. **Harris**, T.A., Healy, G.N., Colditz, **P.B.**, **Lingwood**, B.E., 2008. Associations between serum cortisol, cardiovascular function and neurological outcome following acute global hypoxia in the newborn piglet. *Stress*. 24,1-11.
38. **Herpin**, P., Le Dividich, J., Hulin, J.C., Fillaut, M., de Marco, F., Bertin, R., 1996. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 74, 2067-2075.
39. **Herpin**, P., Hulin, J.C., Le Dividich, J., Fillaut, M., 2001. Effect of oxygen inhalation at birth on the reduction in early postnatal mortality in pigs. *L. Anim. Sci.* 79, 5-10.
40. **Herpin**, P., M. Damon, and J. Le Dividich. 2002. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 78:25–45.
41. **Hegyí** T, Carbone T, Anwar M, Ostfeld B, Hiatt M, Koons A, et al. 2006. The Apgar score and its components in the preterm infant. *Pediatrics*; 101: 77–81.
42. **Knap**, P.W., Merks, J.W.M. (1987). A note on the genetics of aggressiveness of primiparous sows towards their piglets. *Livestock Production Science*. 17: 161-167.
43. **Kovar** J., Waddell B.J., Sly PD., Willet K.E.2001. Sex differences in response to steroids in preterm sheep lungs are not explained by glucocorticoid receptor number or binding affinity. *Pediatr Pulmonol.* 32(1):8-13.
44. **Laffita** B. Alfredo. 2005. Factores que influyen en el Apgar bajo al Nacer, en el Hospital América Arias de la Habana, Cuba, 2000. *Rev Chil Obstet Ginecol*; 70(6):359-363.
45. **Lund**, M. S.,M. Puonti, L. Rydhmer, and J. Jensen. 2002. Relationship between litter size, and perinatal and preweaning survival in pigs. *Anim. Sci.* 74:217–222.
46. **Locatelli** A, Roncaglia N, Andreotti C, Doria V, Doni D, Pezzullo JC, Ghidini A.2005. Factors affecting survival in infants weighing 750 g or less. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.*1; 123(1):52-55.
47. **Loidl** CF, Gavilanes AW, Van Dijk EH, Vreuls W, Blokland A, Vles JS, et al. 2000. Effects of hypothermia and gender on survival and behavior after perinatal asphyxia in rats. *Physiol Behav.*; 68: 263–269.
48. **McGlone** John; Pond Wilson G.2003. *Pig Production, Biological Principles and Applications*. Thomsom Deimar Learning. United States.
49. **McGregor** JA, Leff M, Orleans M, Baron A. 1993. Fetal gender differences in preterm birth: findings in a North American cohort. *AmJ Perinatol.* 9: 43–48.
50. **McIntire** DD, Bloom SL, Casey BM, Leveno KJ.1999. Birth weight in relation to morbidity and mortality among newborn infants. *N Engl J Med.*22; 340(16):1234-1238.

