

Informe final de trabajo de investigación

Efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos sonoros, sobre las manifestaciones clínicas, las lesiones anatomopatológicas y parámetros productivos en porcinos

Estudiante

Santiago Duque Arias

Director

Berardo de Jesús Rodríguez, MV, Esp, PhD

Comité asesor

Juliana Zapata, MV, MSc, cPhD

María Consuelo Ramírez, MV, MSc

Maestría en ciencias veterinarias - Modalidad de Investigación

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Antioquia

Medellín

2021

Cita nota al pie

1

Bibliografía

Duque Arias, Santiago. "Efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos sonoros, sobre las manifestaciones clínicas, las lesiones anatomopatológicas y parámetros productivos en porcinos". Trabajo de investigación, Universidad de Antioquia, 2021.



Maestría en ciencias veterinarias, UdeA.

Grupo de Investigación en Patobiología QUIRÓN.

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Liliana Mahecha.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer a muchas personas, que me han prestado su apoyo durante este proceso investigativo y mi transcurso en el posgrado. En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor de maestría, Berardo Rodríguez, que es un profesor que no solo me guio, sino que me acompañó durante este proceso, y me inculcó el amor por la Patología. A los integrantes de mi Comité de asesores, Juliana Zapata y María Consuelo Ramírez, que me brindaron su apoyo durante mi crecimiento como patólogo y me orientaron en mi investigación.

Agradezco infinitamente a mi familia, a mi padre y mi madre, que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y lo que puedo llegar a ser. A mis hermanas, sobrinos y sobrinas, por creer en mí, y brindarme todo su amor.

Agradezco a mis amigos y amigas más cercanas, a todos y todas mis compañeras de oficina, y los docentes que aportaron en mi formación en el posgrado, ya que todos directa o indirectamente, aportaron en mi crecimiento académico y personal.

Agradezco a Edimer David Jaramillo, que, gracias a su aporte en el análisis estadístico, permitió que el desarrollo de esta tesis fuera posible. Admiro su amor y conocimiento por la estadística y la ciencia.

Por último y no menos importante, quiero agradecer a Libardo Jiménez, operario de la Hacienda la Montaña, quien, sin su ayuda, no se habría podido realizar y llevar a finalización esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

1. LISTA DE TABLAS	6
2. LISTA DE FIGURAS	7
3. LISTA DE ABREVIATURAS	9
4. RESUMEN GENERAL.....	11
5. INTRODUCCIÓN	13
6. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	17
6.1. Objetivo General	17
6.2. Objetivos Específicos.....	17
6.3. Hipótesis Alterna	17
6.4. Hipótesis Nula.....	17
7. CUERPO DEL TRABAJO.....	18
7.1. Marco Teórico:	18
Concepto de bienestar animal	18
Estrés en la especie porcina.....	18
Enriquecimiento acústico y bienestar	23
Examen clínico en la porcicultura	25
Patología del sistema respiratorio porcino	26
7.2. Metodología Propuesta	31
Consideraciones éticas.....	31
Sistema productivo	31
Animales, instalaciones y alimentación.....	31
Estímulos acústicos	32
Experimento.....	32

Evaluación de las manifestaciones clínicas	33
Análisis macroscópico, toma de muestras de pulmón e histopatología	35
Parámetros productivos	37
Evaluación de agentes infecciosos respiratorios por PCR.....	39
Análisis Estadístico	40
7.3. Resultados	49
Evaluación de las manifestaciones clínicas	49
Evaluación de agentes infecciosos respiratorios por PCR.....	65
Evaluación Anatomopatológica.....	66
Evaluación de parámetros zootécnicos	79
7.4. Discusión	84
Evaluación de las manifestaciones clínicas	84
Efecto del tratamiento sobre la presentación de agentes infecciosos y evaluación de lesiones pulmonares	89
Parámetros productivos	94
8. CONCLUSIONES	98
9. BIBLIOGRAFÍA.....	100
10. ANEXOS	113
10.1. Anexo 1: Formato de indicaciones para examen semanal	113
10.2. Anexo 2: Formato de evaluación por corral	116
10.3. Anexo 3: Formato de indicaciones para examen clínico individual	120
10.4. Anexo 4: Formato de evaluación clínica individual	122
10.5. Anexo 5. Diccionario de variables.....	124

1. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lesiones macroscópicas pulmonares en cerdos debido a agentes infecciosos relacionados con el estrés.....	28
Tabla 2. Lesiones microscópicas pulmonares en cerdos debido a agentes infecciosos relacionados con el estrés.....	29
Tabla 3. Formato para la evaluación de lesiones microscópicas pulmonares.....	36
Tabla 4. Modelos seleccionados para el análisis de las lesiones histopatológicas.	46
Tabla 5. Comparación de signos clínicos entre GC y GT en examen clínico semanal ..	51
Tabla 6. Comparación de lesiones de piel entre GC y GT en examen clínico semanal .	52
Tabla 7. Valor P de los hallazgos al examen clínico de variables categóricas entre el GC y GT en el E11 y E12.	58
Tabla 8. Comparación entre los valores promedio, mínimos y máximos de los parámetros fisiológicas entre el GC y GT, en el E11 y E12.	63
Tabla 9. Comparación de parámetros fisiológicos en el examen clínico individual entre el GC y GT en el E11 y E12.....	64
Tabla 10. Comparación de resultados de las PCR entre el GC y GT.....	65
Tabla 11. Comparación de la extensión de las lesiones macroscópicas pulmonares entre el GC y GT.	67
Tabla 12. Comparación de proporciones de características descriptivas macroscópicas de los pulmones del GC y GT.	69
Tabla 13. Valor P de la comparación entre el GC y GT con respecto a las lesiones histopatológicas.....	74
Tabla 14. Proporción de severidad de diagnósticos histopatológicos entre GC y GT.	76
Tabla 15. Comparación de pesos y ganancia diaria de peso entre el GC y GT. Todos los valores están expresados en kilogramos.....	79
Tabla 16. Comparación de los parámetros de calificación de la canal entre el GC y GT. El Valor P fue obtenido a través de un modelo lineal.	82

2. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de puntos para el marcaje en el dorso de los cerdos de la investigación.....	34
Figura 2. Comparación de la presentación de signos clínicos no relacionados a lesiones de piel entre el GC y GT en el examen clínico semanal, entre la semana 2 (semana 5 de vida) y 10 (semana 14 de vida) de la investigación.....	50
Figura 3. Comparación de la presentación de lesiones de piel entre el GC y GT en el examen clínico semanal, entre la semana 2 (semana 5 de vida) y 10 (semana 14 de vida) de la investigación	52
Figura 4. Análisis multivariado de correspondencia múltiple de dos dimensiones comparando el GC y GT.	54
Figura 5. Análisis multivariado de correspondencia múltiple dinámico de dos dimensiones comparando el GC y GT	55
Figura 6. Análisis multivariado de correspondencia múltiple de dos dimensiones comparando el GC y GT en el EI1	56
Figura 7. Análisis multivariado de correspondencia múltiple de dos dimensiones comparando el GC y GT en el EI2	57
Figura 8. Comparación del número de lesiones de piel y severidad en Orejas entre el GC y GT en el EI1 y EI2.....	59
Figura 9. Comparación del número de lesiones de piel y severidad en la Parte delantera del cuerpo entre el GC y GT en el EI1 y EI2	60
Figura 10. Comparación del número de lesiones de piel y severidad en la Cola entre el GC y GT en el EI1 y EI2.....	61
Figura 11. Comparación del tipo de lesión de piel presentadas entre el GC y GT en el EI1	62
Figura 12. Comparación del tipo de lesión de piel presentadas entre el GC y GT en el EI2.....	63
Figura 13. Comparación de los resultados de la 4-Plex PCR entre GC y GT	66

