

**COMPARACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL ESTRÉS SOBRE LOS
PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN LA GESTACIÓN
INDIVIDUAL Y COLECTIVA DE HEMBRAS PORCINAS DE LA GRANJA VILLA
ALEJANDRA (TIMBÍO, CAUCA)**

**JUAN SEBASTIÁN RUIZ MAMIÁN
NICOLÁS TORO RIVILLAS
BRAYAN ANDRÉS TULCÁN CALDERÓN**



**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
POPAYÁN
2020**

**COMPARACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL ESTRÉS SOBRE LOS
PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN LA GESTACIÓN
INDIVIDUAL Y COLECTIVA DE HEMBRAS PORCINAS DE LA GRANJA VILLA
ALEJANDRA (TIMBÍO, CAUCA)**

**JUAN SEBASTIÁN RUIZ MAMIÁN
NICOLÁS TORO RIVILLAS
BRAYAN ANDRÉS TULCÁN CALDERÓN**

Trabajo de Grado para optar el título de Médico Veterinario

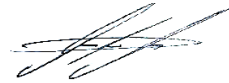
DIRECTOR: JAIME ANDRÉS PÉREZ REDONDO M.V. Esp.



**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
POPAYÁN
2020**

Nota de Aceptación

El presente trabajo de grado ha sido aceptado como uno de los requisitos para optar el título de Médico Veterinario.



Director de Trabajo de Grado



Jurado

Julian A. Valencia G.

Jurado

Popayán, Julio 13 de 2020

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. OBJETIVOS	20
4.1. OBJETIVO GENERAL	20
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5. MARCO TEÓRICO	21
5.1 GENERALIDADES DE LAS GLÁNDULAS Y HORMONAS SUPRARENALES	21
5.2 HIPOTÁLAMO	24
5.3 HIPÓFISIS	25
5.4 ADENOHIPÓFISIS.....	25
5.5 MODELOS DE GESTACIÓN.....	29
5.6 PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS	29
5.7 MARCO GEOGRÁFICO	31
6. ESTADO DEL ARTE	32
6.1 INDUSTRIA PORCINA	32
6.2 MANEJO DE LA GESTACIÓN	32
6.3 ESTRÉS.....	33
7. MARCO METODOLÓGICO	34
7.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	34
7.2 TIPO DE ESTUDIO	34

7.3 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	34
7.3.1 Animales Alojados en Gestación Individual.....	35
7.3.2 Animales Alojados en Gestación Colectiva.....	35
7.4 RAZA Y/O ESTIRPE	36
7.5 INSTALACIONES	36
7.5.1 Gestación Individual	36
7.5.2 Gestación Colectiva.....	37
7.6 ALIMENTACIÓN.....	38
7.6.1 Plan de Alimentación.....	38
7.7 PLAN SANITARIO.....	39
7.7.1 Vacunación	39
7.7.2 Desparasitación.....	39
7.8 VARIABLES DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	39
7.8.1 Variables de Inclusión	39
7.8.2 Variables de Exclusión	40
7.9 MATERIALES.....	40
7.10 CRONOGRAMA DE MUESTREO.....	41
7.11 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	42
7.12. ANÁLISIS LABORATORIAL.....	44
7.12.1 Determinación de Cortisol.....	45
7.13 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS.....	49
8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	56
9. RESULTADOS	57
9.1 RESULTADOS DE MUESTREO DE CORTISOL SÉRICO	56

9.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS.....	59
10. DISCUSIÓN	73
11. CONCLUSIÓN	76
12. RECOMENDACIONES	77
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Identificación de animales alojados en gestación individual	35
Tabla 2.	Identificación de animales alojados en gestación colectiva	35
Tabla 3.	Composición Cría Cerdos Lactancia	38
Tabla 4.	Composición Cría Cerdos	39
Tabla 5.	Materiales	40
Tabla 6.	Cronograma de muestreos	42
Tabla 7.	Resultados de muestreo de cortisol sérico	56
Tabla 8.	Tabla de Registro para el control de partos	59
Tabla 9.	Prueba de Kolmogórov-Smirnov y de Shapiro-Wilk para los valores de cortisol en sangre	66
Tabla 10.	Media y error estándar de los niveles de cortisol en sangre en dos muestreos consecutivos y en dos modelos de gestación	67
Tabla 11.	Comparación de los niveles de cortisol en sangre en cerdas bajo dos modelos de gestación	67
Tabla 12.	Media y error estándar de los niveles de cortisol en sangre en cerdas bajo dos modelos de gestación	68
Tabla 13.	Comparación de los niveles de cortisol en sangre en dos momentos de la gestación (día 8 y día 57)	69
Tabla 14.	Media y error estándar de los niveles de cortisol en sangre en dos momentos de la gestación en cerdas (día 8 y día 57)	69
Tabla 15.	Prueba de Levene para peso de lechones al nacimiento	70
Tabla 16.	Comparación por la Prueba T de Student para peso de lechones al nacimiento en dos modelos de gestación: individual y colectiva	70
Tabla 17.	Porcentaje de vivos	71
Tabla 18.	Porcentaje de muertos	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de la glándula suprarrenal	23
Figura 2. Origen metabólico de las hormonas suprarrenales	24
Figura 3. Esquema de la respuesta general al estrés	28
Figura 4. Lugar de ejecución del proyecto	31
Figura 5. Formato de recepción de resultados de cortisol sérico	49

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Resultados de los niveles de cortisol	57
Gráfica 2. Resultados de los niveles de cortisol en el sistema de gestación colectivo	57
Gráfica 3. Resultados de los niveles de cortisol en el sistema de gestación individual	58
Gráfica 4. Tasa de natalidad y mortalidad general en el estudio	61
Gráfica 5. Tasa de natalidad y mortalidad en el sistema de gestación colectivo	62
Gráfica 6. Tasa de natalidad y mortalidad en el sistema de gestación individual	63
Gráfica 7. Valor promedio de peso de los lechones en ambos sistemas de gestación	64
Gráfica 8. Comparación de los niveles de cortisol en sangre en cerdos bajo dos modelos de gestación.	68
Gráfica 9. Comparación del peso al nacimiento de lechones procedentes de cerdas bajo dos modelos de gestación.	71

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Modelo de gestación individual	36
Fotografía 2. Modelo de gestación colectiva	37
Fotografía 3. Toma de muestra de cortisol en sangre	43
Fotografía 4. Recolección de muestras	44
Fotografía 5. Reactivo MAGLUMI Cortisol (CLIA)	45
Fotografía 6. Equipo automatizado de quimioluminiscencia MAGLUMI 1000 / Snibe	47
Fotografía 7. Panel de control del equipo	48
Fotografía 8. Anverso de la planilla para el control de partos	50
Fotografía 9. Reverso de la planilla para el control de partos	51
Fotografía 10. Báscula digital para el pesaje de lechones	52
Fotografía 11. Pesaje de lechones en la báscula	53

RESUMEN

La porcicultura en Colombia ha adquirido gran importancia en los últimos años, por ser una de las especies de rápido crecimiento, con capacidad de producir gran cantidad de carne en muy poco tiempo y su acelerado proceso reproductivo entre otros, han sido una de las características, que la han llevado a catalogar como uno de los sistemas pecuarios más importantes del país. Dado el significativo crecimiento de esta industria, se ha planeado realizar un estudio con la intención de comparar los impactos del estrés sobre los parámetros productivos así como reproductivos en la gestación individual y colectiva en hembras porcinas, mediante la determinación de los niveles de cortisol en sangre, registro y comparación del número y peso de lechones nacidos por cerda en los dos modelos de gestación, evaluación de la tasa de natalidad y mortalidad de lechones, determinación del sistema de gestación que represente mayor eficacia en cuanto a producción y bienestar animal (BA), finalmente socializar los resultados del proyecto con la finalidad de contribuir al desarrollo de la industria porcina a nivel regional. Los resultados de este estudio revelaron que el sistema de gestación colectivo presentó unos valores séricos significativamente ($P < 0,05$) más elevados de cortisol sanguíneo ($82,84 \pm 2,3$ ng/ml) respecto al sistema individual ($54,05 \pm 2,3$ ng/ml). Además, se obtuvo una superioridad numérica en la tasa de mortalidad en el sistema de gestación colectiva (11,7%) en relación al modelo individual (5,8%). De igual forma se presentó un mayor promedio de peso de lechones al nacimiento en el sistema de gestación individual ($1,335 \pm 25,9$ g) en comparación al colectivo ($1,234 \pm 20,0$ g), con diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

Palabras Clave: Porcino, impactos del estrés, cortisol sanguíneo, gestación individual, gestación colectiva, bienestar animal.

ABSTRACT

Porciculture in Colombia has acquired great importance in recent years, being one of the fast-growing species, with the capacity to produce a lot of meat in a very short time and its accelerated reproductive process among others, have been one of the characteristics, that have come to classify it as one of the most important livestock systems in the country. Given the significant growth of this industry, it is planned to carry out a study with the purpose of comparing the impacts of stress on the productive and reproductive parameters of individual and collective gestation in sows. The results of this study revealed that the collective gestation system had significantly ($P < 0.05$) higher blood cortisol values (82.84 ± 2.3 ng/ml) compared to the individual system (54.05 ± 2.3 ng/ml). In addition, a numeric superiority was obtained in the mortality rate in the collective gestation system (11.8%) in relation to the individual model (6.1%). Similarly, there was a higher average weight of piglets at birth in the individual system ($1,335 \pm 25.9$ g) compared to the group system ($1,234 \pm 20.0$ g) (highly significant differences; $P < 0.01$).

Keywords: Swine, stress impacts, blood cortisol, individual gestation, collective gestation, animal welfare.

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la producción animal, existe una serie de prácticas de manejo e interacción humano-animal que se requieren para la mejora de la eficiencia de los animales domésticos, tales como la manipulación, estrategias nutricionales, medicina preventiva, técnicas quirúrgicas, empleo de corrales y jaulas, y mecanismos y medios de transporte, entre otros. Esto puede implicar incomodidad o incluso dolor para los animales, lo cual puede generar estrés, por consiguiente, cambios comportamentales y fisiológicos que conllevan a la disminución de su bienestar¹.

Animales con pobre bienestar tienden a sufrir inmunosupresión, disminución de la eficiencia productiva. Por lo anterior, se puede considerar que diseñar y ejecutar estrategias que incrementen la capacidad de los animales para mitigar los efectos fisiológicos del estrés puede ser importante para mejorar el desempeño productivo².

El tema de bienestar animal no ha sido ajeno a la internacionalización de mercados; de hecho, los países europeos han sido pioneros en llevar a cabo cambios legislativos y de concienciación en favor del bienestar de los animales de producción³, incluyendo programas de aseguramiento de la inocuidad alimentaria de origen animal⁴. Por ende, es pertinente que la comunidad científica tenga disponibilidad de metodologías para la evaluación del bienestar en los sistemas de producción.

¹ MELLOR DJ, Cook, CJ, Stafford KJ. Quantifying some responses to pain as a stressor. In: Moberg GP, Mench JA (eds). The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. UK: CABI Publishing. 2000. p 171-198.

² OTOVIC P, Hutchinson E. Limits to using HPA axis activity as an indication of animal welfare. 2015. *Altex* 32: 41-50. doi: 10.14573/altex.1406161.

³ DALMAU A, Rodríguez P, Velarde A. Valoración del bienestar animal del cerdo. Parámetros evaluados en el matadero. *Eurocarne*. 2006. 151: 47-56.

⁴ GALLO C. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. 2008. *Vet Ital* 44: 113-120.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estrés en los porcinos a nivel productivo es un factor causado por diferentes agentes medioambientales del entorno artificial donde se ven obligados a vivir y está determinado por características en las instalaciones a nivel productivo. Tal como lo plantea Kelley (citado por Morrow, 2002) “las instalaciones modernas y las prácticas de manejo en porcicultura pueden ser estresantes bajo determinadas circunstancias y este estrés puede causar disminución del bienestar, reducir el crecimiento y aumentar las tasas de enfermedad debido a inmunosupresión”⁵.

La mortalidad neonatal refleja un gran problema de bienestar de los lechones durante las primeras semanas de vida. Los valores medios de mortalidad neonatal oscilan entre el 10% y el 12%, lo que significa que este problema afecta a un número extremadamente alto de animales. Uno de los principales inconvenientes es el estrés social causado por las peleas y competencia entre los animales. Este problema aparece no sólo cuando se mezclan animales sino también de forma más o menos continuada cuando la densidad de animales es excesiva⁶.

De acuerdo a la Asociación Porkcolombia⁷, desde hace décadas se han usado jaulas y corrales individuales de gestación como el “modelo ideal” para garantizar una buena preñez y un posterior parto prolífico. La razón del porqué se hace uso de estas jaulas es debido a que permite inseminar y sobre todo alimentar individualmente a los animales, evitando la agresividad que se observa en los grupos. Sin embargo, estas instalaciones desde siempre han mostrado algunas desventajas como la aparición del comportamiento estereotipado; patología de

⁵ MORROW, J. Estrés porcino y pérdida de patógenos. Hoja informativa sobre bienestar porcino. May, Vol. 1, No. 4.

⁶ MANTECA, Xavier, Bienestar animal en explotaciones de porcino. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 2011. Vol. 24, No 3, p. 303-305.

⁷ Asociación Colombiana de Porcicultores. Porkcolombia. En: <https://www.miporkcolombia.co/>

conducta asociada a animales estabulados en condiciones represivas que no permite que expresen sus conductas normales, que finalmente conllevan al estrés. Otros problemas incluyen confinamiento, sedentarismo, sentarse sobre sus deposiciones, aplastamiento de crías e incluso en muchos casos, lesiones asociadas a la instalación de mal diseño.

Según Porkcolombia en cuanto a la gestación grupal o colectiva, esta se ha asociado principalmente con agresividad debido a que los cerdos definen su estructura jerárquica con peleas y en consecuencia problemas de alimentación. La habilidad de la cerda para retirarse y protegerse por sí sola es limitada. Puede acontecer un número de cerdas con exceso de grasa debido a una sobrealimentación por parte de las cerdas dominantes, así como también puede presentarse un número de cerdas sumisas muy delgadas debido a una reducida ingesta de alimento por un bajo rango. Las peleas pueden causar diferentes lesiones como heridas en la grupa, hombros, vulva y cojeras. La meta en el manejo de las cerdas debe ser el permitir formar un orden social con el menor estrés y daño físico posibles.

El inadecuado manejo de estos sistemas de gestación que conlleva al estrés, afecta drásticamente la eficiencia reproductiva de las empresas porcinas que puede medirse o estimarse a través de los parámetros productivos. Estos son el número de partos por hembra; donde se comparan el número y peso de lechones nacidos por cerda, el promedio de nacidos y el porcentaje de mortalidad. Dentro de los efectos negativos del estrés sobre estos parámetros se encuentra una disminución considerable en el número de partos, al igual que una reducción en el peso de lechones nacidos (0,75-1,25 kg), lechones destetos y aumentar la tasa de mortalidad por inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades⁸.

⁸ TROLLIET, Claudio. Productividad numérica de la cerda factores y componentes que la afectan (Cátedra de Producción Porcina), Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 2005.