51. **McMillan** EM, King GM, Adamson IY. 1989. Sex hormones influence growth and surfactant production in fetal lung explants. *Exp Lung Res.* 15(2):167–179.
52. **Morrow**, M. 2004. Decision-making for the lightweight pig. *Pig Progress* 28 (10): 11-13.
53. **Mota-Rojas**, D; Ramírez, N. 1996. “Los lechones nacidos muertos” *Agro Méx* 18: 2–7.
54. **Mota-Rojas**, D., Martínez-Burnes, J., Trujillo-Ortega, M.E., Alonso-Spilsbury, M., Ramírez-Necoechea, R., López-Mayagoitia, A., 2002. Effect of oxytocin treatment in sows on umbilical cord morphology and meconium staining and neonatal mortality of piglets. *Am. J. Vet. Res.* 63 (11), 1571-1574.
55. **Mota-Rojas**, D., Martínez-Burnes, J., Trujillo, O.M.E., López, M.A., Rosales, T.A.M., Ramírez, N.R., Orozco, G.H., Merino, P.A., Alonso-Spilsbury, M., 2005. Uterine and fetal asphyxia monitoring in parturient sows treated with oxytocin. *Anim. Reprod. Sci.* 86 (1-2), 131-141.
56. **Mota-Rojas** D, Trujillo ME, Martínez J, Rosales AM, Orozco H, Ramírez R, Sumano H, Alonso-Spilsbury M. 2006. Comparative routes of oxytocin administration in crated farrowing sows and its effects on fetal and postnatal asphyxia. *Anim Reprod Sci.* 92(1-2):123-143.
57. **Mota-Rojas** D., Acosta Mellado B., Olmos Hernández. A., Aceves-Reyes D. 2007. El neonato: factores relacionados con baja vitalidad. *Porcicultores* 10 (58): 80-85.
58. **Nielsen**, H.C., Torday, J.S., 1981. Sex differences in fetal rabbit pulmonary surfactant production. *Pediatr. Res.* 15 (9), 1245-1247.
59. **Orozco**, H., Mota-Rojas, D., Alonso-Spilsbury, M., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necoechea, R.R., Velázquez-Armenta E.Y., Nava-Ocampo, A.A., Hernández-González, R., Trujillo-Ortega, M.E., Villanueva-García, D., 2008. Short-term neurophysiologic consequences of intrapartum asphyxia in piglets born by spontaneous parturition. *Intl. J. Neuro.* 118 (9), 1299-1315.
60. **Orozco-Gregorio**, H., Mota-Rojas, D., Alonso-Spilsbury, M., González-Lozano, M., Trujillo-Ortega, M.E., Olmos-Hernández, S.A., Sánchez-Aparicio, P. Ramírez-Necoechea, R., Hernández-González, R. Uribe-Escamilla R., Villanueva-García, D., 2007. Importance of blood gas measurements in perinatal asphyxia and alternatives to restore the acid base balance status to improve the newborn performance. *Am. J. Biotech. Biochem.* 3 (3), 131-140.
61. **Padbury** JF, Hobel CJ, Lam RW, Fisher DA. 1981. Sex differences in lung and adrenal neurosympathetic development in rabbits. *Am J Obstet Gynecol* 141: 199–204.

62. **Piazza**, AJ. 1999. Postasphyxial management of the newborn. *Clin Perinatol.* 26:749.
63. **Ream**, AK, Reitz, BA, Silverberg, G. 1982. Temperature correction of PCO₂ and pH in estimating acid-base status: An example of the emperor's new clothes? *Anesthesiology*; 56 (1), 41-44.
64. **Randall**, G. C. B. 1971. The relationship of arterial blood pH and pCO₂ to the viability of the newborn piglet. *Can. J. comp. Med.* 35: 141-146.
65. **Randall**, G.C.B., 1972 a. Observations on parturition in the sow. I. Factors associated with the delivery of the piglets and their subsequent behaviour. *Vet. Rec.* 90, 178–182.
66. **Randall**, G.C.B., 1972b. Observations on parturition in the sow. II. Factors influencing stillbirth and perinatal mortality. *Vet. Rec.* 90, 183–186.
67. **Rooke**, J.A., Bland, I.M., Edwards, S.A., 1998. Effect of feeding tuna oil or soyabean oil as supplements to sows in late pregnancy on piglet tissue composition and viability. *Br. J. Nutr.* 80(3), 273-280.
68. **Rooke**, J.A., Sinclair, A.G, Edwards, S.A., 2001. Feeding tuna oil to the sow at different times during pregnancy has different effects on piglets long-chain poly-unsaturated fatty acid composition at birth and subsequent growth. *Br. J. Nutr.* 86, 21–30.
69. **Schulz** J, Plischke B, BraunH. 1997. Suckling and drinking behaviour as criteria of vitality in newborn calves. *Tierarztl Prax.* 25(2): 116–122.
70. **Stanton**, H. C., and J. K. Carroll. 1974. Potential mechanisms responsible for prenatal and perinatal mortality or low viability of swine. *J. Anim. Sci.* 38: 1037-1044.
71. **Steiner** A., A., Rocha, M.J.A., Branco. L.G., 2002. A neurochemical mechanism for hypoxia-induced anapyrexia. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 283, R1412–R1422.
72. **Stevenson** DK, Verter J, Fanaroff AA, Ehrenkranz RA, Shankaran S, Donovan EF, et al. 2000. Sex differences in outcomes of very low birthweight infants: the newborn male disadvantage. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*; 83:F182–F185.
73. **Torday** JS, Nielsen HC. 1987. The sex difference in fetal lung surfactant production. *Exp Lung Res.* 12 (1):1-19.
74. **Trujillo-Ortega**, M.E., Mota-Rojas, D., Olmos-Hernández, A., Alonso-Spilsbury, M., González, M., Orozco, H., Ramírez-Necochea, R. and Nava-Ocampo, 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 Biomed.* 78 (1), 29-35.