Figura 14. Comparación de distribución del porcentaje de afección de los pulmones ...	68
Figura 15. Comparación de las lesiones histopatológicas presentadas entre el GC y GT a través de un Análisis Multivariado de Correspondencia Múltiple.....	70
Figura 16. Comparación del score obtenido del GC y GT de las lesiones histopatológicas.....	71
Figura 17. Correlaciones positivas y negativas entre lesiones histopatológicas	73
Figura 18. Comparación entre los diagnósticos histopatológicos pulmonares	76
Figura 19. Severidad de los diagnósticos histopatológicos entre el GC y GT.	77
Figura 20. Diagnósticos histopatológicos de mayor presentación en el pulmón.	79
Figura 21. Comparación entre los pesos entre el GC y GT.....	81
Figura 22. Línea de tendencia del peso con respecto al tiempo (días) entre el grupo GC y GT.	81
Figura 23. Líneas de tendencia entre el GC y GT de los parámetros de calificación de la canal.....	83

3. LISTA DE ABREVIATURAS

Término	Abreviatura
<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i>	APP
<i>Actinobacillus suis</i>	AS
Análisis de componentes principales	ACP
Análisis multivariado de correspondencia múltiple	AMCM
Bienestar animal	BA
Capacidad de retención de agua	CRA
Circovirus porcino 2	PCV2
Chi cuadrado	χ^2
Coronavirus respiratorio porcino	CRPv
Criterio de información de Akaike	AIC
Enfermedad de Aujeszky	PHV-1
Espesor de grasa dorsal	EGD
Examen Individual 1	EI1
Examen individual 2	EI2
Factor de necrosis tumoral alfa	TNF α
Frecuencia cardiaca	FC
Frecuencia respiratoria	FR
Ganancia diaria de peso	GDP
Grupo control	GC
Grupo tratamiento	GT
<i>Haemophilus parasuis</i>	HP
Influenza porcina	SIV
Interleuquina	IL
Máximo	Mx
Mínimo	Mn

<i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	MH
Natural Killer	NK
Organización mundial de la salud animal	OIE
Peso a la semana 14	P14
Peso ajustado a los 160 días	P160
Peso al destete	PD
Peso al nacimiento	PN
Peso canal caliente	PCC
Peso canal refrigerada	PCF
Polimorfonucleares neutrófilos	PMN
Porcentaje de canal magra de la canal	CMC
Profundidad del músculo del lomo	PML
Promedio	Pr
Reacción en cadena de la polimerasa	PCR
<i>Salmonella cholerasuis</i>	SC
Síndrome respiratorio y reproductivo porcino	PRRS
Sistema nervioso central	SNC
<i>Streptococcus suis</i>	SS
Temperatura rectal	TR

4. RESUMEN GENERAL

Actualmente, la producción porcina se enfrenta a una alta demanda de productos cárnicos, de buena calidad, pero también a exigencias en mejoras en las condiciones de bienestar animal (BA), por parte de los consumidores. Sin embargo, en la producción intensiva, los animales sufren de estrés, tanto agudo como crónico, que les genera a los cerdos estados emocionales negativos, como miedo, frustración, entre otros. Esto genera detrimento de la salud de los porcinos, debido a las alteraciones en el sistema nervioso central y autónomo, en el sistemas endocrino e inmune, produciendo cambios sistémicos que pueden ser perjudiciales para el individuo. De igual manera, se generan pérdidas económicas como consecuencia de la alteración de los parámetros productivos de las granjas. Una opción para disminuir el estrés en la producción y mejorar las prácticas de bienestar es utilizar enriquecedores ambientales. Uno de los tipos de enriquecimiento ambiental menos estudiados es el sonoro. Por lo anterior, se plantea esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos sonoros, originales y compuestos para las características de la especie porcina, sobre las manifestaciones clínicas, las lesiones anatomopatológicas y varios parámetros productivos en cerdos de abasto. La hipótesis de esta investigación fue: existen diferencias significativas en la presentación de signos clínicos, lesiones anatomopatológicas y varios parámetros productivos, entre los cerdos enriquecidos y no enriquecidos. El estudio se realizó en la granja porcina de la Hacienda La Montaña de la Universidad de Antioquia, donde se incluyeron 21 cerdos en el grupo tratamiento (GT) y 20 cerdos en el grupo control (GC); el primer grupo fue expuesto a un enriquecimiento con estímulos musicales ajustados a la especie porcina, a partir de estudios previos realizados por el grupo de investigación (Resultados pendientes por publicación de Juliana Zapata), mientras que el segundo no fue enriquecido con música. En ambos grupos se evaluó el estado clínico al inicio, durante y al finalizar el experimento. Posterior al beneficio se tomaron muestras de los pulmones, y se

analizaron macroscópica y microscópicamente, y se realizó PCR para *Mycoplasma hyopneumoniae*, Circovirus porcino tipo 2, *Streptococcus suis*, *Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Actinobacillus suis* y *Haemophilus parasuis*. También, se evaluaron parámetros productivos como: ganancia de peso, peso de la canal (caliente y refrigerada), porcentaje magro de la carne y espesor de la grasa dorsal al sacrificio. En los resultados se evidenció al examen clínico que el GT presentó menor cantidad de lesiones de piel de orejas, parte delantera y cola ($p < 0.05$). Además, el GT tuvo una frecuencia cardíaca menor ($p < 0.001$). Con relación a los parámetros zootécnicos, no hubo diferencia significativa entre los pesos de los cerdos entre los grupos evaluados. Se evidenció tendencia en el TG a presentar mayor porcentaje de carne magra y profundidad del lomo ($p < 0.1$); y una menor pérdida de peso en la refrigeración de la canal ($p = 0.0005$). En la evaluación anatomopatológica se evidenció que el GT presentó menor cantidad y severidad de algunas lesiones microscópicas (congestión vascular, depósitos de fibrina y presencia de pigmentos) de forma significativa ($p < 0.05$), que el GC. En los resultados de las PCR realizadas, se observó que ambos grupos presentan una infección natural por *Mycoplasma hyopneumoniae*, mientras que, únicamente el GC presentó positividad a Circovirus porcino tipo 2. Es posible concluir que, el enriquecimiento ambiental con música ajustada a la especie tiene un efecto en la salud y los parámetros productivos, por tanto, ser una herramienta útil para el mejoramiento del bienestar animal y la productividad en granjas.