Además, se espera que en los próximos 15 años la demanda de productos de origen animal como la carne aumente en un 40%⁹, por consiguiente, hoy en día, el consumidor está más informado y sensibilizado acerca del proceso que sufre cada animal para obtener de él, los productos deseados. Esto ha generado en la industria porcina el interés para suplir este mercado tan exigente sin alterar los ciclos productivos y reproductivos de una explotación porcina, nace allí la idea de crear indicadores de estrés y manejarlos en la porcicultura y demás proyectos pecuarios¹⁰. Europa ha sido el progenitor de este movimiento en cuanto a producción porcina libre de estrés, tanto así que han hecho investigaciones en este campo y se han integrado nuevas formas de producción en España gracias a diferentes decretos, los cuales hacen referencia y velan por el bienestar animal enfocado a porcinos de granja, disminuyendo sufrimientos e incomodidades excesivas que generan estrés directamente y afecta la calidad cárnica¹¹.

Entonces, se plantea la pregunta a resolver en el proyecto: ¿Qué sistema de gestación representa mayor eficacia en cuanto a bienestar y producción animal?

⁹ BERCKMANS, Daniel. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 2014. 33 (1): 189-196.

¹⁰ VANNIER, P.; MICHEL, V; and KEELING, L. Science-based management of livestock welfare in intensive systems: looking to the future. Revue scient fique et technique (International Office of Epizootics) 2014. 33(1): 153-160.

¹¹ DALLA, P.; MATTHEWS, R.; ALESSANDRINI, B.; MESSORI, S.; and MIGLIORATI, G. Drivers for animal welfare policies in Europe. Revue scient fique et technique (International Office of Epizootics), 33(1), 39-46.

3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la tecnología y de las técnicas de manejo determina la eficacia con la cual se puede producir alimentos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que 150 millones de seres humanos aumentarán en los próximos 10 años de los cuales se cuenta con un porcentaje estimativo muy alto de desnutrición y hambre, en las zonas bajas del mundo cada minuto nacen 100 niños de los cuales un 20% morirán antes de cumplir un año, el resto serán víctimas de desnutrición. La carne de cerdo esta postulada a jugar un papel protagónico en estas situaciones¹².

Una cerda puede llegar a producir de 1 a 2 toneladas de carne en pie al año mientras que el ganado solo produce en el mismo lapso de tiempo un ternero de 40 kilogramos. La carne porcina es de alta producción mundial alcanzando el 40% del total de las carnes rojas. Dentro de los factores asociados a que la porcicultura sea una actividad agropecuaria apetecida en el mercado se encuentran: sostenibilidad con dietas alternativas, adaptación de los cerdos a cualquier sistema de explotación e instalaciones, el cerdo es un animal altamente prolífero reproductivamente, presenta buena conversión alimenticia y una gran cantidad de derivados cárnicos¹³.

Debido al crecimiento del sector porcino, se hace necesario la incorporación de sistemas adecuados de gestación y de nuevas tecnologías tanto para el control ambiental como para el manejo de los animales. De esta forma se puede lograr una mayor eficiencia tanto a nivel energético, como ambiental y de bienestar animal.

¹² Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/colombia/es/>

¹³ FUENTES, Maritza. Características reproductivas de la cerda e Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. En: Revista Electrónica de Medicina Veterinaria RedVet. vol. 7, no 01, 2006. p 1-36.

El bienestar animal ha sido definido como el estado de completa salud física y mental. Busca que el animal se encuentre en armonía con su ambiente, que desarrolle su capacidad para afrontar el entorno en el que habita o para evadir el sufrimiento. También se refiere al estado en que un animal tiene satisfechas sus necesidades fisiológicas básicas, de salud y de comportamiento frente a los cambios en su ambiente, con ausencia de enfermedad, lesiones, dolor o estrés intenso o duradero, así como con nutrición adecuada, confort térmico y físico y con la posibilidad de manifestar las conductas propias de su especie¹⁴.

El interés por el bienestar animal ha aumentado en los últimos años como consecuencia de la sensibilidad de los consumidores por el posible sufrimiento de los animales, por las pérdidas económicas que representa, por su efecto en la calidad y rendimiento cárnico, así como por las muertes de los cerdos. En la actualidad, esta temática es un eje transversal desde las unidades de producción animal hasta la obtención del producto final, cuya importancia está relacionada con el trato que el hombre les proporciona a los animales mediante el uso de conocimientos científicos, dirigidos a generar en los animales un buen desempeño reproductivo y productivo¹⁵.

Respecto a la determinación del estrés, el cortisol, también llamado hidrocortisona, es una hormona esteroide sintetizada por el colesterol. Es el glucocorticoide primario producido y segregado por la corteza adrenal. La elevación de los niveles de cortisol en plasma es responsable del estrés, por esta razón y debido a que la recolección de las muestras representa un grado de invasividad bajo para los animales, se medirán los niveles séricos de esta hormona.

¹⁴ Farm Animal Welfare Committee. 2018.

¹⁵ CÓRDOVA, Alejandro.; *et al.*, Importancia del bienestar animal en las unidades de producción animal en México. REDVET. 2009. 10 (12).

Entonces, la razón por la cual se justifica realizar este proyecto es porque garantizar el bienestar de los animales es importante no sólo por razones éticas, sino también porque muchos problemas de bienestar son al mismo tiempo problemas productivos o sanitarios. Por lo tanto, mejorar este aspecto de los animales resulta muchas veces en una mejora de la producción.

El bienestar se ha convertido en un requisito exigido por algunos mercados especialmente europeos, de modo que garantizar unas condiciones adecuadas de bienestar; instaurando un modelo de gestación adecuado, reduciendo los niveles de estrés y mejorando los parámetros productivos y reproductivos se abren oportunidades comerciales que son especialmente interesantes para los países o productores que desean exportar a otras naciones. Además, en la región no se han realizado estudios al respecto y sería importante socializar los resultados del proyecto con el objetivo de contribuir al desarrollo de la industria porcina del país que está en crecimiento constante.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar los impactos del estrés medido mediante la determinación de cortisol sobre los parámetros productivos y reproductivos en la gestación individual y colectiva de hembras porcinas.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar los niveles de cortisol en sangre de hembras porcinas en gestación individual y colectiva en la granja porcícola Villa Alejandra.
- Comparar el número y peso de lechones nacidos por cerda en gestación individual y colectiva.
- Evaluar la tasa de natalidad y mortalidad de lechones en ambos sistemas de gestación.
- Comparar el promedio de peso de lechones al nacimiento en ambos modelos de gestación.
- Determinar el sistema de gestación que representa mayor eficacia en cuanto a producción y bienestar animal.
- Socializar los resultados del proyecto con la finalidad de contribuir al desarrollo de la industria porcina a nivel regional.

5. MARCO TEÓRICO

Los cambios fisiológicos y etológicos de las cerdas que constituyen la respuesta a una situación de estrés pueden medirse y referenciarse de manera que son un problema de bienestar animal, hay gran cantidad de formas para diagnosticar el estrés en cerdos, uno de ellos es dependiendo del lugar de alojamiento se puede llevar a cabo un análisis de la concentración plasmática de hormonas glucocorticoides o la frecuencia cardiaca, cambios conductuales, cambios fisiológicos. El estrés crónico puede generar en el animal una mala adaptación al medio y problemas de salud, en cuanto a la producción se ve disminuida notablemente en estas situaciones que son generadas la mayoría de veces por factores exógenos o ambientales¹⁶.

5.1 GENERALIDADES DE LAS GLÁNDULAS Y HORMONAS SUPRARRENALES

Las hormonas corticosteroides son producidas por las glándulas suprarrenales, estructuras anatómicas de secreción endocrina. En la especie porcina, son órganos grandes y cilíndricos situados sobre la superficie medial del riñón caudales a su hilio, dentro de la grasa perirrenal, pueden tener un contorno triangular u oval. Los riñones se posicionan ventralmente, entre la primera y tercera vértebra lumbar. Ambas glándulas asientan, aproximadamente, en el mismo plano. La derecha está unida a la vena cava caudal y la izquierda generalmente es de mayor tamaño. Cada glándula adrenal tiene un peso promedio de 2,5 gramos¹⁷.

¹⁶ MANTECA, Op. Cit., p. 14.

¹⁷ DYCE, Keith M.; SACK, Wolfgang O.; WENSING, Cornelis Johannes Gerardus. *Anatomía veterinaria*. McGraw-Hill Interamericana, 1999.

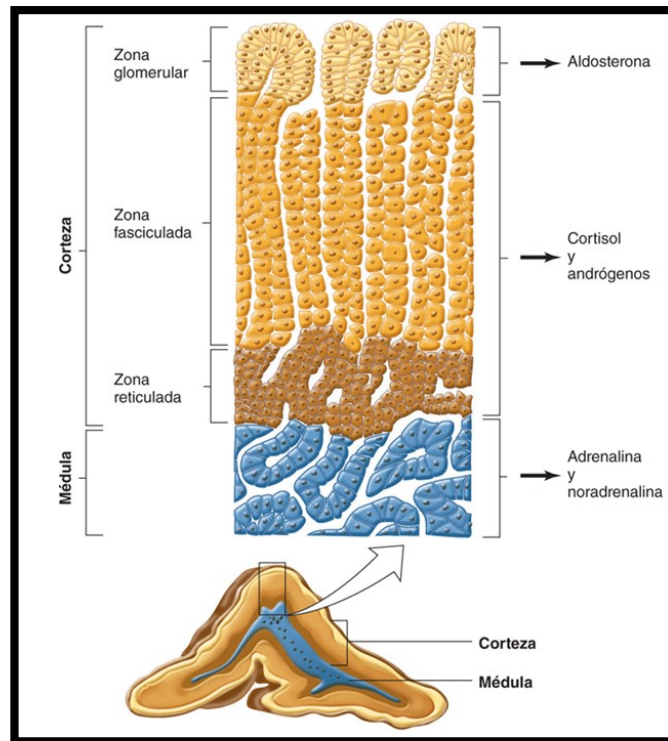
Algunos autores refieren que estas glándulas constan de dos órganos endocrinos separados: la corteza y la médula suprarrenal¹⁸. Estos órganos son diferentes por su origen embriológico y por las hormonas que secretan, sin embargo, comparten la irrigación sanguínea, dada principalmente por las arterias diafragmáticas, aorta abdominal y renal.

Histológicamente, la corteza está dividida en tres zonas diferentes: La zona glomerular, donde se sintetizan los mineralocorticoides (aldosterona), hormona que regula el equilibrio hidrosalino. La zona fascicular, de mayor tamaño, donde se secretan los glucocorticoides (cortisol) que cumplen múltiples funciones metabólicas y la zona reticular, de donde deriva la síntesis de andrógenos. A su vez, la médula produce epinefrina y norepinefrina¹⁹.

¹⁸ GUYTON, A, Hall J. Hormonas corticosuprarrenales. En: Tratado de fisiología médica. 9th Ed. México: McGraw-Hill Interamericana editores; 1997.

¹⁹ HARDMAN J, Limbird L, Ruddon R, Gilman A. Goodman y Gilman's the pharmacological basis of therapeutics. 10th Ed. New York: McGraw-Hill; 2001.

Figura 1. Esquema de la glándula suprarrenal

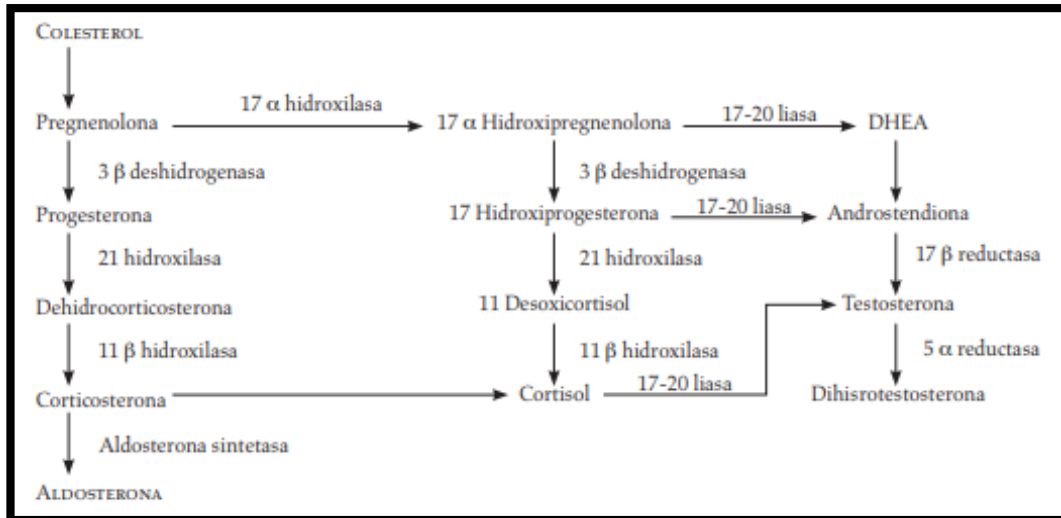


Fuente: Kim Barret, Susan M. Barman, Scott Boitano, Heddwyn L. Brooks:
Ganong. Fisiología médica, 24e: accessmedicina.com

El colesterol es la molécula precursora de la cual derivan, por medio de diferentes vías metabólicas, la aldosterona, el cortisol y los andrógenos; las dos primeras hormonas se caracterizan por poseer 21 carbonos (C) en su estructura, en tanto que los andrógenos sólo cuentan con 19 C; sin embargo, su estructura química es similar. La figura 2 esquematiza el proceso metabólico para la síntesis de las hormonas suprarrenales a partir del colesterol. Esta síntesis es un proceso continuo, ya que en ninguna parte del organismo hay reservorios de estas hormonas y el estímulo para la producción de cada una es diferente²⁰.

²⁰ IBAÑEZ A, Berrocal A, Calvo A. Terapia con glucocorticoides. Diagnóstico 2002; 41(4):177-82.

Figura 2. Origen metabólico de las hormonas suprarrenales



Fuente: Ibáñez, et al., 2002

5.2 HIPOTÁLAMO

El hipotálamo se ubica en áreas centrales del cerebro y es el centro neuroendocrino básico de la respuesta antiestresante del cuerpo animal. Sus neuronas establecen múltiples conexiones entre sí y se relacionan con otras estructuras del Sistema Nervioso Central (SNC), como la corteza cerebral, el sistema límbico, la formación reticular y la médula espinal, mediante sistemas aferentes y eferentes neuronales extrahipotalámicos, así como con el sistema nervioso autónomo (simpático y parasimpático)²¹.

El hipotálamo se comunica por vía sanguínea local a través del sistema portal hipotalámico-hipofisario con la adenohipófisis. Las neuronas del hipotálamo (células secretoras) elaboran un conjunto de hormonas liberadoras, que se dirigen a la

²¹ BRIAR C., LASSERSON D. "Principios Básicos del Sistema Nervioso". Libro: Lo Esencial en Sistema Nervioso. 2ª ed. Madrid: ELSEVIER; 2010. Pág. 80-162.

adenohipófisis y controlan su producción hormonal, y dentro de estas está la Hormona Liberadora de Corticotropina (CRH), la cual es muy importante ya que, a esta le corresponde desencadenar la respuesta endocrina ante el estrés, elaborada a nivel de los núcleos paraventriculares del hipotálamo anterior²².