75. **Thorngren-Jerneck** K, Herbst A. 2001. Low 5-minute Apgar score: a population based register study of 1 million term births. *Acta Paediatr.* 98: 65–70.
76. **Tuchscherer**, M.; Puppe, B.; Tuchscherer, A. and Tiemann, U. 2000. Identification of neonate at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology.* 54: 371-388.
77. **Turner-Gomes**, SO, Izukawa, T, Rowe, RD. 1989. Persistence of atrioventricular valve regurgitation and electrocardiographic abnormalities following transient myocardial ischemia of the newborn. *Pediatr Cardiol.* 10: 191-194.
78. **Udaeta**, M.E., 2004. Encefalopatía por hipoxia, isquemia y reperfusión. In: *Neonatología Clínica.* Rodríguez W.M.A., Udaeta M.E. (Eds.) McGraw Hill, México.
79. **Van der Lende**, T., B. T. T. M. van Rens, and J. I. Leenhouders. 2000. Biological and genetic aspects of pre- and perinatal mortality in swine. Pages 125–141 in *Proc. 5° Seminario Internacional de Suinocultura, Expo Center Norte, Spain*
80. **Van Dijk**, A.J., van der Lende, T., Taverne, M.A.M., 2006. Acid-base balance of umbilical artery blood of liveborn piglets at birth and its relation with factors affecting delivery of individual piglets. *Theriogenology.* 66, 1824-1833.
81. **Vargas** O.A., 2004. Asfixia perinatal. In: *Neonatología Clínica.* Rodríguez W. M. A., Udaeta M. E. (Eds.). McGraw Hill, México.
82. **Varona**, L., Casellas, J., Piedrafita, J., Sánchez, A., Garcia-Casado, P., Arqué, M. and Noguera, J. L. 2005. Bayes factor analysis for the genetic background of physiological and vitality variables of F2 Iberian × Meishan newborn piglets. *J. Anim. Sci.* 83:334–339.
83. **Weil**, MH, Rackow, EC, Trevino, R, 1986. Difference in acid-base status between venous and arterial blood during cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med.* 315: 153-156.
84. **Wehrend**, A., Failing, K., Tschachtschal, J., Bostedt, H., 2003. Reference values of electrolyte plasma concentrations in healthy piglets during the first 48 hours of life. *J. Vet. Med. A.* 50, 67-71.
85. **Weinberger** B, Anwar M, Hegyi T, Hiatt M, Koons A, Paneth N. 2000. Antecedents and neonatal consequences of low Apgar scores in preterm newborns: a population study. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 154(3):294-300.
86. **Williams**, AJ. 1998. ABC of oxygen - Assessing and interpreting arterial blood gases and acid-base balance. *BMJ.* 317:1213-1216.
87. **Varley**, M. A. 1998. El lechón recién nacido: Desarrollo y supervivencia. España: Acribia. 303 pp.

88. **Veronesi** M.C., S. Panzani, M. Faustini and A. Rota. 2009. An Apgar scoring system for routine assessment of newborn puppy viability and short-term survival prognosis. *Theriogenology*. 72(3), 401-407.
89. **Zaleski**, H.M., Hacker, R.R., 1993. Comparison of viability scoring and blood gas analysis as measures of piglet viability. *Can. J. Anim. Sci.* 73, 649–653.
90. **Zhong-Cheng**, L., Shiliang, L., Russell, W., Michel, S. and Karamer. 2004. Risks of stillbirth and early neonatal end by day of week. *C. M. A. J.* 170 (3): 337-341.

Anexo I.

Esquema 1.