5. INTRODUCCIÓN

La carne de cerdo es la segunda más consumida en el mundo, después de las aves de corral, representando el 28% de la carne producida a partir de animales de abasto (FAO, 2020). En Colombia, según el DANE, la producción de carne porcina se destaca frente a otras industrias cárnicas. En el cuarto trimestre de 2019 se realizó beneficio de 1348895 cabezas de ganado porcino, comparado al bovino que ocupa un segundo puesto con 881936 (DANE, 2019); además, Antioquia, es el departamento con mayor producción, ya que duplica el número de cabezas porcinas al beneficio (583068 en el en el cuarto trimestre de 2020) de Cundinamarca, el segundo lugar en producción (237057 cabezas) (DANE, 2019). Como ha comunicado el DANE, el consumo de carne de cerdo en Colombia va en aumento, casi duplicando su consumo en un periodo de 10 años (2.72 kg/habitante en el 2001 vs 5.16 kg/habitante en el 2011) (DANE, 2019). Sin embargo, los consumidores exigen productos cárnicos más económicos y con mejor calidad; por esto es necesario evaluar nuevas prácticas que permitan aumentar el rendimiento productivo en la porcicultura.

La industria porcina busca a través de prácticas intensivas mejorar su productividad, sin embargo, este modelo productivo recibe actualmente fuertes críticas de algunos sectores sociales, lo que está generando cambios en el mercado, ya que los consumidores exigen mayores estándares de calidad y de bienestar animal (Bousfield y Brown 2010; Miranda-de la Lama et al., 2017; Renggaman et al., 2015). Asimismo, estudios sociológicos demuestran que la sociedad demanda mejorar el bienestar animal e implementar cambios éticos, sociológicos y económicos, que esto implica (Miranda-de la Lama et al., 2017).

El BA no es un concepto nuevo, desde hace más de 50 años, el gobierno británico adoptó las cinco libertades de los animales, formuladas por Roger Brambell, las cuales

fueron luego acogidas por diferentes organizaciones, entre ellas la organización mundial de la salud animal (OIE). Sin embargo, en los países donde se realiza la mayor producción animal (Brasil, India y China), la regulación del bienestar animal aún es poca o ausente (Buller et al., 2018).

En Suramérica, las prácticas de BA en las cadenas productivas no son una prioridad, debido a las condiciones socioeconómicas y culturales del subcontinente (Romero y Sánchez, 2012). Aunque, en Colombia el BA se encuentra legislado por la resolución número 020148 de agosto de 2016, ésta únicamente contempla las 5 libertades de los animales estipuladas por la OIE, las cuales no abarcan completamente las necesidades de los animales de producción, ya que no contempla un amplio rango de estados negativos, como miedo, soledad, aburrimiento, entre otros, ni la generación de experiencias positivas, como placer, interés, confort, etcétera. (Mellor, 2016). Webster (2008) propone, para incorporar el tema de bienestar animal en la sociedad, es necesario definir claramente el concepto, evaluarlo y aplicarlo a través de estrategias prácticas y realistas, además, generar una revaloración de los animales en la sociedad. Es importante considerar que realizar prácticas asociadas al BA, genera beneficios económicos para la producción, debido a la disminución en la mortalidad neonatal, conductas de agresividad, e incidencia de enfermedades, entre otras (Velarde et al., 2015).

En la porcicultura, se realizan prácticas que ocasionan estrés agudo y crónico, ambos tipos de estrés producen alteración en la función del sistema inmune (Luo et al., 2017). Estas prácticas pueden generar: estrés social, relacionado con la reagrupación; el estrés ambiental, debido a cambios en la temperatura, humedad, luz, concentración de gases y sonido; estrés metabólico, se da cuando se genera restricción de agua y alimento; estrés inmunológico, debido a que los animales tienen que estar en constante reto con los agentes infecciosos; y el estrés por manejo, generado por prácticas de hacinamiento, castración, recorte de cola, entre otros (Martínez-Miró et al., 2016).

Varios autores han evaluado las pérdidas económicas generadas por la presencia tanto del estrés crónico como agudo en la producción porcina. En España se ha demostrado que la carencia de prácticas de BA, generan retraso en el crecimiento de los cerdos, y esto ocasiona gastos de aproximadamente 5 € por cerdo producido (Martínez et al., 2007). Asimismo, la literatura reporta que las granjas donde se observa un constante ambiente estresante, produce un aumento en la incidencia de enfermedades, lo que genera un aumento en los costos veterinarios, que representan aproximadamente el 10% de los gastos de una producción (Harley et al., 2012; Krieter, 2017); adicionalmente, cuando se genera estrés, se presentan alteraciones en la calidad, como carne pálida, blanda y exudativa, o carne oscura, firme y seca; lo que en Inglaterra produce pérdidas anuales en la porcicultura hasta de 12.660.000 £ (Harley et al., 2012).

Estas pérdidas económicas generadas por el estrés en los cerdos, se deben a un detrimento en su salud, debido a que el estrés genera inmunodepresión y deficiencia para responder frente a los agentes patógenos, que afectan principalmente los sistemas gastrointestinal y respiratorio, en donde se presentan complejos de enfermedad que engloban unos agentes primarios y agentes oportunistas, que causan lesiones, que afectan sistémicamente la salud de los animales (Pluske et al., 2018; Qin et al., 2018).

Debido a que el estrés genera afección en la salud de los cerdos, aumenta los gastos económicos en la producción, disminuye el BA, lo que incrementa las exigencias de los consumidores y nuevos marcos legales. Por lo anterior, es necesario buscar alternativas de manejo de bajo costo que permitan solucionar estos problemas. Una opción es utilizar enriquecedores ambientales, que estimulen el comportamiento exploratorio de los animales, y por ende, mejoran el bienestar de los animales (Velarde et al., 2015). Uno de los tipos de enriquecimiento ambientales menos estudiados es el

sonoro. Este se ha investigado principalmente en animales de compañía (Snowdon et al., 2015).

Snowdon et al. (2015) propone que “la música sólo será efectiva si es apropiada para los sistemas sensoriales y de comunicación de cada especie”. Es por esto, que, en esta investigación se realizó enriquecimiento sensorial con estímulos musicales, originales y compuestos para las características de la especie porcina. Estas características se determinaron en una investigación previa (Resultados pendientes por publicación de Juliana Zapata). Con estos estímulos se pretende disminuir el estrés, como una opción para mejorar la salud de los cerdos y reducir la presentación de lesiones principalmente en el sistema respiratorio.

La evaluación del efecto del enriquecimiento debe incluir diferentes dimensiones y por esto se propuso incluir en la investigación parámetros clínicos, fisiológicos y productivos, adicionalmente la patología permite validar los hallazgos encontrados. Es por esto por lo que, para valorar el efecto de los estímulos sobre las lesiones pulmonares, se realizó un estudio anatomopatológico. Este tipo de análisis se ha utilizado poco hasta la fecha para evaluar el efecto de los enriquecedores en las producciones animales intensivas. Sin embargo, sí es ampliamente usado en planta de beneficio, para analizar el estado sanitario respiratorio de los cerdos, siendo esta información comúnmente empleada para monitorear la incidencia de lesiones, calificar la severidad e identificar los factores de riesgo (Shima y Garba, 2014). Para un análisis más profundo, la evaluación microscópica, permite determinar los procesos patológicos que afectan a los individuos y seleccionar un diagnóstico morfológico, que permita relacionar con los agentes que afectan la producción, además, de identificar la naturaleza de las lesiones, como agudas o crónicas (Jubb et al., 2016).

6. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

6.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos sonoros, sobre las manifestaciones clínicas, lesiones anatomopatológicas y varios parámetros productivos en porcinos.

6.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los efectos de estímulos sonoros sobre la manifestación de signos clínicos en cerdos en producción.
- Evaluar los efectos de estímulos sonoros sobre la presentación de lesiones macroscópicas y microscópicas en pulmón, en cerdos de abasto.
- Evaluar los efectos de estímulos sonoros sobre varios parámetros productivos en cerdos de abasto.

6.3. Hipótesis Alterna

Existen diferencias significativas en la presentación de signos clínicos, lesiones anatomopatológicas y varios parámetros productivos, entre los cerdos enriquecidos y no enriquecidos.

6.4. Hipótesis Nula

No existen diferencias significativas en la presentación de signos clínicos, lesiones anatomopatológicas y varios parámetros productivos, entre los cerdos enriquecidos y no enriquecidos.

7. CUERPO DEL TRABAJO

7.1. Marco Teórico:

Concepto de bienestar animal

El BA se ha descrito de diferentes maneras, la OIE lo define como “el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere”. Velarde et al. (2015) proponen que en el concepto es necesario incluir el funcionamiento biológico del animal, su estado emocional y la capacidad de mostrar comportamientos propios de la especie. Otros especialistas en el bienestar animal lo definen como el estado en que un individuo vive saludablemente, feliz y seguro (Koknaroglu y Akunal, 2013). Es importante destacar, que todos los autores concuerdan, en que el BA no solo incluye un estado de salud física, ya que se ha demostrado que un animal puede tener un buen estado productivo y de salud, y sufrir de un amplio rango de estados psicológicos negativos, como miedo, frustración, entre otros (Buller et al., 2018).

El BA y el estrés constantemente se han considerado estados opuestos, sin embargo, estos se encuentran estrechamente ligados, ya que, aunque el BA no se puede concebir en un ambiente hostil o estresante, el estrés sí busca restablecer el bienestar del individuo a través de complejos mecanismos biológicos para mantener la homeostasis en el organismo (Etim et al., 2014).

Estrés en la especie porcina

El estrés se define como el grupo de eventos, ocasionados por un estímulo, que generan una reacción en el encéfalo, activando el sistema fisiológico de ataque/escape en el cuerpo (Dhabhar y McEwen 1997). El estrés está relacionado directamente con el sistema endocrino, ya que estimula la liberación de epinefrina y norepinefrina, gracias al eje simpato-adrenal-medular, y la liberación de corticoides y corticotropina, por el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (Nomura, 2012). La fisiología de un organismo va a sufrir

cambios debido a los efectos del proceso estresante, como el redireccionamiento de la energía, direccionamiento del oxígeno y nutrientes al sistema nervioso central (SNC) y al sitio de estrés; también aumento de la frecuencia cardíaca y la presión sanguínea por la alteración en el tono cardiovascular; aumento en la gluconeogénesis y la lipólisis. El proceso estresante también desencadena detoxificación, inhibición de la reproducción y del crecimiento; contención de la respuesta de estrés y de la respuesta inmune (Tsigos y Chrousos, 2002).

Existen diferentes formas de clasificar el estrés:

1. Según los efectos que genera; se clasifica como inmunoprotector, inmunopatológico e inmunoregulador.

El estrés inmunoprotector se define como las respuestas que promueven una eficiente cicatrización, eliminación de infecciones y células neoplásicas, y regula la respuesta antigénica. El estrés inmunopatológico incluyen procesos inflamatorios crónicos, autoinmunes y respuestas frente a antígenos inocuos. Y la respuesta inmunoreguladora es la acción de las células y factores que regulan otras células inmunes (Dhabhar, 2014).

2. Según la duración del proceso estresante; se clasifica como, estrés agudo y estrés crónico.

El estrés agudo se caracteriza por presentar una duración de minutos a horas, y sus efectos desaparecen al finalizar el proceso estresor. Asimismo, está relacionado con un efecto inmunoprotector, debido a que, se genera mayor presentación antigénica y liberación de citoquinas quimotácticas que permiten la llegada de células leucocitarias. Este estrés prepara el sistema cardiovascular, músculo-esquelético y neuroendocrino para una respuesta de ataque o huida (Dhabhar, 2014). En el estrés agudo, los estímulos sobre el sistema nervioso autónomo, generan la liberación de epinefrina de la

médula adrenal, ocasionando aumento de la temperatura, frecuencia y profundidad en la respiración (Koknaroglu y Akunal, 2013; Stevenson et al. 2016).

Luego, si el estímulo persiste, se pasa al estado de estrés crónico, entonces, el sistema inmune se ve comprometido, haciéndose insuficiente y generando un periodo de agotamiento; en este periodo se da una disminución en el rendimiento, susceptibilidad a las enfermedades y un retraso en el crecimiento (Koknaroglu y Akunal, 2013). El estrés crónico dura horas, días, semanas y hasta meses, además de presentar lesiones aún después de haberse detenido el proceso estresor; se caracteriza por tener un efecto inmunopatológico, debido a que suprime la respuesta innata y adaptativa del sistema inmune. El estrés crónico genera entre muchas cosas, la disminución en la movilización y proliferación leucocitaria, producción de anticuerpos y citoquinas, disminución en la actividad de las células natural killer (NK), el rechazo a los injertos, la disminución de la actividad y proliferación de las células T (CD4+ y CD8+) y de la proliferación y actividad fagocítica de los macrófagos (Dhabhar, 2014; Divyashree et al. 2015; Tsigos y Chrousos 2002).

Desde otro punto de vista, el estrés puede clasificarse como “estrés bueno” y diestrés. El “estrés bueno” se da cuando el individuo tiene la capacidad de resolver una situación estresante sin afectar el funcionamiento orgánico del animal, como sucede en la mayoría de las ocasiones con el estrés agudo. Mientras que, el diestrés, se da cuando el estímulo estresor afecta el bienestar del animal, generando un costo biológico en el individuo, afectando múltiples de sus funciones orgánicas (reproductivas, inmunológicas, comportamentales, entre otras) (Moberg y Mench, 2000).

Por todo lo anterior el estrés crónico causa desbalances fisiológicos, aumentando la susceptibilidad a la enfermedad. Diferentes estudios han demostrado esto; Tuchscherer et al. (2009) inocularon cerdos que presentaban estrés crónico social (aislados) con lipopolisacáridos de *E. coli*, estos exhibieron lesiones más fuertes y una duración mayor de la signología asociada que el grupo control. Posteriormente, Tuchscherer et al.