5.3 HIPÓFISIS

También conocida como glándula pituitaria, asienta en la parte dorsal de la silla turca. La glándula está recubierta por una lámina fibrosa de la duramadre y unida con su cápsula, excepto donde el diafragma de la silla no cubre la hipófisis. La porción distal comprende cerca del 60% del volumen total de la hipófisis, mientras que la neurohipófisis representa aproximadamente el 25%. Los otros lóbulos y el pedúnculo infundibular comprenden el resto²³.

5.4 ADENOHIPÓFISIS

Su estructura es glandular y sus conexiones con el hipotálamo son de tipo vascular. Aquí se produce la Hormona Adenocorticotropica (ACTH), la misma que actúa estimulando la actividad de la corteza de las glándulas suprarrenales²⁴. La CRH segregada a nivel hipotalámico, es conducida por el sistema portal hipotalámico-hipofisiario, alcanzando la adenohipófisis, estimulando la formación de una macromolécula precursora, de naturaleza proteica, llamada proopiomelanocortina (POMC), a partir de la cual se forman la ACTH y las endorfinas. La ACTH por circulación sistémica, alcanza su tejido blanco, la corteza adrenal, estimulando la liberación de glucocorticoides, mientras que las endorfinas ejercen un efecto opiáceo o analgésico local sobre la corteza cerebral, minimizando el dolor²⁵.

²² ÁLVAREZ A., PÉREZ E. "Fisiología del Estrés". Libro: Fisiología Animal Aplicada. 1ª ed. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 2009. Pág. 228-255.

²³ DYCE, Op. Cit., p. 21.

²⁴ BRIAR, Op. Cit., p. 24.

²⁵ ÁLVAREZ, Op. Cit., p. 25.

La ACTH estimula la formación primaria de precursores de los glucocorticoides, así como de mineralocorticoides y andrógenos por la corteza adrenal. La acción de esta hormona es mediada por el adenosinmonofosfato cíclico a nivel de la membrana de las células corticales, que activa la proteincinasa, la cual, a su vez, activa la enzima colesterol-estearasa, con lo que se obtiene el colesterol libre necesario para la síntesis de estas hormonas de naturaleza esteroidea, al promover la capacitación facilitada del colesterol a partir de las lipoproteínas de baja densidad²⁶.

El cortisol es una molécula lipídica. Su paso por vía sanguínea requiere una proteína transportadora. El transportador clásico de cortisol es la globulina transportadora GBP (globulin binding protein), también denominada transcortina. Esta es una alfa globulina de síntesis hepática y su producción está mediada por un factor de transcripción hepático y por estrógenos²⁷. Aproximadamente, el 15% del cortisol total utiliza albúmina como transportador, también de síntesis hepática²⁸. Sólo una fracción menor del cortisol sanguíneo total se encuentra no unido a proteínas y es denominada fracción libre de cortisol²⁹.

Las acciones biológicas de esta hormona son múltiples, al comprometer virtualmente a todo el organismo y a varios mecanismos homeostáticos. Las acciones primarias mejor conocidas son metabólicas, pero las acciones fisiológicas también incluyen la función renal y regulación del transporte de iones, sistemas cardiovasculares y mantenimiento del tono al igual que la permeabilidad vascular, función inmune y acciones en el sistema nervioso central³⁰. Sus funciones principales son incrementar el nivel de azúcar en la sangre (hiperglicemia) a través

²⁶ *Ibíd.*, p. 25.

²⁷ BRYTH BC, Billinsley GD, Cox DW. Physical and genetic mapping of the serpin gene cluster at 14q32.1: allelic association and a unique haplotype associated with alpha 1-antitrypsin deficiency. *Am J Hum Genet* 1994; 55 (1): 126-33. 17.

²⁸ HARPER ME, Dugaiczky A. Linkage of the evolutionarily-related serum albumin and alpha-fetoprotein genes within q11-22 of human chromosome 4. *Am J Human Genete* 1983; 35: 565-72.

²⁹ LIN HY, Muller YA, Hammond GL. Molecular and structural basis of steroid hormone binding and release from corticosteroid-binding globulin. *Mol Cell Endocrinol* 2010; 316 (1): 3-12.

³⁰ BECK JC, McGarry EE. Physiological importance of cortisol. *Br Med Bull* 1962; 18 (2): 134-40.

de la gluconeogénesis, suprimir el sistema inmunológico y ayudar al metabolismo de las grasas, proteínas y carbohidratos.

La mayoría de las acciones de cortisol requieren de la unión de este a su receptor, denominado receptor de glucocorticoides (GR, glucocorticoid receptor). Los GRs están ampliamente distribuidos en el organismo y la activación de los mismos depende de manera directa de la concentración de ligando³¹. En ausencia de hormona, el GR se localiza en el citosol formando complejos con diversas proteínas. El cortisol es capaz de difundir a través de la membrana celular, llegar al citoplasma y así unirse al receptor de glucocorticoides desencadenando sus efectos³².

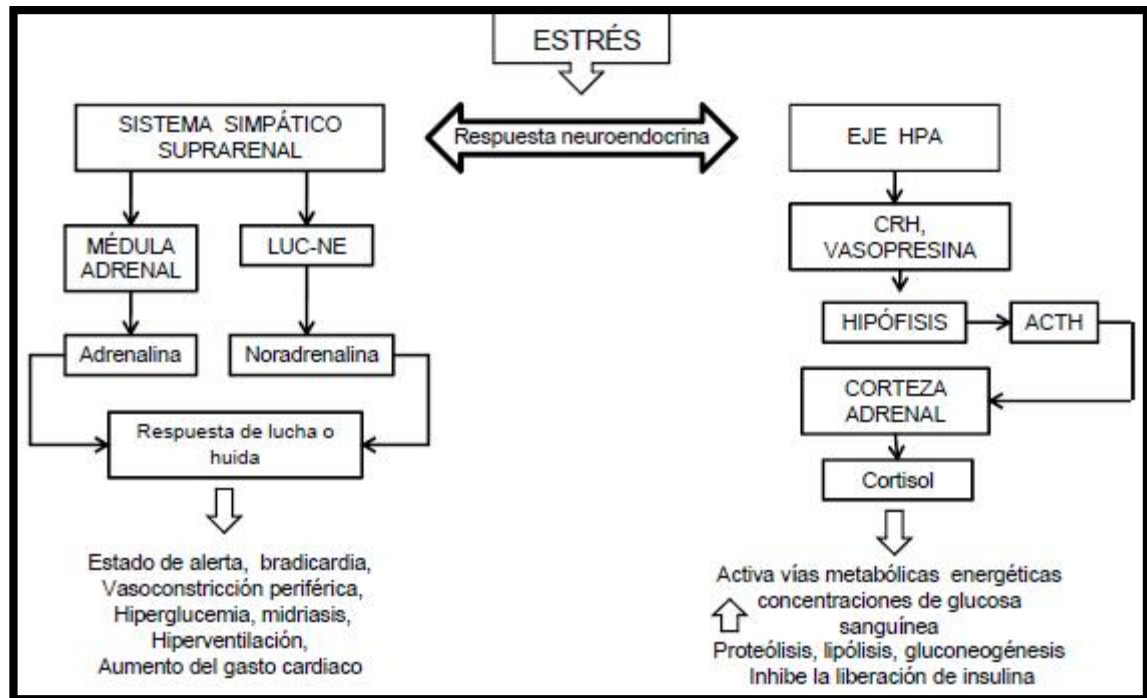
Resumidamente, tras una situación estresante el sistema autónomo (SA) responde de manera inmediata causando la liberación de adrenalina en sangre. En el eje hipotalámico, pituitario y adrenal (HPA), la liberación de la hormona liberadora de corticotropina por parte del hipotálamo genera la producción de hormona adrenocorticotropa por la hipófisis, lo cual aumenta la producción de cortisol por la glándula adrenal, que actúa por retroalimentación negativa sobre la CRH y la ACTH, por lo que en condiciones normales, tras el estrés, hay una aclimatación y reajuste para intentar volver a la normalidad. El efecto escalera ocurre cuando queda un estrés residual del anterior desafío y el animal no se ha podido reajustar fisiológicamente a niveles normales³³.

³¹ BUCKLEY T.M. and Schatzberg A.F. On the Interactions of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis and Sleep: Normal HPA Axis Activity and Circadian Rhythm, Exemplary Sleep Disorders. *J Clin Endocrinol Metab* 90 (2005) 3106-14.

³² HAYASHI R, Wada H, Ito K, Adcock IM (2004). Effects of glucocorticoids on gene transcription. *Eur J Pharmacol* 500 (1-3): 51-62.

³³ SQUIRES, James. Applied animal endocrinology. CAB International, Oxon, UK. 2004.

Figura 3. Esquema de la respuesta general al estrés



Fuente: Trevisi E, Bertoni G. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Ital J Anim Sci* 2009; 8 (Suppl. 1): 265-286.

Según estudios se ha encontrado que la modificación por estrés crónico del ritmo circadiano del cortisol, tiene efectos sobre la respuesta al estrés del eje HPA, mostrando tras una situación de estrés un nivel mayor de cortisol los animales con bienestar más deplorable³⁴.

³⁴ DE JONG, I; *et al.*, Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. *Physiol Behav.* 2000. 68: 571-578.

5.5 MODELOS DE GESTACIÓN

En cuanto a los modelos de gestación, el alojamiento individual hace referencia a instalaciones limitadas provistas de un comedero y un bebedero individual. En el cual se le debe proporcionar a la cerda una alimentación adecuada y buen suministro de agua limpia, de igual manera tranquilidad y ambiente adecuado. Estudios indican que la proporción de cerdas gestantes alojadas individualmente es de casi el 70% en Europa, entre el 60 y 70% en Estados Unidos y entre el 50 y 60% en Australia y Nueva Zelanda³⁵. Por el contrario, el alojamiento colectivo implica que se puedan mantener albergadas en gestación un número mayor de animales garantizándoles las mismas necesidades que el sistema individual.

5.6 PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS

Respecto a los parámetros productivos y reproductivos, la eficiencia técnica y el control de los costos de producción cada vez son más importantes en producción porcina. Para optimizar la rentabilidad de una explotación, es necesario llevar a cabo una adecuada gestión técnica, para lo cual es sustancial contar con datos productivos fiables y unos parámetros de referencia con los que puedan ser comparados.

Un parámetro productivo es un dato imprescindible y orientativo, resultado de la experiencia y de factores propios de la raza en cuestión, así como el ambiente donde se desarrolla. Conocer estos parámetros de la cerda ayuda de gran manera tanto para fines productivos en las granjas, como para la planeación y formulación de los proyectos porcícolas, pues es necesario saber el número de pariciones, número y peso de lechones nacidos y también es fundamental analizar indicadores epidemiológicos como las tasas de natalidad y mortalidad³⁶.

³⁵ MANTECA, Op. Cit., p. 14.

³⁶ Parámetros técnicos y reproductivos en los cerdos. <http://www.agroproyectos.org>

En cuanto al parámetro de peso al nacimiento, se considera a un lechón con bajo peso cuando está entre 0,75 - 1,25 kg, peso mediano de 1,30 – 1,70 kg y peso alto 1,75 - 2,05 kg. Además, cada lechón por encima de los 14 nacidos, reduce 34 gramos el promedio de peso al nacimiento, y 45 gramos de aumento en el peso al nacimiento, produce un aumento de 88 gramos en el peso al destete, lo cual tiene un impacto considerable en la productividad³⁷.

La tasa de natalidad mide la frecuencia de los nacimientos ocurridos en un período en relación a la población total. Por el contrario, la tasa de mortalidad, mide la frecuencia de las defunciones ocurridas en un período en relación a la población total.

Es así como para asegurar la eficiencia de una empresa porcicultora se deben tener buenas tasas de producción y buenos parámetros productivos; como un buen peso de lechones nacidos. Todo esto depende de factores propios de la cerda (estado reproductivo: ovulación, ciclicidad, fertilidad, habilidad materna, producción láctea, etc.); todos estos factores pueden cambiar de acuerdo a los factores inherentes del ambiente (estrés, manejo, BPP, instalaciones, clima, alimentación) por todo esto es necesario suministrar al animal las mejores condiciones que lleven a un bienestar animal y buenas condiciones de salud para a su vez promover una buena expresión productiva de la hembra.³⁸

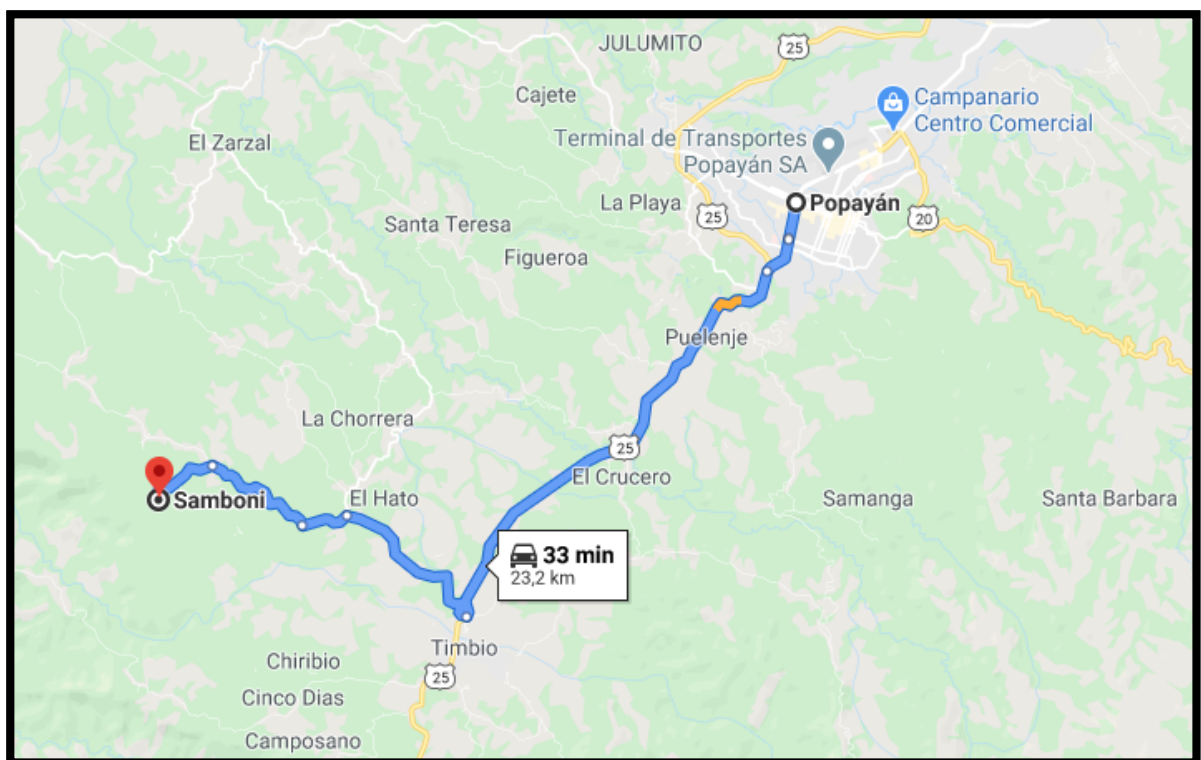
³⁷ PASCUAL, Javier. Peso del lechón al nacimiento. 2011.

³⁸ ARAQUE *et al.*, Efecto de dos tipos de raciones y cuatro alojamientos sobre el comportamiento productivo de cerdas gestantes. Venezuela. Avances en Investigación Agropecuaria. 2012. 16 (3):53-62.