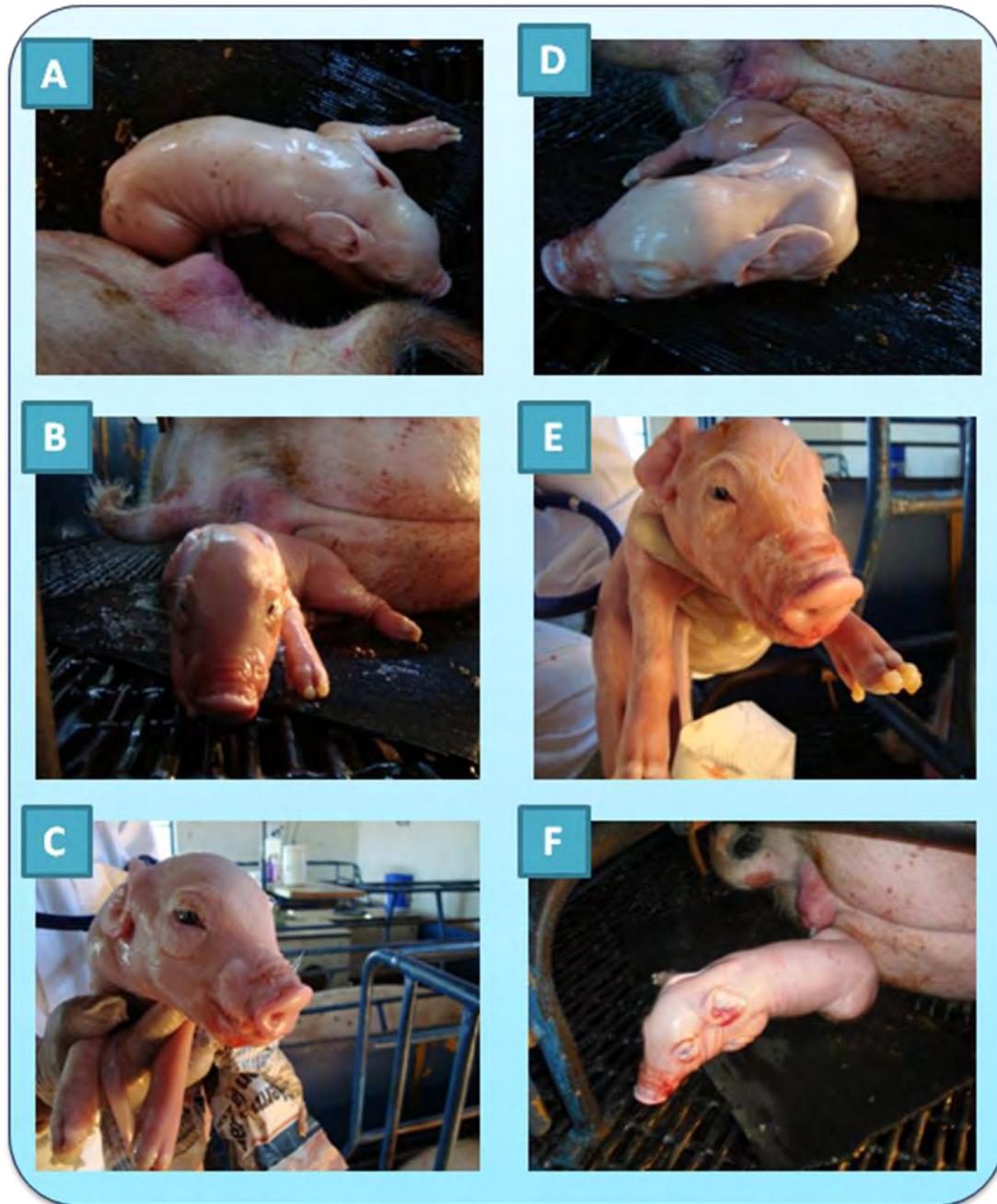
- A.** Condiciones en las que fueron alojados los animales.
- B.** Analizador de gases de tercera generación (Gasómetro GEM Premier 3000 de IL Diagnostics. Italy).
- C.** Evaluación de la temperatura corporal a través del termómetro otal (ThermoScan Braun®) de forma instantánea (1 seg).
- D.** Muestreo sanguíneo mediante el sangrado retro-orbital con un tubo micro-capilar de 100 µl.