(2018) observaron en un experimento similar la disminución de la liberación del Factor de necrosis tumoral alfa (TNF α) y pérdida en la relación entre células T CD4+ y CD8+. Hessing et al. (1994) y De Groot et al. (2001) relacionaron el estrés en los cerdos con la predisposición a la infección por el Herpesvirus porcino 1 (Enfermedad de Aujeszky), aumentando su morbilidad y mortalidad. Varios autores han observado que la disminución en la proliferación leucocitaria, principalmente linfocitaria, generada por el estrés, es debido a la supresión en la expresión de mitógenos específicos para cada tipo de linfocitos (Gimsa et al., 2018); relacionado con esto, hay otros autores que proponen que se debe a la apoptosis de linfocitos de los tejidos linfoides debido al daño en el DNA generado por el estrés crónico (Divyashree et al., 2015). El efecto del estrés es sistémico, permitiendo una susceptibilidad a diversos agentes que pueden generar enfermedades en el cerdo, por esto es importante resaltar los efectos directos que tiene el estrés sobre el sistema respiratorio porcino, teniendo en cuenta que es uno de los sitios de entrada de los agentes patógenos, y que es uno de los sistemas afectados con más frecuencia y recurrencia en la industria porcina (Lee et al., 2016).

En el sistema respiratorio, aunque bien se sabe que el estrés crónico genera una predisposición a la presentación de enfermedades, existe muy poca información bibliográfica, sobre la afección directa del estrés en los órganos del sistema respiratorio. La literatura en la medicina humana, reporta la presentación de mayor severidad en enfermedades como el asma en personas que presentan estados psicológicos negativos, además del deterioro de la función pulmonar; asimismo, se ha observado una menor expresión de citoquinas antiinflamatorias como IL 10 en respuesta a agentes como la Influenza (Lehrer, 2006).

En varios estudios de medicina humana, se ha observado que diferentes tipos de estresantes crónicos, como el estrés laboral, la contaminación, entre otras, generan una disminución en el funcionamiento y el desarrollo pulmonar en niños (Kubzansky et al., 2006). Sin embargo, en animales, son pocos los estudios que han evaluado el efecto

directo del estrés en el sistema respiratorio. En la literatura se ha reportado un aumento en la sinergia entre virus y bacterias en terneros estresados, donde al igual que los cerdos, son comunes las infecciones bacterianas secundarias (Proudfoot y Habing, 2015). En cerdos, el estrés crónico por malas condiciones ambientales y de manejo se ha relacionado con la presentación del complejo respiratorio porcino, el cual se caracteriza por presentar coinfección por agentes primarios y oportunistas, entre los primarios, se destacan el virus del Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino (del inglés, PRRS), la Influenza porcina (del inglés, SIV), el Circovirus Porcino 2 (del inglés, PCV2) y *Mycoplasma hyopneumoniae* (MH) (Brockmeier et al. 2002; Muñoz et al. 2017). El sistema respiratorio se ve afectado, frente a una inadecuada respuesta innata, debido a la interacción de agentes patógenos y procesos estresantes (i.e. destete), como lo demuestra, Muñoz et al. (2017), donde administraron diferentes dosis de lipopolisacáridos de *E. coli*, durante el destete y observaron una disminución en la recuperación de células caliciformes y una disminución en la respuesta de neutrófilos.

El estrés puede generar grandes pérdidas económicas en una producción porcina, debido a que altera los parámetros productivos; Patterson et al. (2015) en su estudio donde sometieron a estrés (alta temperatura y alta densidad) a cerdos previamente inoculados con PCV2, observaron que hubo disminución en la ganancia de peso en los cerdos sometidos a estrés comparados con el grupo control. La literatura reporta que hay diferencias en el valor atribuido al peso de la carcasa (0.77 £ por cerdo) en producciones que utilizan prácticas de BA comparadas con las que no (Harley et al., 2012); además, se evidencia que en producciones con altos índices de estrés, se genera un retraso en el crecimiento, que ocasionan gastos adicionales de aproximadamente 5 € por cerdo producido (Martínez et al., 2007). Para evaluar las pérdidas económicas en una producción porcina, los parámetros productivos más importantes son: consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, total de alimento gastado por cerdo, peso de la carcasa (Amador et al., 2016; Reyes, 2017).

Enriquecimiento acústico y bienestar

Para evitar el estado de estrés en las producciones, es necesario la utilización de enriquecimientos ambientales, muchos de estos buscan desarrollar el comportamiento exploratorio de los animales, ofreciendo a los individuos diferentes tipos de materiales, como madera, cuerdas, heno, cadenas, entre otras (Luo et al., 2017; Velarde et al., 2015). Además, también existen enriquecimientos de tipo cognitivo, estos son menos estudiados y se basan en un mecanismo de recompensa, generando en el animal un estado mental positivo. En este tipo de enriquecimiento, uno de los menos utilizados en los animales domésticos, es el enriquecimiento sonoro (Ernst et al. 2005). La música ha sido utilizada en distintas ocasiones como enriquecimiento en los animales, observándose diferentes resultados. Por ejemplo, Snowdon y Teie (2013) crearon música especie específica para el Tití cabeciblanco (*Saguinus oedipus*), con base a las vocalizaciones que estos realizaban; este estímulo musical generó un aumento en el movimiento y en el comportamiento de acurrucarse. Akiyama y Sutoo (2011) en su estudio observaron que, al exponer con piezas musicales de Mozart, se generó una reducción en la presión sanguínea en ratas hipertensas. Sin embargo, otros estudios, han demostrado que algunas especies prefieren el silencio a un enriquecimiento acústico (McDermott, 2009).

La música en las personas genera diferentes emociones, el problema es establecer una relación causal frente al efecto acústico en un oyente. Para esto, los animales no humanos pueden ser modelos experimentales frente al efecto fisiológico que genera la música. Ya que se hipotetiza que el sistema de comunicación emocional ha evolucionado de una forma similar en animales humanos y otros mamíferos (Bryant, 2013). Se ha demostrado en animales de laboratorio y en humanos, que la música tiene efectos en la presión sanguínea, la frecuencia cardiaca, la respiración, la ansiedad y la depresión (Angelucci et al., 2007; Bryant, 2013). Además, en varios estudios se ha observado que la música puede atenuar los signos en muchas enfermedades como

epilepsia, enfermedad de Parkinson, demencia senil e hiperactividad (Akiyama y Sutoo, 2011).

En los animales, los resultados del efecto de la música son inconsistentes, ya que han generado tanto efectos positivos como negativos. Se han realizado múltiples estudios en primates no humanos, elefantes, caninos, equinos, entre otras especies, donde se han observado cambios en el comportamiento, como, disminución de la agresividad o comportamientos estereotipados, aumento en la conducta de calma o descanso. También, se han evaluado factores productivos, principalmente en aves y peces, como cambios en la ganancia de peso y conversión alimenticia (Snowdon et al. 2015). Además, de efectos relacionados con el estrés, principalmente en ratas, primates no humanos y aves, donde se han llegado a observar diferencias en la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura corporal, relación neutrófilos y linfocitos, y medición de noradrenalina y cortisol (Alworth y Buerkle, 2013; Papoutsoglou et al. 2008; Snowdon et al. 2015). En la producción porcina, son escasos los estudios que evalúen los efectos de la música, entre estos se destacan las investigaciones de Ekachat y Vajrabukka (1994), Cloutier et al. (2000), Li et al. (2019), los cuales se han caracterizado por evaluar cambios etológicos en los animales o han realizado análisis de algunos parámetros zootécnicos.