5.7 MARCO GEOGRÁFICO

El proyecto se realizó en la Granja Porcícola Villa Alejandra localizada en la vereda Samboní Alto, ubicada al occidente del municipio de Timbío (Cauca), se encuentra a una distancia de 23,2 kilómetros de la ciudad de Popayán.

Figura 4. Lugar de ejecución del proyecto



Fuente: Google Maps, 2020

6. ESTADO DEL ARTE

6.1. INDUSTRIA PORCINA

El crecimiento demográfico en el mundo, aumenta a su vez la demanda de alimentos, primordialmente alimentos de origen animal, siendo la carne de porcino hoy en día, la principal fuente de proteína animal del mundo, la cual se ha basado en modelos de producción industrial para mejorar su efectividad en el mercado, generando un impacto en la actualidad bastante alto desde el bienestar animal hasta la degradación ambiental³⁹.

La industria porcina tiene como principal característica la habilidad de adaptarse a las necesidades del mercado. Una de las muchas ventajas es la seguridad alimentaria que se brinda al consumidor por medio de las buenas prácticas porcinas, entre estas, se ha empezado a incluir la gestación colectiva⁴⁰.

6.2 MANEJO DE LA GESTACIÓN

Las cerdas alojadas individualmente generan ventajas en la empresa porcina, se identifican con facilidad, se alimentan individualmente de acuerdo a su necesidad, separación de lotes, identificación fácil de hembras problema, instauración de tratamientos, se llevan a cabo con facilidad las labores técnicas diarias de limpieza del tren posterior entre otras brindando una zona segura para la manipulación de las cerdas al operario. Sin embargo, todas estas instalaciones resultan ser costosas y si no son bien diseñadas o bien manejadas se puede promover fácilmente el abatimiento y comportamientos estereotipados; a su vez, la producción en estas

³⁹ MENZI, H., STAUFFER W., ZIHLMANN, U., and WEISSKOPF, P. Environmental impact of porcine production. 1998.

⁴⁰ *Ibíd.*, p. 32.

jaulas puede repercutir de manera negativa limitando conductas normales en las cerdas como sus movimientos por el espacio tan reducido y su socialización, siendo estos importantes para el bienestar y la salud del animal⁴¹.

La gestación colectiva permite alojar grupos de hembras para dar un manejo colectivo, pero todo esto depende de cómo se organice el grupo, cuántos individuos lo integran y qué sistema de alimentación se llevará a cabo; la ventaja de ésta, es que la cerda puede manejar su propio confort.

6.3 ESTRÉS

Un organismo funciona correctamente debido al equilibrio dinámico llamado homeostasis; éste es desafiado por situaciones exógenas llamadas estresores y cuando éstas alteran la homeostasis se denomina estrés⁴².

Las tasas de fertilidad óptimas en una granja se estiman cerca del 85 al 90 %, esta depende de varias tasas: tasa de preñez, tasa de ovulación, tasa de parición y tasa de nacidos vivos entre otros; cualquier efecto estresante entre la 2 y 4 semana de gestación puede generar cambios negativos; esta es una etapa importante en la producción de la granja como: abortos, días abiertos, hembras repetidoras, infecciones uterinas y partos con lechones de bajo peso al nacer⁴³.

⁴¹ GÁLVEZ, L. Reproducción animal. Mundo pecuario. 2010.

⁴² CHARMANDARI, E.; *et al.*, Endocrinology of the stress response. Annu. Rev. Physiol., 2005. 67: 259-284.

⁴³ SPOOLDER, H., Geudeke, C., Van der Peet-Schwering, N., Soede, N. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. Livestock science. 125. 2009. pp. 1-14.

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Producción y Bienestar Animal.

7.2 TIPO DE ESTUDIO

Estudio experimental.

El objetivo de los estudios experimentales es estimar la eficacia de una intervención. En este caso, se determinará qué sistema de gestación (individual o grupal) representa mayor efectividad. En estos estudios se asume que los grupos que se comparan son similares, en contraste, se manejará un proceso de producción estandarizado, con variables controladas en cada grupo.

7.3 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo son los porcinos de la Granja Porcícola Villa Alejandra. La población objeto de estudio fueron las hembras porcinas a partir de segundo parto (multíparas), aparentemente en buen estado de salud.

n = 14 Hembras porcinas:

- 7 animales en gestación individual.
- 7 animales en gestación colectiva.

Nota: La preñez se realizó mediante sincronización e inseminación artificial (IA), procedimiento realizado bajo autonomía del propietario de la granja.

Se realizó un muestreo aleatorio simple, es decir, la selección al azar de las cerdas que integraron el modelo de gestación individual y grupal, de acuerdo a la identificación dada por el número de chapeta de cada animal, así:

7.3.1 Animales alojados en gestación individual

Tabla 1. Identificación de animales alojados en gestación individual

0403
0407
0416
0421
0423
0426
0431

Fuente: Propia del estudio

7.3.2 Animales alojados en gestación colectiva

Tabla 2. Identificación de animales alojados en gestación colectiva

0401
0406
0408
0410
0419
0422
0430

Fuente: Propia del estudio

7.4 RAZA Y/O ESTIRPE

Camborough.

7.5 INSTALACIONES (ALOJAMIENTO)

7.5.1 Gestación Individual

Fotografía 1. Modelo de gestación individual



Fuente: Propia del estudio

Tamaño de los corrales: 2,50 m de ancho.

3,00 m de largo.

1,40 m de alto.

Materiales de construcción:

Comedero: Cemento.

Bebedero: Cemento.

Suelo (cama): Filtro de piedra.

Guadua.

Cisco de madera.

Cascarilla de arroz.

Cerco: Guadua, madera.

Puerta: Madera.

Tejado: Zinc.

7.5.2 Gestación Colectiva

Fotografía 2. Modelo de gestación colectiva



Fuente: Propia del estudio

Tamaño del corral: 3,10 m de ancho.

8 m de largo.

1,30 m de altura.

Materiales ídem a los corrales individuales a excepción del suelo.

7.6 ALIMENTACIÓN

7.6.1 Plan de alimentación

CRÍA CERDOS LACTANCIA de Solla, es un alimento especializado para cerdas en fase de lactancia, cerdas vacías en fase de destete a servicio y cerdas al final de la gestación día 94 al parto, obteniendo así una mayor producción de leche y más kilos de lechón al destete⁴⁴.

Tabla 3. Composición CRIA CERDOS LACTANCIA

COMPOSICIÓN		
Proteína	Mínimo	16.0 %
Grasa	Mínimo	5.0 %
Fibra	Máximo	8.0 %
Cenizas	Máximo	9.0 %
Humedad	Máximo	13.0 %

Fuente: Propia del estudio

CRÍA CERDOS es un alimento para cerdas multíparas. Proporciona un excelente estado corporal, el cual tiene mucha implicación con la alta productividad⁴⁵.

⁴⁴ www.solla.com

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 38.

Tabla 4. Composición CRÍA CERDOS

COMPOSICIÓN		
Proteína	Mínimo	14.0 %
Grasa	Mínimo	3.0 %
Fibra	Máximo	8.0 %
Cenizas	Máximo	9.0 %
Humedad	Máximo	13.0 %

Fuente: Propia del estudio

7.7 PLAN SANITARIO

7.7.1 Vacunación

Porcilis® magestic de laboratorio MSD. Proporciona inmunización activa contra las enfermedades parvovirus porcina, leptospirosis y erysipelothrix. Las hembras del estudio se vacunaron 10 días después del parto.

7.7.2 Desparasitación

Vetermax® de laboratorio Veterland. Principio activo: doramectina, una lactona macrocíclica de la familia de las avermectinas. Es un antiparasitario de amplio espectro y larga duración. Se administra a dosis de 1cc por cada 33kg de peso vía intramuscular (IM) al día del destete.

7.8. VARIABLES DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

7.8.1 Variables de inclusión

Hembras gestantes y sanas, multíparas.

Lechones.

7.8.2 Variables de exclusión

Machos.

Hembras gestantes primíparas (nulíparas).

7.9 MATERIALES

Tabla 5. Materiales

Ítem	Descripción
Alcohol	Composición: Alcohol etílico impotabilizado 95%.
Algodón	Composición: Fibras de algodón natural (100%).
Soga	Composición: 80% poliéster blanco y 20% matizada de polipropileno texturizado de alta tenacidad.
Guantes	Composición: Látex.
Mascarilla facial	Composición: Tela no tejida. 100% polipropileno 3 capas.
Tubo para muestra	Tubo de extracción de sangre al vacío con tapón amarillo (Vacutainer BD). Composición: Recubierto con activador de coágulos y gel para la separación del suero. Referencia: VP500022S. Tamaño del tubo (mm): 13 100 x. Volumen (ml): 5.0ml.
Aguja de uso múltiple VACUETTE®	Calibre: 21G x 1 ½". Composición: Verde, estéril, no hecho con látex de caucho natural. Tamaño (mm): 0,8 x 38.
Soporte Vacutainer	Composición: Plástico.

Tabla 5. Continuación

Ítem	Descripción
Thermonevera para cadena de frío	Composición: Icopor. Capacidad: 5 litros. Tamaño: Largo x ancho x alto Interna: 23 cm – 15 cm – 15 cm. Externa: 27,5 cm – 19,5 cm – 22,5 cm.
Gradilla para tubos de ensayo	Composición: Icopor Capacidad: 100 tubos Tamaño: LxL 16 cm x 16 cm.
Almohadillas de TermoGel refrigerante	500 gramos cada unidad.
Marcador permanente	Rotulado de muestras.

Fuente: Propia del estudio

7.10 CRONOGRAMA DE MUESTREO

Teniendo en cuenta el día del inicio de la gestación (viernes 3 de enero) se realizaron dos muestreos por cada cerda para la determinación de cortisol en sangre, realizados a partir de las 7:00 a.m., distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 6. Cronograma de muestreos

No. Muestreo	Descripción	Fecha
1	Inicio de gestación Día 8	Sábado 11 de enero de 2020
2	Mitad de gestación Día 57	Sábado 29 de febrero de 2020

Fuente: Propia del estudio

7.11 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS

Se recolectaron 14 pruebas en cada muestreo, para un total de 28 muestras, las cuales se depositaron en tubos de extracción de sangre al vacío con tapón amarillo (Vacutainer BD) con capacidad para almacenar un volumen de 5 ml.

Para tal procedimiento, previa asepsia y antisepsia de la zona, estando el animal el cuadripedestación, se coloca la soga en su hocico para retener la cabeza hacia adelante y levantada. La persona encargada de tomar la muestra se ubica preferiblemente en el lado derecho o frente al cerdo. Posteriormente se identifica una depresión en la piel en área localizada craneal al manubrio del esternón, lateral a la línea media, a nivel de la oreja. Se busca la parte más profunda de la depresión donde se ubica la vena cava craneal y se desinfecta el área. Se coloca la aguja de uso múltiple VACUETTE® calibre 21G x 1 ½” sobre la piel en un ángulo de 60 a 90 grados y se introduce con ayuda del soporte o campana de vacutainer, finalmente

se coloca esta hacia arriba hasta encontrar el vaso, dejando que la sangre fluya hacia el tubo⁴⁶.

Fotografía 3. Toma de muestra de cortisol en sangre



Fuente: Propia del estudio

Se realizó una colecta de aproximadamente 3 ml de sangre por semoviente, se rotularon los tubos con el número de identificación de cada cerda y se colocaron sobre la gradilla dentro de la nevera de icopor e inmediatamente se llevaron al laboratorio veterinario ANIMAL LAB ubicado sobre la Carrera 7N No 17N- 41 B/ El Recuerdo de la ciudad de Popayán para el posterior análisis laboratorial.

⁴⁶ CASAS, Gloria. Protocolo de toma de muestra de sangre en porcinos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Comité de Bioética. Bogotá. 2013. p. 2.

Fotografía 4. Recolección de muestras



Fuente: Propia del estudio

El tubo vacutainer BD amarillo, contiene partículas de sílice para activar la coagulación. En el fondo del tubo se encuentra un polímero de gel, que durante la centrifugación por gradientes de densidad se ubica entre el suero y el paquete celular.

7.12 ANÁLISIS LABORATORIAL

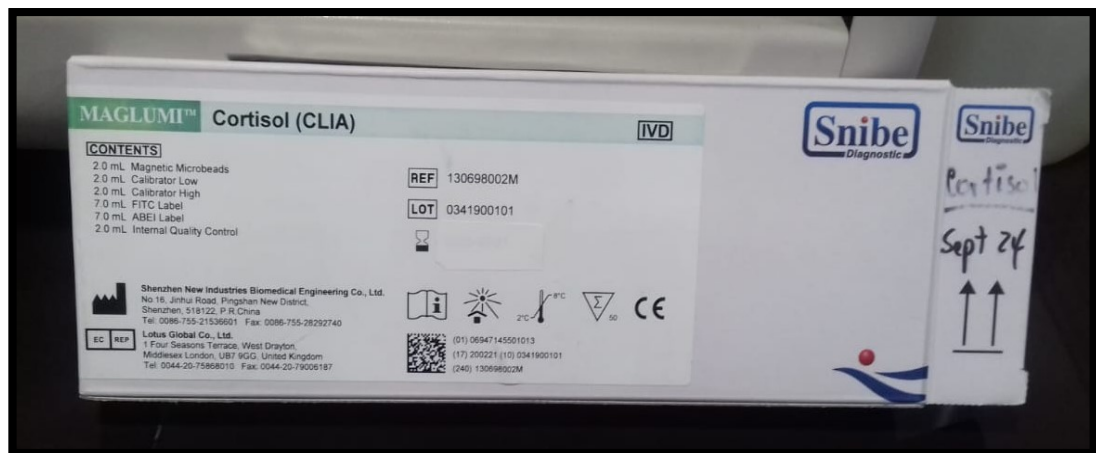
Las muestras fueron centrifugadas luego de un tiempo prudente para que se haya llevado a cabo el proceso de formación del coágulo, posteriormente se separa el suero y se almacena de 2 a 4°C para ser procesadas en las siguientes horas.

7.12.1 Determinación de cortisol

La determinación de cortisol por la técnica de inmunoensayo de quimioluminiscencia en sándwich, es una técnica que utiliza complejos de antígenos y anticuerpos para así generar un resultado perceptible; este inmunocomplejo es el que genera la señal que puede ser medida.

La técnica de inmunoensayo no competitivo o sándwich es el más específico y sensible, se emplean procesos de lavado que sirven para eliminar el exceso de reactivo marcado no unido, con lo que, la medición de la sustancia marcada (su actividad enzimática), es directamente proporcional a la cantidad de analito presente en la muestra con el anticuerpo. Una marca quimioluminiscente produce luz cuando se lo combina con un reactivo (catalizador), es decir, esta marca forma un conjugado con el antígeno o anticuerpo generando luz al combinarse⁴⁷.

Fotografía 5. Reactivo MAGLUMI Cortisol (CLIA)



Fuente: Propia del estudio

⁴⁷ CALLE, V.; RODRÍGUEZ, G. *Determinación de los niveles de cortisol durante y posterior al periodo de evaluación académica de los alumnos de la Escuela de Bioquímica y Farmacia de la Universidad de Cuenca*. 2015. Tesis Doctoral. Universidad de Cuenca, Azuay-Ecuador.