Esquema 2.



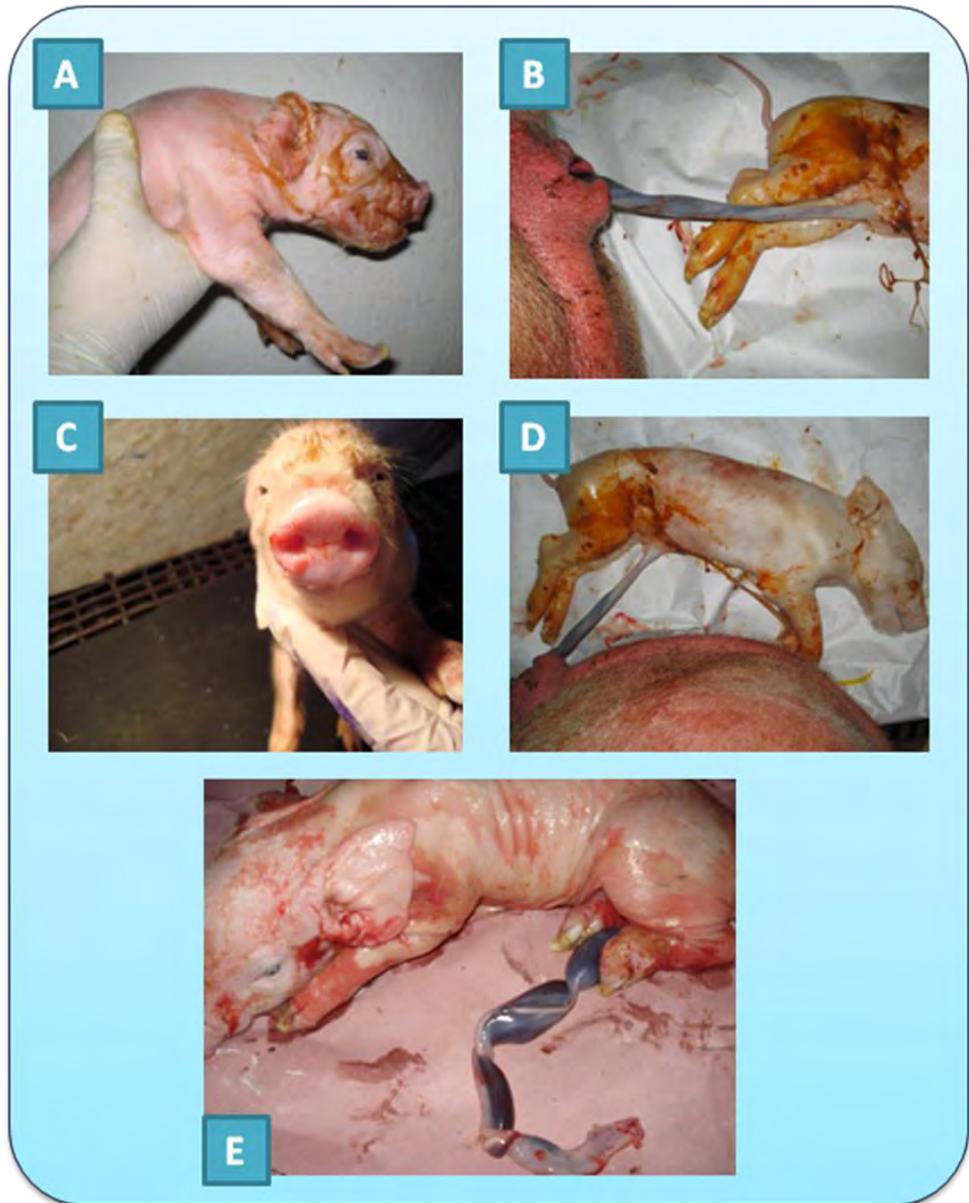
Nacimiento del lechón; evaluación del intento de respiración y latencia para ponerse de pie (**A**); evaluación de la condición del Cordón Umbilical y color de piel (**B**); evaluación de la frecuencia Cardíaca (**C, D**).

Esquema 3.