Se han realizado pocos estudios en los cuales se evalúan la disminución de la presentación de signos clínicos o lesiones, al utilizar diferentes tipos de enriquecimiento para disminuir el estrés. van Dixhoorn et al. (2016) en su estudio en cerdos, utilizaron diferentes sustratos como enriquecedores físicos (turba, paja, viruta y yute). Ellos observaron que los cerdos enriquecidos presentaron menor cantidad de lesiones en piel y lesiones pulmonares en comparación con los no enriquecidos (57% vs 7.1%).

Examen clínico en la porcicultura

Este método es parte fundamental de la praxis veterinaria para determinar el estado de salud de los animales, sin embargo, en la porcicultura, debido al comportamiento nervioso del cerdo y a la densidad de población, es complejo realizar un examen clínico completo a todos los animales, ya que este requiere de paciencia, un protocolo bien establecido y técnicas de restricción que pueden llegar a generar estrés durante la manipulación (Jackson y Cockcroft 2005, 2007). También es necesario realizar evaluaciones clínicas individuales, que permita identificar a los individuos que requieren tratamiento, y en caso de ser necesario, realizar análisis de laboratorio para tener un diagnóstico preciso. Adicionalmente, es importante realizar evaluaciones del ambiente, infraestructura, del agua y del alimento, para determinar factores predisponentes de enfermedad (Zimmerman et al., 2012).

Para evaluar las condiciones de BA y estados de estrés en los cerdos, es importante considerar para la realización de la evaluación clínica lo siguiente: el estrés crónico puede generar alteración de las constantes fisiológicas, como aumento o disminución de la frecuencia cardiaca y arritmias ventriculares debido a una alteración en el sistema nervioso autónomo. La hipertermia se ha observado como importante indicador de estrés crónico, causado por la liberación de prostaglandinas; sin embargo, otros estudios también han observado hipotermia durante el transporte, debido a la liberación de vasopresina (de Jong et al., 2000). Tornatzky y Miczek, 1993 observaron que, al generar un estrés crónico social en ratas, se genera un aumento de la temperatura corporal hasta 5 días después de finalizado el estímulo.

En la producción porcina para un aprovechamiento eficaz del alimento y por ende para una conversión alimenticia eficiente, es necesario un metabolismo óptimo; cuando no se genera un equilibrio entre la digestión y absorción de nutrientes, una microbiota estable y mecanismos de defensa, como la función de barrera y la inmunidad de mucosa, se desarrollan enfermedades gastrointestinales (Jackson y Cockcroft, 2005). La evaluación clínica del sistema digestivo del cerdo resulta compleja, debido al escaso

uso de ayudas paraclínicas como la ecografía, y la complejidad de la palpación abdominal en cerdos; sin embargo es importante evaluar las anomalías en la forma del abdomen, principalmente la presencia de asimetrías, generadas por masas, inflamaciones o distensión abdominal (Jackson y Cockcroft, 2005). En la evaluación clínica es importante la valoración de las heces, ya que permiten generar diagnósticos diferenciales según las características de estas (Zimmerman et al., 2012). Una alteración muy común que se puede observar es la presencia de diarrea, que se define como el aumento en el número de deposiciones con un aumento en el líquido en estas, lo que genera heces suaves o líquidas (Pedersen et al., 2011).

En la producción y en la evaluación clínica porcina, enfocada al bienestar animal, es muy importante realizar análisis de las lesiones de piel; debido a que estas se relacionan con la presentación de conductas agresivas en la granja, en el transporte y en la estancia en la planta de beneficio. Condiciones como el ayuno, el reagrupamiento, el transporte, las condiciones ambientales, entre otras, pueden afectar negativamente la conducta de los cerdos, resultando en un aumento de las lesiones cutáneas (Godyn et al., 2019). En la evaluación del sistema tegumentario, es importante identificar el sitio de la lesión, debido a que heridas en el área anterior del cerdo evidencian peleas en el corral y lesiones en el área posterior indican ataque constantemente por otro individuo dominante. Igualmente la afección en este sistema también se relaciona con pérdidas económicas, debido que disminuyen el valor de la carcasa (Bottacini et al., 2018).

Patología del sistema respiratorio porcino

Como se había desarrollado anteriormente, en la literatura se ha observado una predisposición a la presentación de enfermedades debido a la inmunosupresión generada por el estrés. En la producción porcina, las enfermedades que se observan de manera constante se encuentran principalmente dentro de los complejos respiratorios, estos tienen gran relación con las prácticas de manejo que se utilizan en una producción intensiva (Lee et al., 2016). En Colombia, el Departamento Nacional de

Planeación en el Conpes 3458 de 2007, que busca mejorar las condiciones de sanidad e inocuidad de la cadena porcícola, y exige el control de diferentes enfermedades que generan grandes pérdidas económicas, entre estas se encuentran muchas enfermedades del sistema respiratorio, como son *Actinobacillus pleuropneumoniae* (APP), MH, PCV2, SIV, PRRS, y *Streptococcus suis* (SS).

Las enfermedades respiratorias en los porcinos son un problema común, sobre todo en las granjas intensivas donde pueden causar grandes pérdidas económicas, debido a la disminución en la conversión alimenticia, mayor tiempo en la cadena de producción, decomisos, el uso de medicamentos y asistencia veterinaria en la granja (Espinosa y Martínez, 2008). Estas enfermedades se agrupan en un complejo que corresponden a una interacción entre diferentes agentes infecciosos como virus y bacterias, y se potencian debido a condiciones ambientales, características de la granja y tipo de alojamiento (Merialdi et al., 2012; Meyns et al., 2011). Generalmente el complejo se da de forma subclínica, por lo cual es necesario realizar un seguimiento de los animales en planta de beneficio, valorar la severidad e incidencia de las lesiones, esto puede ayudar a identificar factores de riesgo, para tomar las medidas necesarias para prevenir y controlar el problema (Meyns et al., 2011). El complejo respiratorio porcino se considera una enfermedad multifactorial, en la que coexisten patógenos virales o bacterianos, primarios y oportunistas, entre los primeros se destacan agentes virales como PRRS, SIV, Seudorabia o Enfermedad de Aujeszky (PHV-1), coronavirus respiratorio porcino (CRPv) y PCV2, y bacterianos como *Pasteurella multocida* (PM), *B. Bronchiseptica*, APP y MH (Brockmeier et al., 2002; Jubb et al., 2016; Rech et al., 2018). En la tabla 1 y 2 se pueden apreciar algunas de las lesiones macroscópicas y microscópicas encontradas en los cerdos por diversos agentes infecciosos (tablas realizadas con base a lo comunicado por Fenwick, 2002; Jubb et al., 2016; Jung et al., 2007; Loynachan 2005; Madsen et al., 2002; Rajão et al., 2013; Redondo et al., 2009; Segalés, 2012; Sibila et al., 2014; Xie et al., 2014)

Tabla 1. Lesiones macroscópicas pulmonares en cerdos debido a agentes infecciosos relacionados con el estrés.