Rangos de calibración:

- Calibración mínima: 2.5 ng/ml.
- Calibración máxima: 600 ng/ml.

Respecto a la validez de esta prueba en animales, aunque este kit (MAGLUMI Cortisol CLIA) es de uso humano, tiene un rango de medición entre 2.5 – 600 ng/ml. De acuerdo a Cook⁴⁸, los valores límites de cortisol sanguíneo en la especie porcina fluctúan entre 9,78 y 128,68 ng/ml, lo cual está dentro de los rangos que abarca esta prueba y los resultados obtenidos del estudio igualmente. También es importante mencionar que se han realizado estudios empleando este kit en otras especies animales⁴⁹.

El ensayo CLIA, por su nombre en inglés (ChemiLuminescent Immuno Assay) es de tipo sándwich, en el cual el antígeno en la muestra del animal es sometido en la reacción sándwich; el anticuerpo covalentemente unido a las partículas paramagnéticas y el anticuerpo marcado con éster de acridina. Una relación directa existe entre la concentración de antígeno en la muestra del animal y la cantidad de luz emitida durante la oxidación del éster de acridina (colorante) en la cubeta⁵⁰.

⁴⁸ COOK, Nigel J., et al. Radioimmunoassay for cortisol in pig saliva and serum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, vol. 45, no 2, p. 395-399.

⁴⁹ LORA, Guijarro; ÁNGELA, M^a. Estudio del sistema de aturcido por CO2 en pavos y su efecto en el desangrado y parámetros relacionados con el bienestar animal. 2020.

⁵⁰ COLQUE MAMANI, N. *Evaluación de la sensibilidad y especificidad de dos métodos inmunoenzimáticos (quimioluminiscencia y ELISA)*.

Fotografía 6. Equipo automatizado de quimiolumiscencia MAGLUMI 1000 / Snibe



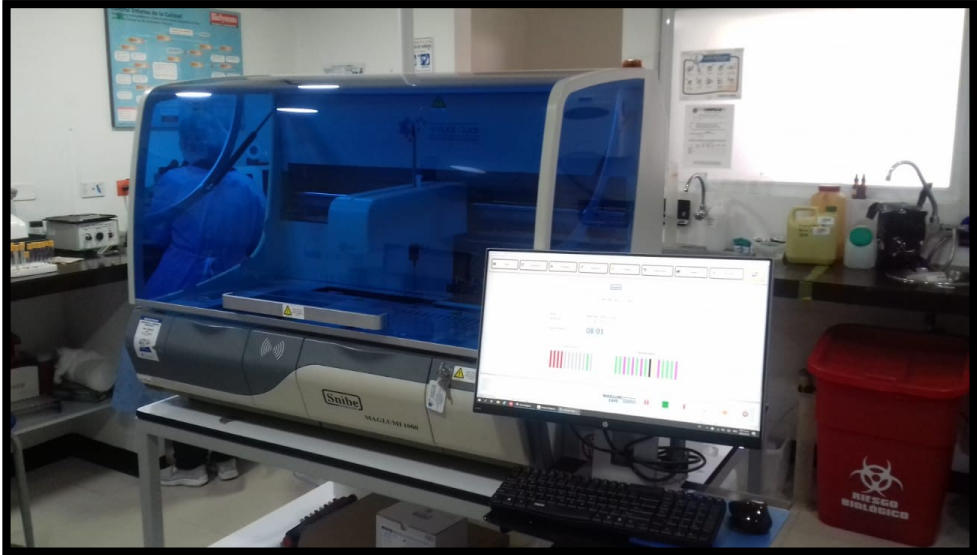
Fuente: Propia del estudio

Para cuantificar el analito en la muestra, el sistema inyecta automatizado un reactivo inicial y después otro reactivo en las cubetas conteniendo la mezcla de reacción. Esto dispara la reacción que resulta en la emisión de fotones de luz. El fotomultiplicador (PMT), un fotodetector, detecta los fotones de luz emitida y los convierte en pulsos eléctricos.

Los sistemas cuentan estos pulsos eléctricos, leen y los resultados se comparan con una curva maestra definida para cada ensayo, calculando la concentración⁵¹.

⁵¹ *Ibíd.*, p. 46.

Fotografía 7. Panel de control del equipo



Fuente: Propia del estudio

Formato de recepción de resultados

Figura 5. Ejemplo de formato de recepción de resultados de cortisol sérico

 Centro medico, Odontologico y laboratorio clinico	COMPULAB I.P.S. LABORATORIO PRIMERA IPS EN EL CAUCA CERTIFICADA NIT 900.336.930-2	 Laboratorio clínico DEPARTAMENTO DE SALUD HUMANA	
Página 1 De 1			
Paciente: CERDOS HEMBRA	Cédula: 0403	Teléfono: _____	Orden No.: 202003020074
Fecha y Hora de ingr: 2020-03-02 09:12	Fecha de impresión: 2020-03-02 04:32	Edad/Sexo: 1 Año	Femenino
Examen	Resultado	Unidades	Valores de referencia
CORTISOL	19.52	ng/ml *	52.00 - 350.00
 Dr. Migdalia Abella Bacteriología Instituto Colombiano de Salud Humana I.C.S.H.			
Técnica: QUIMIOLUMINISCENCIA EN SANDWICH La interpretación de este examen corresponde exclusivamente al Médico Bacteriologo MIGDALIA ABELLA			

Fuente: Propia del estudio

7.13 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS

Posteriormente se realiza el registro de los parámetros productivos y reproductivos; Inicialmente, el primer dato a coleccionar fue el número de lechones nacidos totales por cerda, se registró a continuación el número de lechones nacidos vivos, muertos por cerda y su respectivo peso mediante una planilla de registro diseñada para tal fin.

Fecha de partos (FP): viernes 24 de abril – miércoles 29 de abril de 2020.

Fotografía 8. Anverso de la planilla para el control de partos

Tipo de gestación	ID Cerda	Totales	Peso al nacimiento (gramos)
GESTACIÓN COLECTIVA	0401	Total lechones: 14 Vivos: 14 Muertos: 0	1214 - 1173 - 1121 - 1225 - 1192 - 1179 - 1236 - 1132 1161 - 1183 - 1228 - 1148 - 1172 - 118
	0406	Total lechones: 13 Vivos: 13 Muertos: 0	1281 - 1236 - 1187 - 1528 - 1273 1244 - 1151 - 1194 - 1258 - 1364 1279 - 1182 - 1283.
	0408	Total lechones: 12 Vivos: 10 Muertos: 2	1232 - 1183 - 1250 - 1288 - 1249 1375 - 1292 - 1386 - 1244 1317 - 1254 - 1310.
	0410	Total lechones: 14 Vivos: 11 Muertos: 3	1228 - 1284 - 1181 - 1157 - 1231 1311 - 1243 - 1190 - 1169 1237 - 1202 - 1177 - 1218 - 1189
	0419	Total lechones: 13 Vivos: 11 Muertos: 2	1286 - 1226 - 1379 - 1258 - 1335 1451 - 1287 - 1307 - 1239 - 1341 1416 - 1282 - 1197
	0422	Total lechones: 12 Vivos: 11 Muertos: 1	1179 - 1268 - 926 - 1237 - 1352 1278 - 1416 - 1233 - 1355 1289 - 1194 - 1247.
	0430	Total lechones: 15 Vivos: 12 Muertos: 3	1175 - 1082 - 1211 - 1127 994 - 1121 - 1234 - 1018 - 1195 1280 - 1196 - 1138 - 1236 - 1050.
GESTACIÓN INDIVIDUAL	0403	Total lechones: 13 Vivos: 12 Muertos: 1	1196 - 1291 - 1266 - 1422 - 1167 1389 - 1293 - 1342 - 1377 - 1435 1327 - 1297 - 1359.
	0407	Total lechones: 14 Vivos: 14 Muertos: 0	1202 - 1289 - 1266 - 1383 - 1181 1312 - 1157 - 1349 - 1417 - 1326 - 1279 - 1325 - 1381 - 1279

Fuente: Propia del estudio

Fotografía 9. Reverso de la planilla para el para el control de partos

0416	Total lechones: 9 Vivos: 9 Muertos: 0	1318 - 1265 - 1482 - 1367 - 1282 - 1479 - 1514 - 1498 1391.
0421	Total lechones: 11 Vivos: 10 Muertos: 1	1187 - 1313 - 1298 - 1374 - 1401 1355 - 1322 - 1436 - 1451 1379 - 1381
0423	Total lechones: 13 Vivos: 11 Muertos: 2	1148 - 1221 - 1179 - 1155 - 1287 - 1330 - 1243 - 1297 - 1187 - 1305 - 1211 - 1142 - 1193
0426	Total lechones: 12 Vivos: 11 Muertos: 1	1326 - 1191 - 1382 - 1315 - 1452 1287 - 1426 - 1340 - 1149 1338 - 1455 - 1287.
0431	Total lechones: 10 Vivos: 10 Muertos: 0	1290 - 1407 - 1479 - 1386 1485 - 1413 - 1530 - 1480 1345 - 1484.

2

Fuente: Propia del estudio

Fotografía 10. Báscula digital para el pesaje de lechones



Fuente: Propia del estudio

La tasa de natalidad, mortalidad, promedio y desviación estándar se realiza después de obtener los datos insertados en las planillas de registros. Se aplica una fórmula estadística para cada parámetro.

La media aritmética también llamada promedio o simplemente media, se la utiliza para calcular un valor representativo de los valores que se están promediando. Se puede definir como el estadígrafo que nivela los valores de la serie mediante la rebaja del exceso de valor en los datos mayores para incorporarlo a la falta de valor en los datos menores, por esta razón, puede ser denominada como un centro de gravedad de una distribución.

La desviación estándar o desviación típica (σ), es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

Fotografía 11. Pesaje de lechones en la báscula



Fuente: Propia del estudio

8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron sistematizados y tabulados en hojas de cálculo de Microsoft Excel (2019). Inicialmente la información fue analizada a través de estadística descriptiva; los datos obtenidos en los dos sistemas de gestación se estudiaron e interpretaron mediante la elaboración de tablas, gráficos y diagramas.

Principales fórmulas utilizadas:

Medidas de posición central:

Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{N}$$

Tasas de población:

$$\text{Tasa de natalidad: } TN = \frac{\text{Nacidos vivos registrados (NVR)}}{\text{Población (P)}} \times 100$$

$$\text{Tasa de mortalidad: } TM = \frac{\text{Nacidos muertos registrados (NMR)}}{\text{Población (P)}} \times 100$$

Medidas de dispersión:

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Luego del análisis descriptivo, los datos fueron corridos con el paquete estadístico IBM SPSS para Windows (Ver. 25.0; Armonk, NY, USA). Se evaluó la normalidad con los test de Shapiro Wilk y Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas con el test de Levene. Se tomó como nivel de significancia $P \leq 0.05$ y los datos son presentados como promedio \pm el error estándar.

Los niveles de cortisol fueron evaluados en un modelo lineal mixto; factor intra-sujetos: momento de medición de cortisol (inicio y mitad de la gestación), factor inter-sujetos: los dos tipos de gestación (individual y colectiva). Seguidamente se realizó un test de Sidak para comparaciones por pares como prueba post-hoc. La comparación del peso al nacimiento de los lechones, el porcentaje de lechones vivos y el porcentaje de lechones muertos se realizó mediante un test T de Student.

9. RESULTADOS

9.1 RESULTADOS DE MUESTREO DE CORTISOL SÉRICO

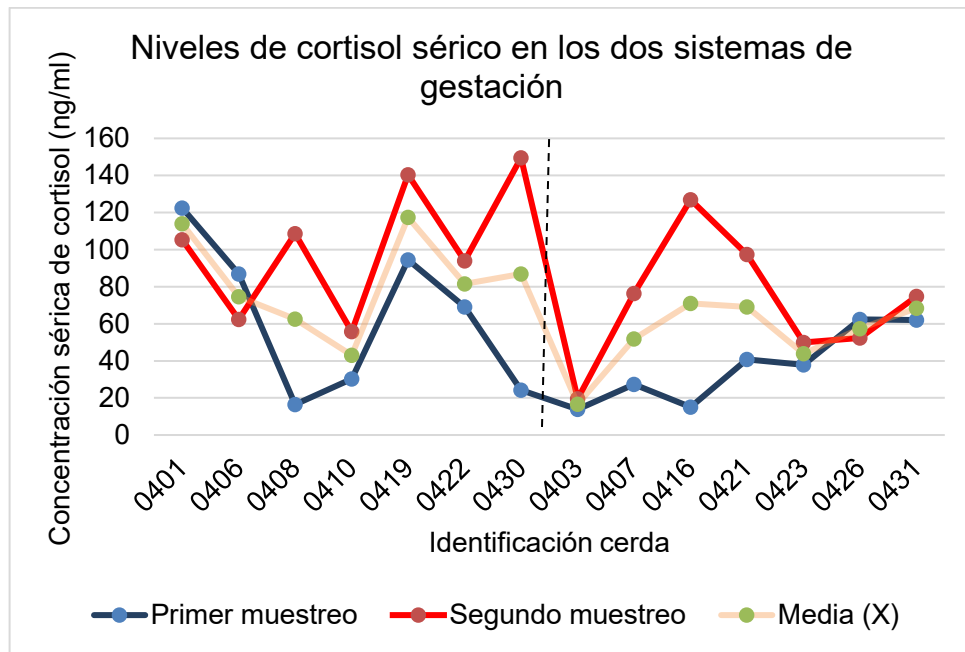
Tabulación de resultados

Tabla 7. Resultados muestreos de cortisol sérico

	IDENTIFICACIÓN CERDA	PRIMER MUESTREO (ng/ml)	SEGUNDO MUESTREO (ng/ml)	MEDIA (\bar{X})
GESTACIÓN COLECTIVA	0401	122.50	105.40	113.95
	0406	86.93	62.39	74.66
	0408	16.53	108.60	62.56
	0410	30.26	55.72	42.99
	0419	94.41	140.30	117.35
	0422	69.11	93.98	81.54
	0430	24.18	149.50	86.84
GESTACIÓN INDIVIDUAL	0403	13.84	19.52	16.68
	0407	27.33	76.39	51.86
	0416	15.08	126.90	70.99
	0421	40.79	97.46	69.12
	0423	37.85	50.00	43.92
	0426	62.37	52.41	57.39
	0431	61.95	74.85	68.4