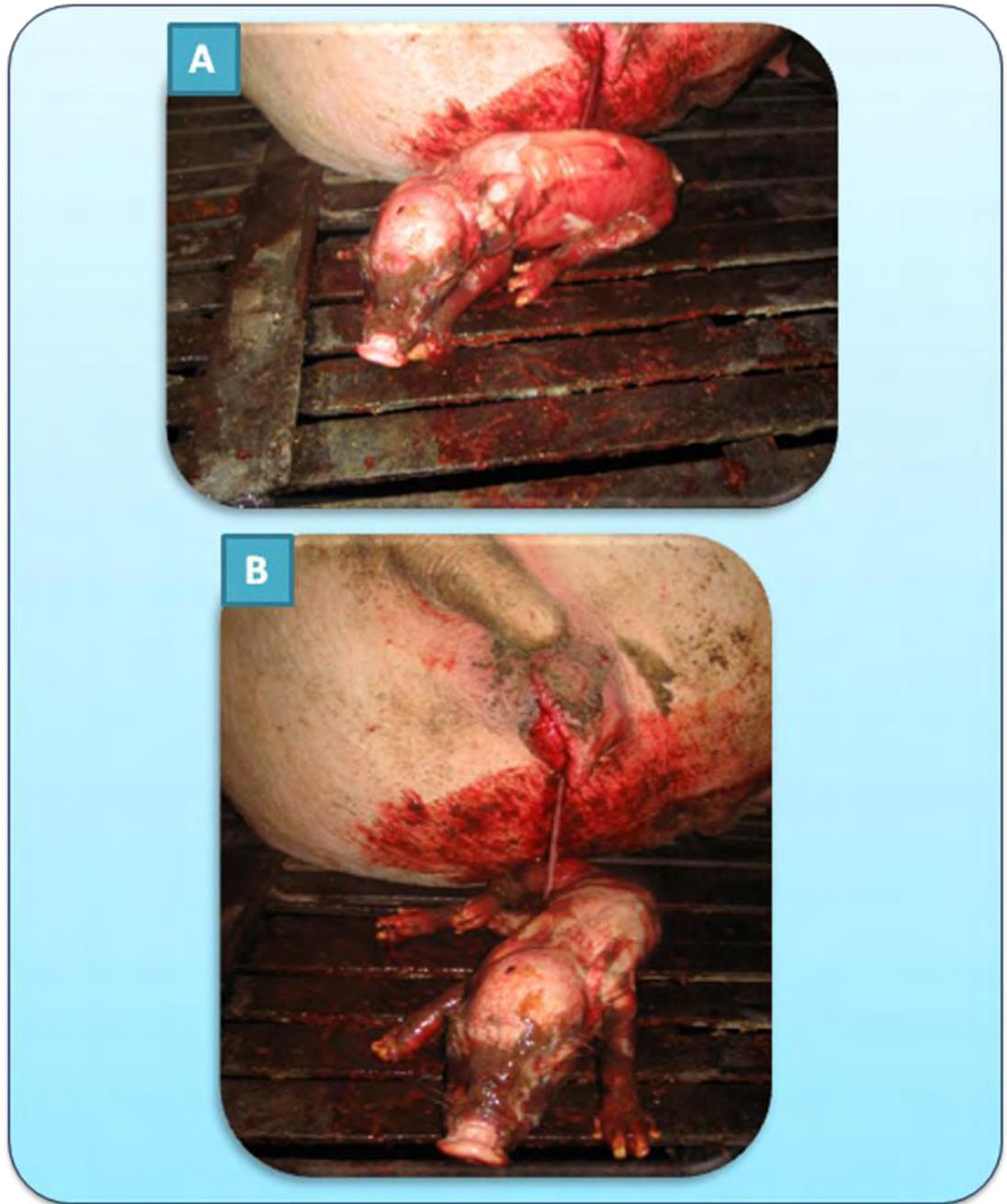
A. B. C. D. E. F. Optimas Condiciones clínicas y normales del nacimiento del lechón (color rosado, sin presencia de meconio y sangre en la superficie corporal y atento a su entorno), con puntuación de vitalidad de superior a siete.

Esquema 4.