Ubicación	Característica	Agente	
GENERAL	Cambio de coloración	de Rojo	APP, MH, SIV, PRRS, PHV-1
		Grisáceo	MH, SC, PRRS
		Moteado	PCV2
	Consistencia	Firme	PCV2, SIV, PRRS, APP, PHV-1
		Cauchosa	PCV2, MH
	Apariencia	Hemorrágico	APP, PRRS
		“Timo”	MH, PRRS
		Ángulos marcados	APP
		Enfisematoso	SIV
	Otros	Colapso	SIV, PM
		No colapsa	PCV2, PRSS, SC
	MUCOSA	Apariencia	Hiperemia bronquial
Contenido/Exudado		Espumoso	APP, SC
		Sanguinolento	APP

PLEURA		Purulento	MH, SIV
		Edema	SIV, SS, PRRS, APP, CR
	Apariencia	Hemorragia	APP, SC, SS
		Engrosada	APP, PM
	Contenido	Purulento	APP
		Fibrinoso	APP

Tabla 2. Lesiones microscópicas pulmonares en cerdos debido a agentes infecciosos relacionados con el estrés. A: alveolo; BL: bronquiolo; B: bronquio.

Ubicación	Lesión	Agente
Epitelio	Necrosis	APP (B, BL), SIV (BL, A), CRPv (A, BL)
	Exfoliación	APP (B, BL), MH (B)
	Pérdida de cilias	MH (B, BL)
	Hiperplasia	SIV (B, BL)
	Hiperplasia de células alveolares tipo II	PRRS, CPRv
Intersticio	Infiltrado supurativo	APP, MH, SS, PM
	Infiltrado mononuclear	MH, PCV, SIV, SC, PRRS, CPRv, PHV-1
	Infiltrado granulomatoso	PCV2

	Necrosis	APP, PCV, SC, PHV-1
	Edema	MH, SIV, SC, SS
	Fibrosis	PCV2
	Alteraciones vasculares	SIV, APP, SC, SS
Pleura	Infiltrado supurativo	APP, PM
	Hemorragia	APP, SC
	Fibrina	APP
Lumen	Exudado	MH (B), APP (A), SIV (A, BL, B), PRRS (A, BL, B), SC (A)
	Hiperplasia macrófagos alveolares	MH
	Atelectasia	MH, SIV, SS
	Edema	MH, APP
	Fibrina	PHV-1, CPRv, APP
BALT*	Hiperplasia	MH, PCV2

*BALT: tejido linfoide asociado a bronquio.

7.2. Metodología

Consideraciones éticas

Esta investigación hizo parte del proyecto titulado: “Validación de un prototipo bioneuromusical de enriquecimiento ambiental y su protocolo de uso para disminuir el estrés, mejorar la salud, el bienestar y la productividad animal”. Financiada por el Fondo de Innovación de la Universidad de Antioquia. Y avalado por el Comité de Ética para la Experimentación con Animales de la Universidad de Antioquia (CEEA). Su aprobación consta en el acta número 116 de 10 de abril de 2018.

Sistema productivo

La investigación se realizó en la porcícola de la Hacienda La Montaña, ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros (Antioquia). La hacienda posee una temperatura promedio de 15 °C y una altura de 2.350 a 2.500 msnm. La zona de vida corresponde a bosque húmedo montano bajo. La Hacienda tiene un área de 52.55 cuadras, de estas, 630 m² están destinados a la producción porcina.

La Hacienda La Montaña maneja una producción porcina de ciclo completo de flujo continuo y las etapas productivas son distribuidas de la siguiente manera: gestación y monta, cría y lactancia (duración de 4 semanas), recría (de 4 a 11 semanas) y levante y ceba (de 11 a 25 semanas). La función principal de este sistema es servir como centro de investigación, docencia y extensión.

Animales, instalaciones y alimentación

La porcícola cuenta con una población porcina que oscila entre 230 a 260 cerdos. La línea genética que se maneja es Camborough 29 para las madres y PIC 410 para los machos reproductores.

El estudio se realizó en cerdos desde la semana cuatro hasta la finalización del ciclo productivo, incluyendo las fases de recría (de la semana cuatro a la 10) y levante y ceba (de la semana 11 a la 22 a 25). El área de recría cuenta con seis corrales y el área de levante y ceba con nueve corrales. Cada corral de recría mide 3.0 x 2.5 metros, tiene un comedero para cerdos en destete tipo tolva junior con capacidad de 12 kg de alimento y dos bebederos tipo chupete, además, cuenta con enriquecedores físicos colgantes como botellas plásticas y botas de caucho para que los cerdos muerdan. El corral de levante y ceba mide 3.20 x 4.40 metros tiene un comedero en canoa, con divisiones en varilla cada 30 cm con capacidad para 11 cerdos, para que coman simultáneamente y dos bebederos tipo chupete por corral, además, de un enriquecedor físico a modo de una cadena metálica colgante. Los cerdos se alimentan dos veces al día, con concentrado comercial de la empresa FINCA® en la etapa productiva de Recría, y con concentrado preparado por la hacienda, con asesoramiento zootécnico, para la etapa de Levante y Ceba.

Estímulos acústicos

La creación y producción de los estímulos sonoros, la realizó el profesor Berardo Rodríguez, utilizando instrumentos virtuales que se mezclaron en el programa Ableton Live 10 Suite. Se generaron audios usando diferentes técnicas de síntesis digital, principalmente modular. Para la selección del material fonográfico a utilizar, se realizó un estudio psicoacústico previo (resultados pendientes de publicación por Juliana Zapata), que permitió la composición y el ajuste a la especie porcina de numerosas piezas musicales, que fueron dispuestas en un protocolo de enriquecimiento, en el que se definió la hora y la duración del enriquecimiento.

Experimento

Se conformaron dos grupos, uno control (GC) y uno tratamiento (GT), el GC de 20 cerdos y el GT de 21 cerdos, que presentaron características similares (número similar

de camada, provenientes de cerdas multíparas, corrales del mismo tamaño con cadenas, botas de caucho y botellas de plástico como enriquecimiento ambiental básico, procedimiento de alimentación y lavado de corrales). A los dos grupos se les realizó evaluación clínica y medición de algunos parámetros productivos. Al finalizar el ciclo productivo, durante el beneficio se realizó toma de muestras para la evaluación macroscópica y microscópica de pulmón (cada uno de estos procesos se explican posteriormente).

Debido a que el tamaño y las características de infraestructura de las instalaciones no permiten albergar al GC y GT simultáneamente, primero se observó al GC hasta el momento de su sacrificio, y luego al GT, esto para evitar que el grupo control fuera expuesto al tratamiento. El GT se expuso a los estímulos sonoros, estos fueron emitidos a las 9:00 am y a las 3:00 pm, cada vez durante una hora, seis días a la semana, durante 10 semanas. Estas piezas fueron modificadas semanalmente durante la exposición, para evitar el efecto de acostumbramiento. Al GC no se le reprodujo ningún estímulo musical durante el tiempo de la investigación. La música se emitió con parlantes QSC de pared (AD-S10T-WH), controlado por un Amplificador-Mezclador YAMAKI 240W (LIN-Z240TR MKII).