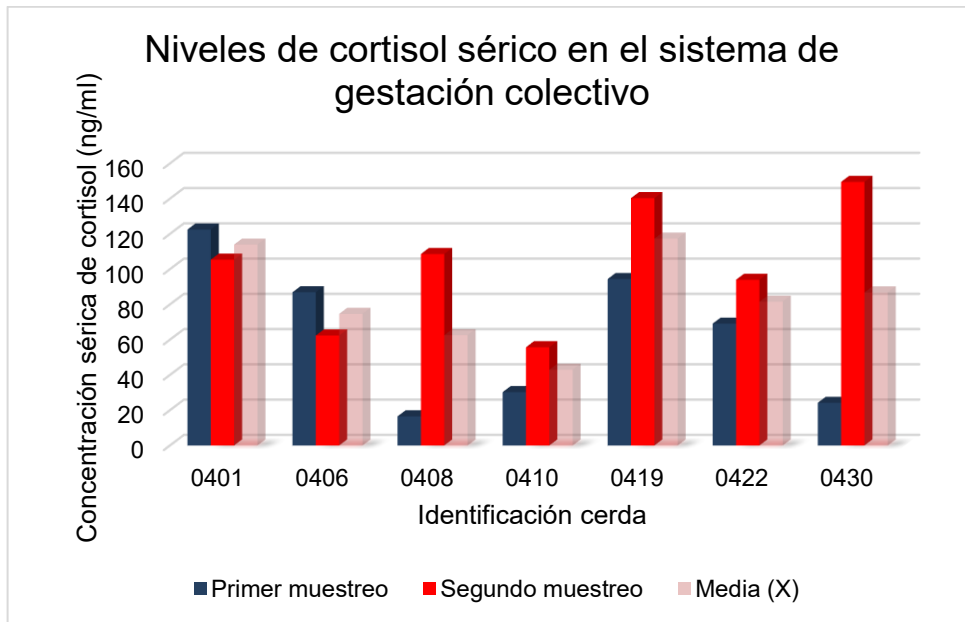
Fuente: Propia del estudio

Gráfica 1. Resultados de los niveles de cortisol



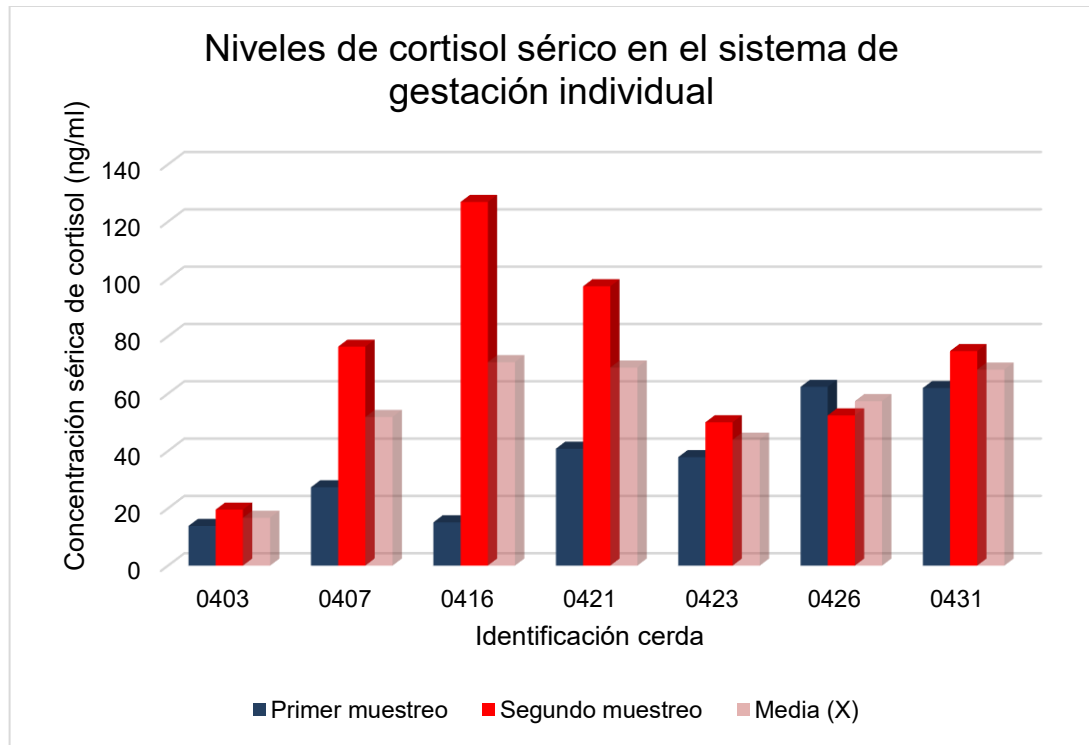
Fuente: Propia del estudio

Gráfica 2. Resultados de los niveles de cortisol en el sistema de gestación colectivo.



Fuente: Propia del estudio.

Gráfica 3. Resultados de los niveles de cortisol en el sistema de gestación individual



Fuente: Propia del estudio

De las anteriores gráficas es posible concluir que:

- Las cerdas identificadas con chapetas 0408, 0430 y 0416 presentaron las diferencias más altas de cortisol entre el primer y segundo muestreo.
- Once de las catorce cerdas del estudio (78.6%) presentaron un incremento en los niveles séricos de cortisol en el segundo muestreo respecto al primero.
- Las cinco cerdas con el valor de media (\bar{X}) más elevado (0419, 0401, 0430, 0422, 0406) se encontraron en el sistema de gestación colectivo.

9.2 RESULTADOS DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS (tasas de población, promedio de peso al nacimiento)

Tabulación de resultados

Tabla 8. Tabla de registro para el control de partos

Tipo de gestación	ID Cerda	Totales	Peso al nacimiento (gramos)
GESTACIÓN COLECTIVA	0401	Total lechones: 14 Vivos: 14 Muertos: 0	1214 – 1173 – 1121 – 1225 – 1192 – 1179 – 1236 – 1132 – 1161 – 1183 – 1228 – 1148 – 1172 – 1188. Promedio: 1182,3 g Desviación estándar: 33,85 g
	0406	Total lechones: 13 Vivos: 13 Muertos: 0	1281 – 1236 – 1187 – 1328 – 1273 – 1244 – 1151 – 1194 – 1258 – 1361 – 1279 – 1182 – 1283. Promedio: 1250,5 g Desviación estándar: 57,94 g
	0408	Total lechones: 12 Vivos: 10 Muertos: 2	1232 – 1183 – 1250 – 1288 – 1245 – 1375 – 1292 – 1386 – 1244 – 1317 – 1234 – 1310. Promedio: 1279,7 g Desviación estándar: 57.72 g
	0410	Total lechones: 14 Vivos: 11 Muertos: 3	1228 – 1284 – 1181 – 1157 – 1231 – 1311 – 1243 – 1190 – 1169 – 1237 – 1202 – 1177 – 1218 – 1189. Promedio: 1215,5 g Desviación estándar: 42.44 g
	0419	Total lechones: 13 Vivos: 11 Muertos: 2	1286 – 1226 – 1379 – 1258 – 1335 – 1451 – 1287 – 1307 – 1239 – 1341 - 1416 – 1262 – 1197. Promedio: 1306,5 g Desviación estándar: 72,47 g
	0422	Total lechones: 12 Vivos: 11 Muertos: 1	1268 – 1179 – 926 – 1237 – 1352 – 1278 – 1416 – 1233 – 1355 – 1289 – 1194 – 1247. Promedio: 1247 g Desviación estándar: 117.32 g

Tabla 8. Continuación

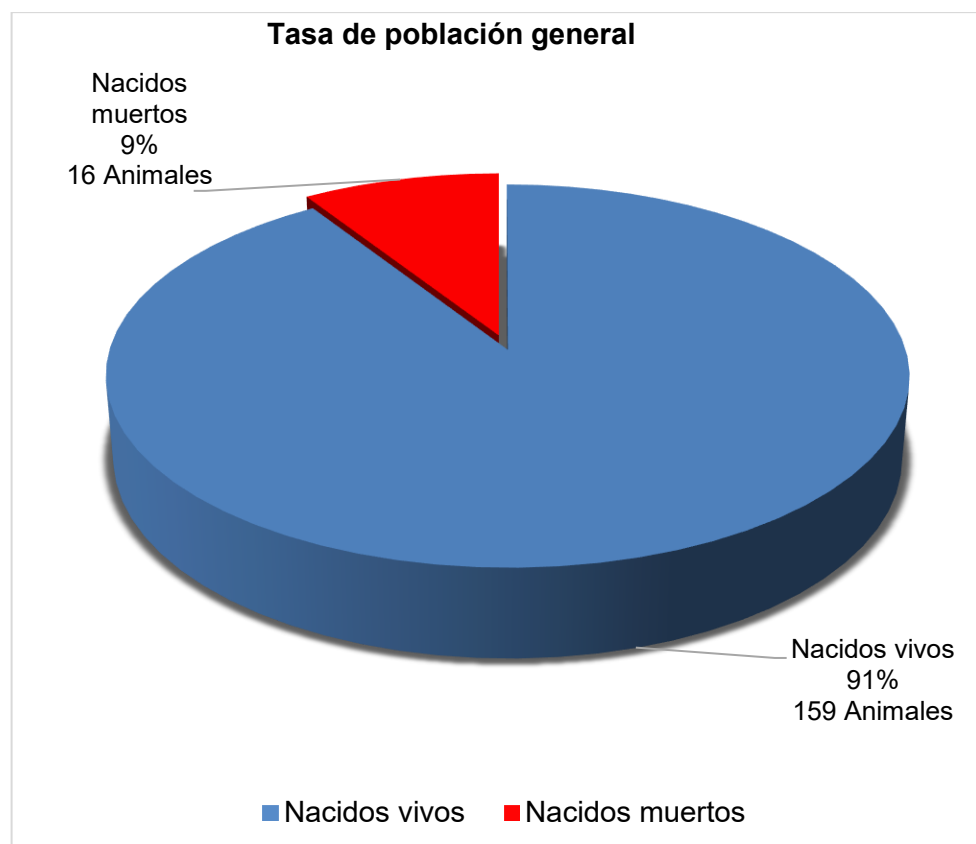
	0430	Total lechones: 15 Vivos: 12 Muertos: 3	1175 – 1082 – 1211 - 1127 – 994 – 1121 – 1234 – 1018 – 1195 – 1280 – 1282 – 1196 – 1138 – 1236 – 1056. Promedio: 1,156.3 g Desviación estándar: 86,94 g
GESTACIÓN INDIVIDUAL	0403	Total lechones: 13 Vivos: 12 Muertos: 1	1196 – 1291 – 1266 – 1422 – 1167 – 1389 - 1342 – 1293 – 1377 – 1435 – 1327 – 1297 – 1359. Promedio: 1,320.1 g Desviación estándar: 77,20 g
	0407	Total lechones: 14 Vivos: 14 Muertos: 0	1202 – 1289 – 1266 – 1383 -1181 – 1312 – 1157 – 1349 – 1417 – 1326 – 1279 – 1325 – 1381 - 1279. Promedio: 1,296.1 g Desviación estándar: 74,23 g
	0416	Total lechones: 9 Vivos: 9 Muertos: 0	1348 – 1265 – 1482 – 1367 – 1282 – 1479 – 1514 – 1498 – 1391. Promedio 1,402.9 g Desviación estándar: 89,13 g
	0421	Total lechones: 11 Vivos: 10 Muertos: 1	1187 - 1313 – 1298 – 1374 – 1401 – 1355 – 1322 – 1436 – 1451 – 1379 – 1321. Promedio: 1,348.8 g Desviación estándar: 69.11 g
	0423	Total lechones: 13 Vivos: 11 Muertos: 2	1148 – 1221 – 1179 – 1155 – 1287 -1330 – 1243 – 1297 – 1187 – 1305 – 1211 – 1142 – 1193. Promedio: 1,222.9 g Desviación estándar: 61,54 g
	0426	Total lechones: 12 Vivos: 11 Muertos: 1	1326 – 1191 – 1382 – 1315 – 1452 – 1287 – 1426 – 1340 – 1149 – 1338 – 1455 – 1287. Promedio: 1329 g Desviación estándar: 90,64 g
	0431	Total lechones: 10 Vivos: 10 Muertos: 0	1290 – 1407 – 1479 – 1386 – 1485 – 1413 – 1530 – 1480 – 1345 – 1484. Promedio: 1430 g Desviación estándar: 71,00 g

Fuente: Propia del estudio

En relación a la desviación estándar (σ) de los datos obtenidos en el estudio, se observa que la cerda identificada como 0401 presentó la σ más baja (33,85 g) lo cual denota que presentó una menor dispersión respecto a las demás, esto se traduce en que fue la cerda que presentó mayor uniformidad en los pesos de los lechones al nacimiento. Por el contrario, la cerda identificada como 0422 manifestó una dispersión mayor (117,32 g) en relación a las demás, esto significa que fue el animal que exhibió menor uniformidad en el pesaje de los lechones.

Tasas de población

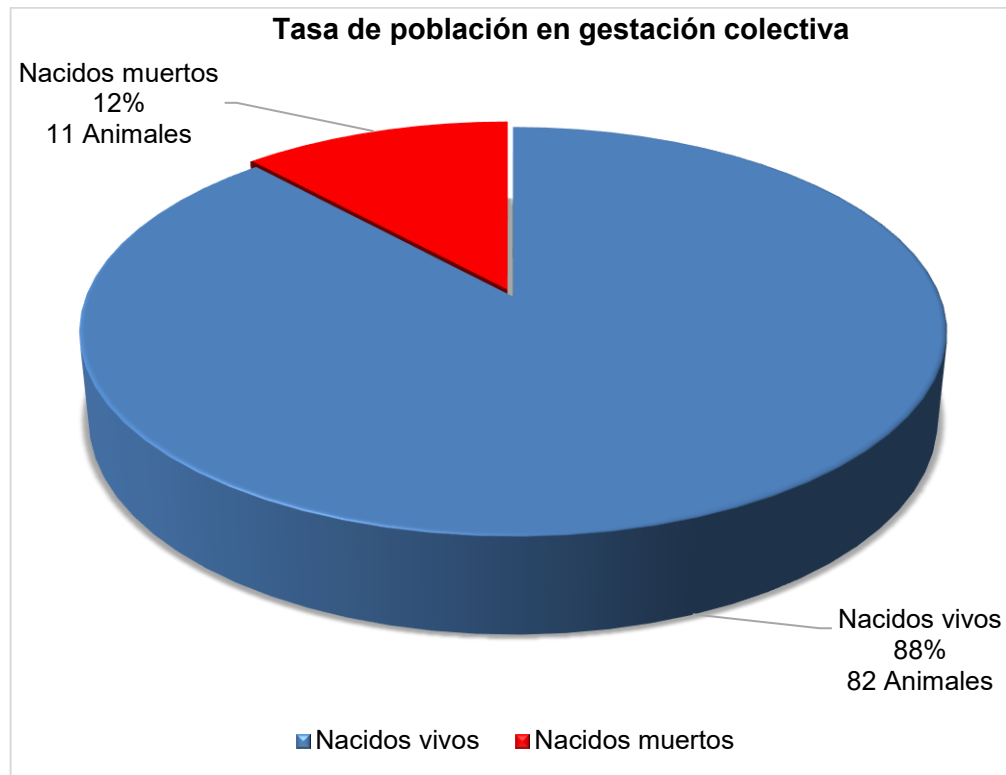
Gráfica 4. Tasa de natalidad y mortalidad general en el estudio



Fuente: Propia del estudio

De un total de 175 lechones nacidos en ambos sistemas de gestación, 159 nacieron vivos (90,9%) y 16 lechones nacieron muertos (9,1%).