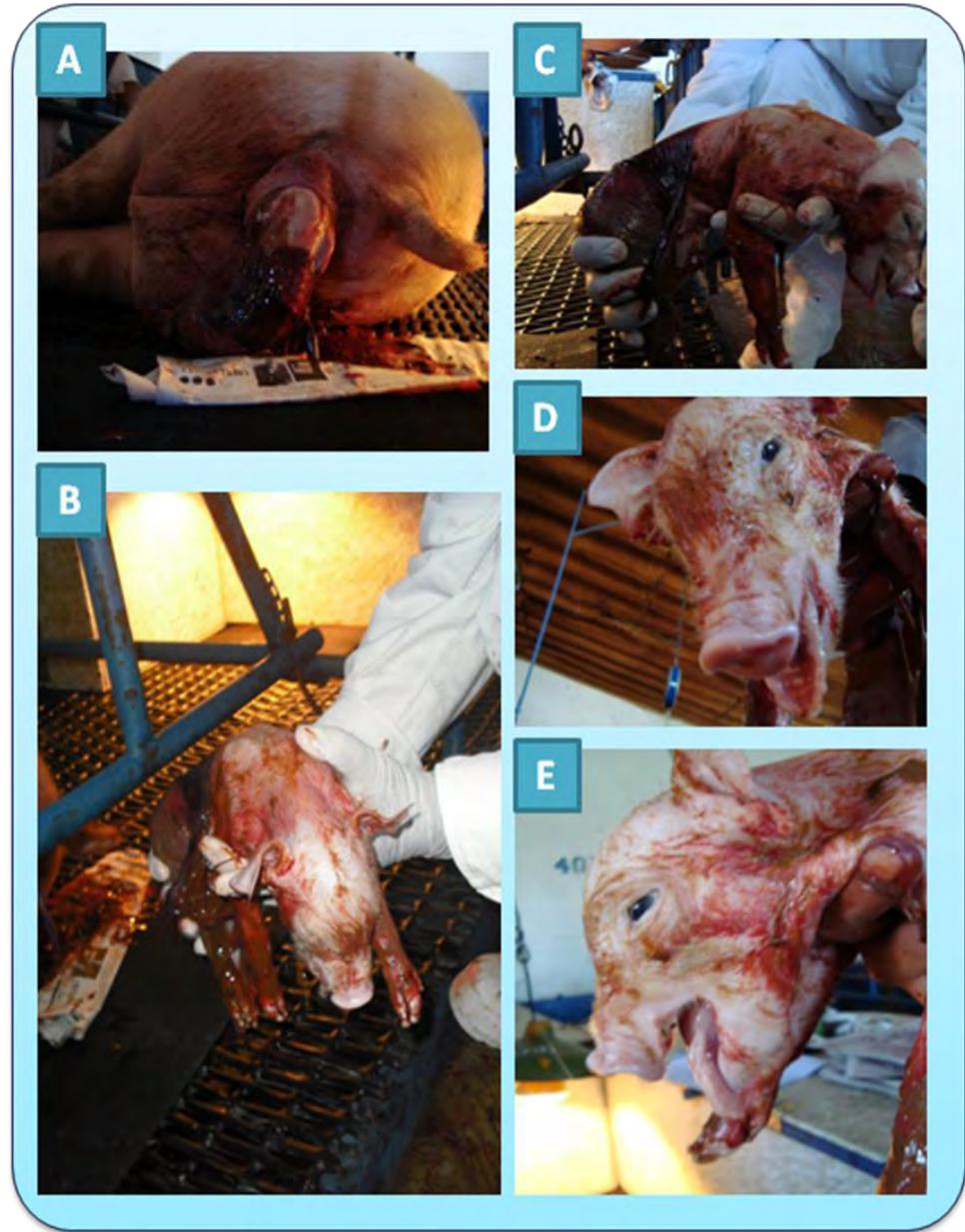
- A.** Lechón con tinción de meconio en el 10% de la superficie corporal con probabilidades de aspiración de meconio, con puntuación de vitalidad entre seis y siete.
- B. D.** Lechón con presencia de meconio en el 30 % de la superficie corporal, además de tener el cordón umbilical congestionado y hemorrágico. Con puntuación de vitalidad menor a cinco.
- C.** Lechón que curso por un proceso de hipoxia con las mucosas cianóticas.
- E.** Lechón con el cordón umbilical anudado, congestionado, aletargado y sangre en la superficie corporal, con puntuación de vitalidad menor a cinco.

Esquema 5.



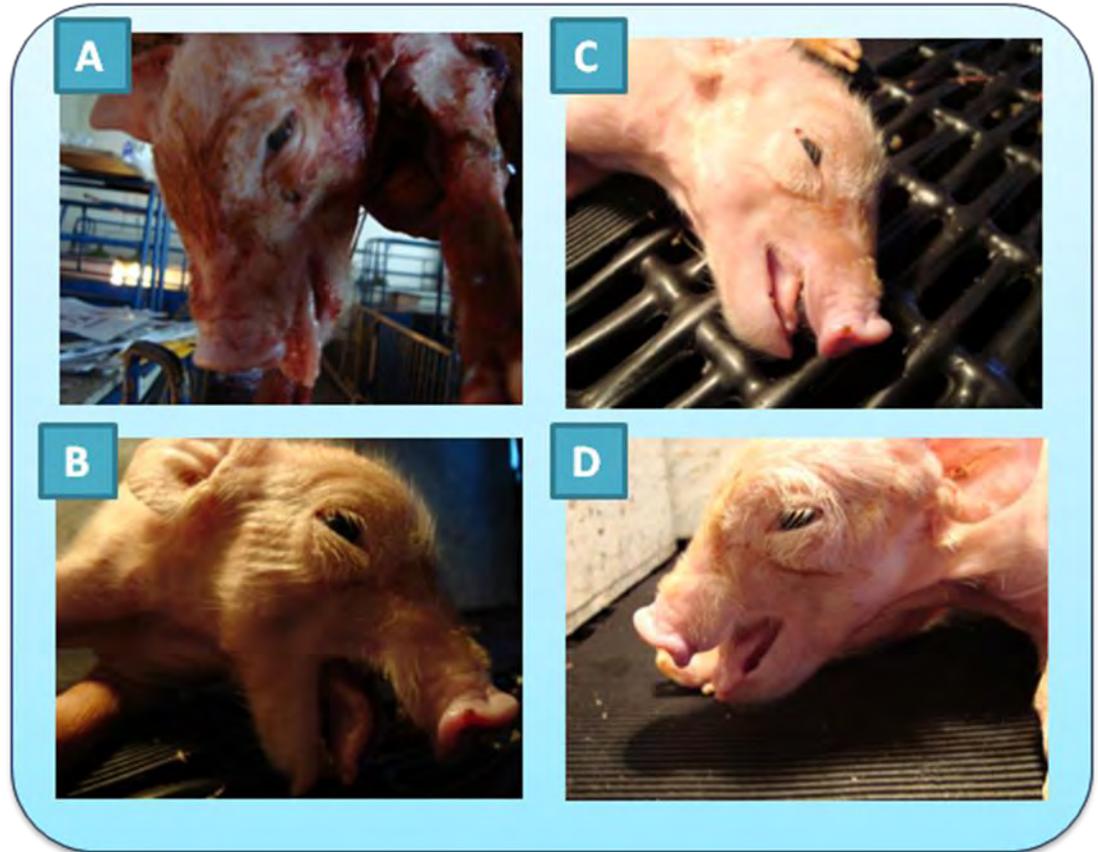
Lechón severamente teñido de sangre y meconio en toda la superficie corporal, acompañado de un proceso de asfixia con acidosis metabólica, con calificación reprobatoria en la escala de vitalidad modificada (A-B).

Esquema 6.



Proceso de parto en el cual (A), el lechón presento acidosis metabólica por un proceso de asfixia (B); letargia y cianosis (C); con dificultades para normalizar la respiración (D, E); con una puntuación menor a 5 en la escala de vitalidad modificada.

Esquema 7.



Lechón que curso por un proceso de Asfixia con acidosis metabólica (A); 10 minutos después sigue aletargado, cianótico, con problemas para termo-regularse (C), 15 minutos después el lechón hace esfuerzos por normalizar la respiración (B); 20 minutos después el lechón presenta una postura de decúbito ventral y se normaliza la respiración, y comienza a termo-regularse (D); lechón que obtuvo una puntuación menor 5 en la escala de vitalidad modificada.