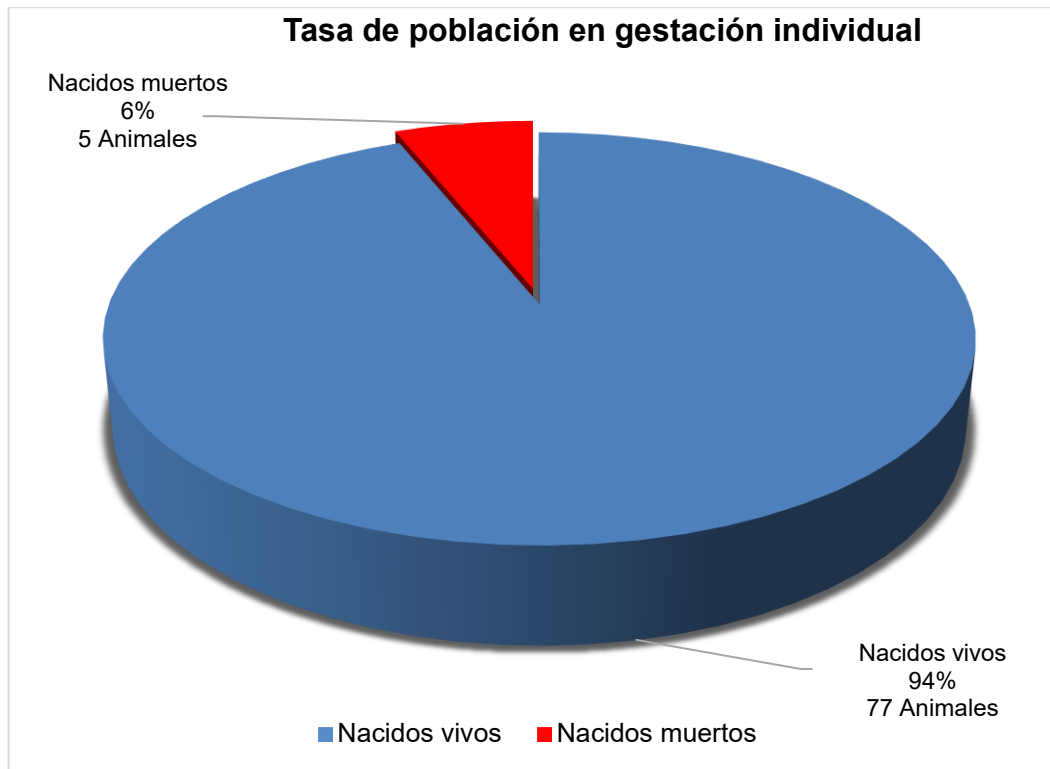
Gráfica 5. Tasa de natalidad y mortalidad en el sistema de gestación colectivo



Fuente: Propia del estudio

De un total de 93 lechones nacidos en el sistema de gestación colectivo, 82 nacieron vivos (88,3%) y 11 lechones nacieron muertos (11,7%).

Gráfica 6. Tasa de natalidad y mortalidad en el sistema de gestación individual

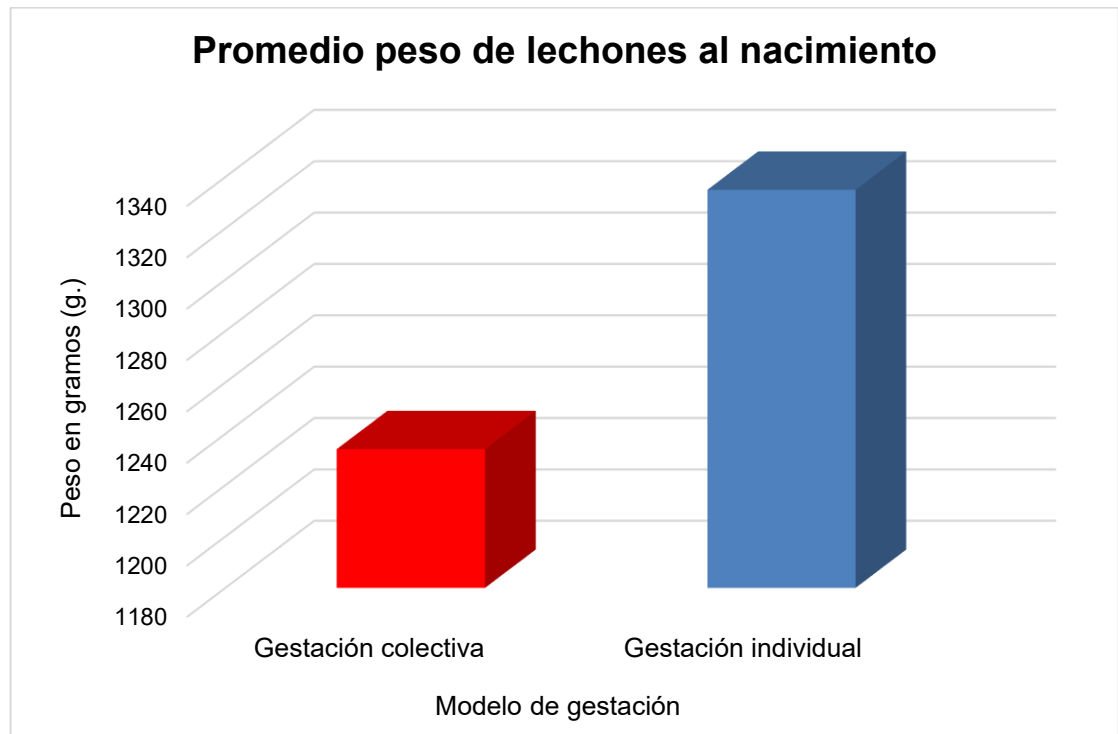


Fuente: Propia del estudio

De un total de 82 lechones nacidos en el sistema de gestación individual, 77 nacieron vivos (94,2%) y 5 lechones nacieron muertos (5,8%).

Promedio de peso al nacimiento en los sistemas de gestación

Gráfica 7. Valor promedio del peso de los lechones en ambos modelos de gestación



Fuente: Propia del estudio

Al calcular la media aritmética (\bar{X}) de los pesos obtenidos en los dos modelos de gestación, se obtuvo que el sistema de gestación individual, tuvo un promedio de 1,335 g, es decir, 101 g más que la media obtenida en el sistema de gestación colectiva cuyo valor fue de 1234 g.

Todas las variables evaluadas en el presente estudio tuvieron distribución normal, evaluadas con los test de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk ($P > 0,05$). Adicionalmente, hubo homogeneidad de varianzas por el test de Levene ($P > 0,05$).

En relación a los resultados del modelo lineal se encontró que los valores de cortisol en sangre en gestación colectiva tuvieron un valor significativamente superior ($P \leq 0,05$) que los valores encontrados en gestación individual ($82,8 \pm 2,3$, $54,05 \pm 2,3$, respectivamente) (Tabla 11, Gráfica 8).

Además, se encontró que el cortisol en sangre evaluado a la mitad de la gestación (día 57) fue significativamente superior ($86,6 \pm 2,5$) que el muestreo realizado al inicio de la gestación tomado al día 8 ($50,2 \pm 2,5$) ($P \leq 0,05$) (Tabla 13).

De otro lado, en la prueba T de Student se presentó un mayor promedio de peso de lechones al nacimiento en el sistema de gestación individual ($1,335 \pm 25,9$ g) en comparación al colectivo ($1,234 \pm 20,0$ g), con diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) (Gráfica 9).

Los nacidos vivos y los nacidos muertos no fueron diferentes estadísticamente en ambos modelos de gestación ($P > 0,05$).

Evaluación de resultados de cortisol

Resultados de normalidad de cortisol

Tabla 9. Prueba de Kolmogórov-Smirnov y de Shapiro-Wilk para los valores de cortisol en sangre

Pruebas de normalidad							
		Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl.	Sig.	Estadístico	gl.	Sig.
Primer muestreo	Gestación Colectiva	0,222	7	,200*	0,920	7	0,469
	Gestación individual	0,180	7	,200*	0,898	7	0,319
Segundo muestreo	Gestación Colectiva	0,155	7	,200*	0,937	7	0,608
	Gestación individual	0,154	7	,200*	0,981	7	0,966

Fuente: Propia del estudio

Tanto para la prueba de Kolmogórov-Smirnov y de Shapiro-Wilk, el valor de probabilidad estuvo por encima de 0,05 lo cual significa que se presenta una distribución normal.

Modelo Lineal Mixto

Tabla 10. Media y error estándar de los niveles de cortisol en sangre en dos muestreos consecutivos y en dos modelos de gestación

		Media	Error estándar
Primer muestreo	Gestación colectiva	63,4171	15,33278307
	Gestación individual	37,0300	7,546050055
	Total	50,2236	
Segundo muestreo	Gestación colectiva	102,2700	13,41007138
	Gestación individual	71,0757	13,18869878
	Total	86,6729	

Fuente: Propia del estudio

Tabla 11. Comparación de los niveles de cortisol en sangre en cerdas bajo dos modelos de gestación

		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
Gestación Colectiva	2	28,791*	12,419	0,039	1,732	55,850
Gestación Individual	1	-28,791*	12,419	0,039	-55,850	-1,732

^b Se tomó como nivel de significancia $P \leq 0,05$.

Fuente: Propia del estudio

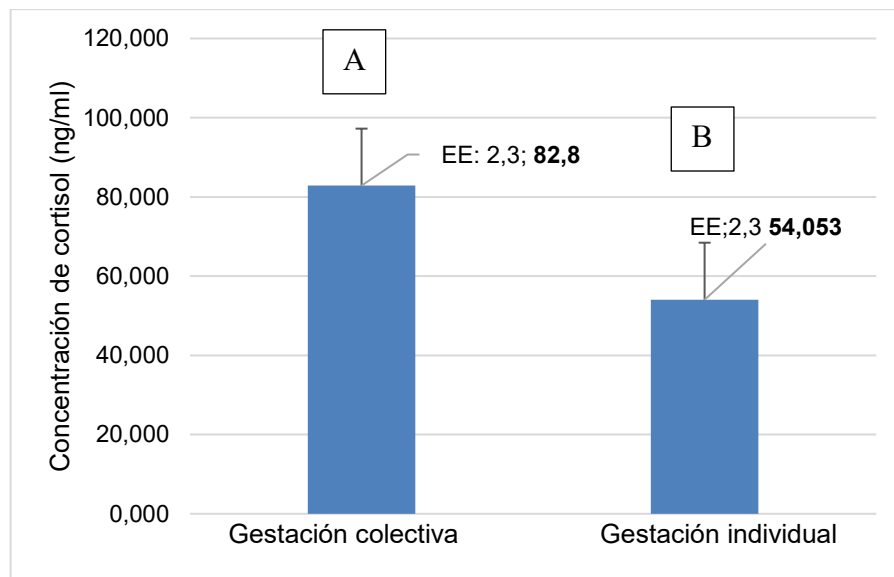
Tabla 12. Media y error estándar de los niveles de cortisol en sangre en cerdas bajo dos modelos de gestación

	Media	Intervalo de confianza al 95%
		Error estándar
Gestación Colectiva	82,844	2,347007553
Gestación Individual	54,053	2,347007553

Fuente: Propia del estudio

Los niveles de cortisol en gestación colectiva son significativamente superiores de la gestación individual.

Gráfica 8. Comparación de los niveles de cortisol en sangre en cerdas bajo dos modelos de gestación



Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Fuente: Propia del estudio

Tabla 13. Comparación de los niveles de cortisol en sangre en dos momentos de la gestación (día 8 y día 57)

	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
				Límite inferior	Límite superior
Día 8 de gestación	-36,449*	12,987	0,016	-64,746	-8,153
Día 57 de gestación	36,449*	12,987	0,016	8,153	64,746

^b Se tomó como nivel de significancia $P \leq 0,05$.

Fuente: Propia del estudio

Tabla 14. Media y error estándar de los niveles de cortisol en sangre en dos momentos de la gestación en cerdas (día 8 y día 57)

	Media	Intervalo de confianza al 95%
		Error estándar
Día 8 de gestación	50,224	2,283626143
Día 57 de gestación	86,673	2,51343458

Fuente: Propia del estudio

Los niveles de cortisol en el segundo muestreo son significativamente mayores que los obtenidos en el primer muestreo.

En relación con los resultados del test T de Student se encontró que el peso al nacimiento tuvo valores altamente significativos ($P \leq 0.01$) en los dos tipos de gestación, con valores promedio en gestación individual más elevados ($1335,7 \pm 25,9$) respecto al sistema de gestación colectivo ($1233,9 \pm 20,0$). Respecto a los

nacidos totales, porcentaje de vivos y muertos, no se encontró diferencia significativa entre los dos tipos de gestación ($P > 0.05$).

Evaluación de pesos de lechones

Tabla 15. Prueba de Levene para peso de lechones al nacimiento

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
Peso de lechones al nacimiento	Se asumen varianzas iguales	0,164	0,693
	No se asumen varianzas iguales		

Fuente: Propia del estudio

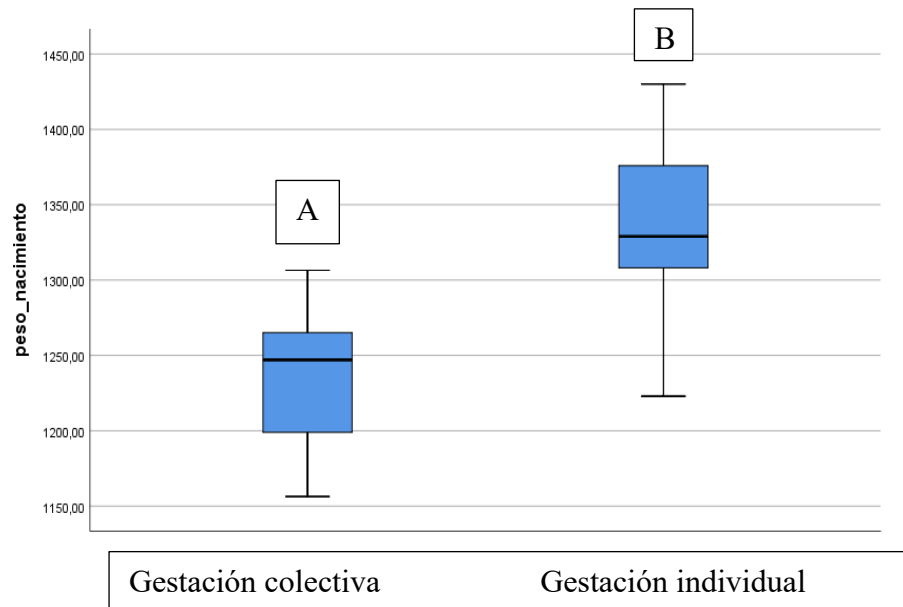
Tabla 16. Comparación por la Prueba T de Student para peso de lechones al nacimiento en dos modelos de gestación: individual y colectiva

Prueba T para la igualdad de medias							
	t	gl	^a Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	-3,107	12	*0,009	-101,71429	32,73218	-173,03157	-30,39700
No se asumen varianzas iguales	-3,107	11,286	*0,010	-101,71429	32,73218	-173,53552	-29,89305

^a Se tomó como nivel de significancia $P \leq 0,05$; * Se encontraron valores altamente significativos $P < 0,01$.

Fuente: Propia del estudio

Gráfica 9. Comparación del peso al nacimiento de lechones procedentes de cerdas bajo dos modelos de gestación



Fuente: Propia del estudio

El modelo de gestación colectivo presentó menor promedio de peso de lechones al nacimiento en comparación al modelo de gestación individual.

Porcentaje de vivos y muertos

Tabla 17. Porcentaje de vivos

		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Porcentaje de vivos	Gestación Colectiva	88,3143	9,00933	3,40521
	Gestación Individual	94,2143	5,96977	2,25636

Fuente: Propia del estudio

Tabla 18. Porcentaje de muertos

		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Porcentaje de muertos	Gestación colectiva	11,6857	9,00933	3,40521
	Gestación individual	5,7857	5,96977	2,25636

Fuente: Propia del estudio

Tanto el porcentaje de vivos como el porcentaje de muertos arrojaron resultados poco significativos.

10. DISCUSIÓN

Los hallazgos más relevantes de este estudio se centran en los valores séricos de cortisol, cuyo promedio en ambos modelos de gestación revela que el sistema de gestación colectivo presenta un valor más elevado (82,84 ng/ml) que el sistema de gestación individual (54,05 ng/ml), lo cual significa que en el sistema colectivo se presentó un grado de estrés mayor que en el sistema individual.

Así mismo, el valor promedio de cortisol en ambos sistemas de gestación fue mayor en el segundo muestreo que fue realizado a mitad de gestación (86,67 ng/ml) en relación al primero que fue realizado al inicio de la preñez (50,22 ng/ml); debido a que la media aritmética en cada modelo de gestación obtuvo un valor mayor para el segundo muestreo. Esto denota que las cerdas tuvieron una carga de estrés mayor para el último testeo, lo cual se puede evidenciar en la gráfica 1.

De acuerdo a la literatura consultada las concentraciones de cortisol basal en porcinos se encuentran entre un rango límite de 27 a 355 nmol/l⁵², lo cual equivale a 9,78 a 128,68 ng/ml, rango de calibración abarcado por el kit de Cortisol CLIA MAGLUMI (2,5-600 ng/ml). Algunos estudios que se han realizado han demostrado que cerdos que son sometidos a estrés durante tiempo prolongado presentan concentraciones medias iguales o superiores a 74,5 ng/ml⁵³, valor superado por el sistema de gestación colectivo en este estudio, de igual forma por el promedio del segundo muestreo. Lo cual constata que las cerdas presentaron un grado de estrés considerable en modelo de gestación colectiva y en el segundo muestreo realizado al día 57 de gestación.

⁵² COOK, Op. Cit., p. 46.

⁵³ SANTANA, A.P., L.S. Murata, C.P. McManus y F.E.M. Bernal. Dosagem de cortisol sanguíneo em suínos submetidos ao manejo pré-abate e insensibilização elétrica. Archivos de zootecnia vol. 58, núm. 221, p. 151.

Evaluando el peso de los lechones, se presentó un mayor promedio de peso de lechones al nacimiento en el sistema individual (1,335 g) en relación al grupal (1,234 g) con una diferencia de 101 gramos. Así mismo la cerda que presentó mayor uniformidad de peso de lechones al nacimiento fue la identificada con chapeta 0401 (33,85 g) y la cerda de menor uniformidad fue la 0422 (117,32 g), ambos animales pertenecientes al grupo de gestación colectiva.

Una de las razones por las cuales algunos resultados se encontraron dentro de los valores normales se pudo deber a que el tipo de construcción de la piara, en cuanto a materiales como la cascarilla de arroz, cisco de madera y guadua, entre otros, por ser ancestrales resultan ser más confortantes que las tecnificadas de cemento con paridera.

En cuanto al análisis de los parámetros productivos y reproductivos se obtuvo una superioridad numérica en la tasa de mortalidad en el sistema de gestación colectiva (11,7%) sobre el modelo individual (5,8%). Por el contrario, la tasa de natalidad fue mayor en gestación individual (94,2%) en comparación al sistema colectivo (88,3%). Esto significa que en relación a las tasas de población el modelo de gestación individual representó mayor eficacia.

En contraste, esta investigación concuerda con Belaulieu⁵⁴, en cuanto a que camadas más grandes dan como resultado un peso más bajo al nacer, pues en este estudio el modelo de gestación colectiva presentó un número mayor de lechones nacidos y menor promedio de peso, esta variable se ha asociado con mortalidad precoz y con disminución en el rendimiento del crecimiento, por lo que la falta de uniformidad en el peso corporal de las camadas es una preocupación. Es probable

⁵⁴ BEUAULIEU, A. D., Aalhus, J. L., Williams, N. H., & Patience, J. F. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. (2010). *J. Anim. Sci.*, 88, 2767-2778.

que se altere con facilidad el manejo de los cerdos en etapas posteriores de la producción, lo cual puede resultar en pérdidas de ingresos para el porcicultor⁵⁵.

⁵⁵ CANARIO, L., & Roppa, L. Manejo en porcinos-nutrición de los lechones en la fase de destete. (2002). Revisado 8 de marzo de 2016, from <http://www.vetefarm.com/nota.asp?not=5898sec=8###>

11. CONCLUSIÓN

En las últimas décadas el bienestar animal ha ido aumentando en importancia tanto moral, como económica. Con la elaboración de este proyecto se pone de manifiesto que el bienestar animal mediante la reducción de los niveles de estrés durante la gestación de los porcinos, tiene en muchos casos un efecto positivo sobre el rendimiento económico debido a la regulación de los parámetros productivos y reproductivos para obtener una mayor rentabilidad en el ámbito laboral.

Con base en los resultados del estudio, se concluye que el sistema de gestación individual presentó mayor eficacia respecto al modelo colectivo debido a que se obtuvieron niveles más bajos de cortisol sérico, método indicativo de estrés. También se encontró una tasa de mortalidad más baja y el promedio de peso de los lechones al nacimiento fue mayor en la gestación individual. Es así como el peso al nacimiento y la variación del mismo entre los individuos de una misma camada son importantes características económicas en la producción porcina.

12. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados recogidos en la presente investigación y al aporte bibliográfico de este documento, se sugiere mejorar las instalaciones empleadas para alojar cerdas en gestación, con el objetivo de disminuir los niveles de estrés para así mejorar el rendimiento o la eficacia productiva y reproductiva en los sistemas.

Aunque hay pocos estudios al respecto, de acuerdo a los resultados del estudio se recomienda implementar el sistema individual como el modelo ideal de gestación en cerdos, pues este puede representar bajo condiciones adecuadas, menos estrés al evitar conflicto entre los animales y un mejor bienestar.

Una vez concluido el presente trabajo, se pone a consideración del lector y la comunidad científica investigar acerca de otros métodos de medición de cortisol para la determinación de estrés (pelo, saliva, materia fecal, orina), con el objetivo de contrastarlos con los resultados obtenidos en este estudio y de esta forma seguir buscando la forma de contribuir al desarrollo de la porcicultura.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAQUE, H. GONZÁLEZ, C. FUENTES, A. SULBARÁN, L. Y MORA, F. ARAQUE. Efecto de dos tipos de raciones y cuatro alojamientos sobre el comportamiento productivo de cerdas gestantes. Venezuela. Avances en Investigación Agropecuaria.; 2012. Ed 16. Vol. 3. Pág. 53-62.

BECK JC, McGarry EE. Physiological importance of cortisol. Br Med Bull 1962; 18 (2): 134-40.

BEAULIEU, A. D., Aalhus, J. L., Williams, N. H., & Patience, J. F. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. (2010). J. Anim. Sci., 88, 2767-2778.

BERCKMANS, D. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 2014. Ed. 33. Vol. 1. Pág. 189-196.

BETANCUR, J. Determinación de causas e importancia de las mismas en la mortalidad de lechones en parideras dentro de la granja San Luis de Andes - Antioquia. Universidad de Antioquia, Caldas. 2009.

BRYTH BC, Billinsley GD, Cox DW. Physical and genetic mapping of the serpin gene cluster at 14q32.1: allelic association and a unique haplotype associated with alpha 1-antitrypsin deficiency. Am J Hum Genet 1994; 55 (1): 126-33. 17.

BRUNO, OD. ROSSI, MA. ALBEIRO, M. JUÁREZ-ALLEN, L. Usefulness of the 10:00-11:00 PM urinary cortisol/creatinine ratio versus late-night salivary cortisol to diagnosing Cushing's syndrome. The Endocrine Society Annual Meeting, Boston, USA. 2011.

BUCKLEY T.M.and Schatzberg A.F. On the Interactions of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis and Sleep: Normal HPA Axis Activity and Circadian Rhythm, Exemplary Sleep Disorders.J Clin Endocrinol Metab 90 (2005) 3106-14.

CHARMANDARI, E. Endocrinology of the stress response. Annu. Rev. Physiol., 2005. 67: 259-284.

CALLE, V.; RODRÍGUEZ, G. Determinación de los niveles de cortisol durante y posterior al periodo de evaluación académica de los alumnos de la Escuela de Bioquímica y Farmacia de la Universidad de Cuenca. 2015. Tesis Doctoral. Tesis). Universidad de Cuenca, Azuay-Ecuador.

CASAS, Gloria. Protocolo de toma de muestra de sangre en porcinos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Comité de Bioética. Bogotá. 2013. p. 2.

CANARIO, L., & Roppa, L. Manejo en porcinos-nutrición de los lechones en la fase de destete. (2002). Revisado 8 de marzo de 2016, from <http://www.vetefarm.com/nota.asp?not=5898sec=8###>

COLQUE MAMANI, N. Evaluación de la sensibilidad y especificidad de dos métodos inmunoenzimáticos (quimioluminiscencia y ELISA) frente al estudio histopatológico, en la determinación del antígeno prostático específico, en pacientes de la Caja Petrolera de Salud, octubre-mayo 2007-2008. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 2014.

COOK, Nigel J., et al. Radioimmunoassay for cortisol in pig saliva and serum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, vol. 45, no 2, p. 395-399.

CÓRDOVA, A. et al. Importancia del bienestar animal en las unidades de producción animal en México. REDVET. 2009. Vol. 10. N° 12.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, Corpoica, y Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Pronatta. Manual de porcicultura. Bogotá, D. C.: Promedios. 2013.

DALLA, P. MATTHEWS. R. ALESSANDRINI. B. MESSORI, S. and MIGLIORATI, G. Drivers for animal welfare policies in Europe. *Revue scient fique et technique (International Office of Epizootics)*, 2014. Ed. 33, Vol. 1, Pag. 39-46.

DALMAU A, Rodríguez P, Velarde A. 2006. Valoración del bienestar animal del cerdo. Parámetros evaluados en el matadero. *Eurocarne* 151: 47-56.

DE JONG, I.C. PRELLE, I.T. VAN DE BURG WAL, J.A. LAMBOOI J, E. KORTE, S.M. BLOKHUIS, H.J. y KOOLHAAS, J.M. Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. *Physiol Behav*. 2000. Vol. 68, Pag. 571-578.

DYCE, Keith M.; SACK, Wolfgang O.; WENSING, Cornelis Johannes Gerardus. *Anatomía veterinaria*. McGraw-Hill Interamericana. 1999.

FLORES, J., HARO, M. Cálculos para la planificación y control de empresas porcinas. 2005. Primera Edición, Mc Graw Hill.

FUENTES, M. Características reproductivas de la cerda e Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. En: Revista Electrónica de Medicina Veterinaria RedVet. 2006. Vol. 7, Nº 1, Pág. 1-36.

GALLO C. 2008. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. Vet Ital 44: 113-120.

GÁLVEZ, L. Reproducción animal. Mundo pecuario. 2010.

GUYTON, A, Hall J. Hormonas corticosuprarrenales. En: Tratado de fisiología médica. 9th Ed. México: McGraw-Hill Interamericana editores; 1997.

HARDMAN J, Limbird L, Ruddon R, Gilman A. Goodman y Gilman's the pharmacological basis of therapeutics. 10th Ed. New York: McGraw-Hill; 2001.

HARPER ME, Dugaiczky A. Linkage of the evolucionarily-related serum albumin and alpha-fetoprotein genes within q11-22 of human chromosome 4. Am J Human Genete 1983; 35: 565-72.

HAYASHI R, Wada H, Ito K, Adcock IM (2004). Effects of glucocorticoids on gene transcription. Eur J Pharmacol 500 (1-3): 51-62.

LAC, G. Saliva assays in clinical and research biology. Pathol Biol. 2001. 49: 660-667.

LORA, Guijarro; ÁNGELA, M^a. Estudio del sistema de aturcido por CO₂ en pavos y su efecto en el desangrado y parámetros relacionados con el bienestar animal. 2020.

LIN HY, Muller YA, Hammond GL. Molecular and structural basis of steroid hormone binding and release from corticosteroid-binding globulin. *Mol Cell Endocrinol* 2010; 316 (1): 3-12.

MARTÍN, P. OVEJERO, I. MATEOS, A. y VILLARROEL, M. Cortisol en saliva como indicador de estrés porcino. (2013). *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*.

MANTECA, X. Bienestar animal en explotaciones de porcino. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 2011. Vol. 24, N° 3, Pág. 303-305.

MARCHANT, J.N., RUDD, A.R. y BROOM, D.M. *Applied Animal Behavior Science*. 1997. 55: 67-78.

MENZI, H. STAUFFER, W. ZIHLMANN, U. and WEISSKOPF, P. Environmental impact of the porcine plein-air. *Proc. RAMIRAN-conference*. Rennes (F). 1998.

MELLOR DJ, Cook, CJ, Stafford KJ. 2000. Quantifying some responses to pain as a stressor. In: Moberg GP, Mench JA (eds). *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*. UK: CABI Publishing. p 171-198.

MORRISON, R. S. JOHNSTON, L. J. Y HILBRANDS A. M. The behavior, welfare, growth performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a conventional confinement system. *App Anim Behav Sci*. 2007. 103: 12-24.

MORROW, J. Swine stress and pathogen shedding. *Swine welfare fact sheet*. 2002. Vol. 1, N° 4.

MUCA, G. Niveles de cortisol en saliva de cerdas reproductoras durante el destete, el estro y la inseminación y su relación con la fertilidad. *Universidad de Murcia*. 2011.

RAMÍREZ, F. Cría y levante de porcinos en corral y a la intemperie. Bogotá: Grupo Latino Editores. 2009.

ROBERTS, S. MATTE, J.J. FARMER, C. GIVAND, C.L. y MARTINEAU, G.P. Applied Animal Behaviour Science. 2003. 37: 297-309.

ROBINSON, S. ROBINSON, M.V. LEVRINO, G.M. Estas de bienestar en cerdos comerciales en tres sistemas de alojamiento en España. Archivos de Zootecnia, 2003. 52: 453- 462.

SANTANA, A.P., L.S. Murata, C.P. McManus y F.E.M. Bernal. Dosagem de cortisol sanguíneo em suínos submetidos ao manejo pré-abate e insensibilização elétrica. Archivos de zootecnia. Vol. 58, núm. 221, p. 151.

SPOOLDER, H. Geudeke, C. Van der Peet-Schwering, N. Soede, N. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. Livestock science. 125. Pág. 1-14. 2009.

SQUIRES, J. Applied animal endocrinology. CAB International, Oxon, UK. 2004.

OTOVIC P, Hutchinson E. 2015. Limits to using HPA axis activity as an indication of animal welfare. Altex 32: 41-50. doi: 10.14573/altex.1406161.

PASCUAL, J. Peso del lechón al nacimiento. 2011.

PETZ, L. Antiglobulin sera, past, present and future. Transfusión. 1978. 18:257.

TROLLIET, Juan Claudio. Productividad numérica de la cerda factores y componentes que la afectan (Cátedra de Producción Porcina), Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 2005.

VANNIER, P. Michel, V. and Keeling, L. J. Science-based management of livestock welfare in intensive systems: looking to the future. *Revue scientifique et technique* (International Office of Epizootics). 2014. 33 (1): 153-160.