Evaluación de las manifestaciones clínicas

Para obtener la información sobre el estado clínico de los cerdos de la investigación, se realizaron dos tipos de evaluaciones, una semanal por corral y una individual al inicio de la estimulación (semana 4 de vida) y a la semana 14 de vida.

Las evaluaciones fueron realizadas por tres investigadores. Para verificar la confiabilidad en la observación interobservador, se realizó un coeficiente de Kappa y se determinó un valor de concordancia entre 0.86 y 0.94, entre los evaluadores.

Para identificar a cada cerdo en la evaluación semanal, y poder realizar la evaluación de las lesiones cutáneas, se realizó marcación con un spray especial para animales,

con base a un sistema de puntos en el dorso de los porcinos, como se observa en la Figura 1.

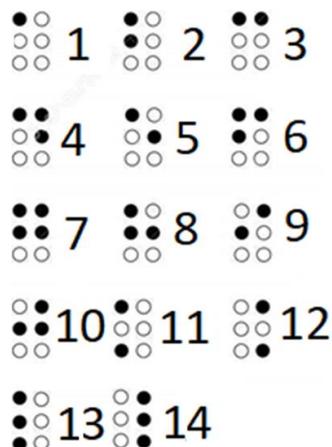


Figura 1. Sistema de puntos para el marcaje en el dorso de los cerdos de la investigación.

Evaluación clínica semanal

Para el registro de la información se utilizó un formato diseñado para diligenciarse ágilmente en 10 minutos. La evaluación fue realizada por un investigador previamente entrenado con un video tutorial y directamente en la granja (Anexo 1). Una vez por semana se registraron las observaciones y se evaluaron aspectos generales. El formato del examen clínico semanal se puede ver en el Anexo 2.

Evaluación clínica individual

Esta evaluación se realizó en la primera semana de la investigación (semana 4 de vida) y a la semana 14 de vida a todos los cerdos del GC y del GT. Se utilizó un brete para la manipulación de los animales. La evaluación fue realizada por tres investigadores previamente entrenados (Ver anexo 3). Para el registro de los parámetros fisiológicos

básicos y de las manifestaciones clínicas de los sistemas orgánicos se utilizó un formato (ver anexo 4).

Análisis macroscópico, toma de muestras de pulmón e histopatología

El beneficio de los cerdos se realizó cuando obtuvieron un peso entre 100 y 110 kg, en la planta de beneficio Central Ganadera de la ciudad de Medellín. A los cerdos del GC y GT, se realizó las siguientes evaluaciones:

a. Análisis macroscópico de pulmón:

- Se fotografió la cara dorsal y ventral del pulmón, con la cámara digital del dispositivo móvil Samsung S9, con 12 MP, AF Dual Píxel, OIS, apertura variable f/1.5-2.4, a una distancia aproximada de 40 cm. Esta imagen se utilizó para análisis de imágenes posteriores con software de uso libre Image J®.
- Se realizó una descripción general de las lesiones (patrón de afectación y color de la lesión) y utilizando el software Image J®, se cuantificó el tamaño de cada pulmón y el porcentaje de lesiones encontradas en el pulmón derecho e izquierdo.
- Toma de muestras: se extrajeron seis fragmentos por cada cerdo (de cada pulmón se tomó una muestra anterior, media y posterior); los fragmentos fueron de 0.5 cm de grosor x 5 cm de ancho y largo, que abarcaron pleura y parénquima (con presencia de al menos un bronquio o bronquiolo). Cuando se presentó una lesión macroscópica importante, y no haya quedado dentro de las muestras tomadas, se tomó una muestra adicional que incluyera parte de dicha lesión.

b. Análisis microscópico de los pulmones

Los fragmentos muestreados se fijaron en formol al 10%, luego se procesaron en el Laboratorio de patología animal de la Universidad de Antioquia. Allí se deshidrataron a concentraciones crecientes de alcohol, se aclararon con xilol, se embebieron en parafina y cortaron en secciones del tejido de 3 μ m, para luego ser teñidas con Hematoxilina Eosina, y evaluar las lesiones histopatológicas, utilizando un microscopio Leica 020-518.500 DM/LS. Para el registro de lesiones histopatológicas se utilizó un formato previamente diseñado (Tabla 3). Para su diligenciamiento, en caso de no presentar lesión se escribirá “0”, si presentaba la lesión de forma leve se escribió “1”, leve a moderado “2”, moderado “3”, moderado a severo “4” y severo “5”. Adicionalmente, se realizó un diagnóstico morfológico para cada muestra, y en caso de presentarse, se agregó un diagnóstico secundario. Además, se determinó el grado de afección general de la muestra.

Tabla 3. Formato para la evaluación de lesiones microscópicas pulmonares.

	Muestra 1					Muestra 2					Muestra 3				
	Pleura	Intersticio	Bronquio	Bronquiolo	Lumen	Pleura	Intersticio	Bronquio	Bronquiolo	Lumen	Pleura	Intersticio	Bronquio	Bronquiolo	Lumen
PMN															
Eosinófilos															
Linfocitos															
Leucocitos globulares															
Plasmocitos															
Macrófagos															
Células gigantes multinucleadas															
Hemorragia															
Congestión															
Edema															
Trombos															
Neovascularización															
Fibrina															
Fibrosis															

- Peso al nacimiento (PN).
 - Peso al destete (PD): este pesaje se realizó en la semana 4 de vida en ambos grupos.
 - Peso a la semana 14 de vida (P14).
 - Peso al sacrificio: este pesaje no fue utilizado en el análisis estadístico, debido a que, el sacrificio se realizó a una edad diferente en los dos grupos (debido a condiciones externas de la investigación generadas por la pandemia por SARS COVID 19, el GC se sacrificó a los 173 días de edad, mientras que el GT a los 161 días). Por esto, se realizó un ajuste de peso a los 160 días de edad (P160).
- b) Ganancia diaria de peso: esta se realizó con el PD, P14 y P160. Y para calcular este dato se utilizó la siguiente fórmula:
- $$\frac{\text{Peso total (PD, P14 o P160)} - \text{Peso total al destete}}{\text{Edad (en días, con respecto a la edad de los cerdos al realizar el PD, P14 y P160)} - \text{Edad al destete (días)}} \times 1000$$
- c) Peso total de la carcasa: la carcasa se consideró el cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza, ni extremidades. Este dato se tomó en la planta de beneficio. En donde, se generó un dato de Peso de canal caliente (PCC) y Peso de canal refrigerada (PCF). La canal caliente fue la canal recién faenada, mientras que la canal refrigerada fue luego de 24 horas de refrigeración.
- d) Espesor de la grasa dorsal: es un valor en milímetros, que se extrae de la medición en el dorso a nivel de la primera costilla.

- e) Profundidad del Músculo del Lomo (PML): es la medición en milímetros del músculo del lomo (*Longissimus dorsi*). A partir de este dato se determina el Porcentaje de Carne Magra de la Canal (CMC).

Evaluación de agentes infecciosos respiratorios por PCR

Para la elección de los agentes infecciosos se consideraron estudios serológicos previos de monitoreo, realizados en la unidad porcícola de la Hacienda La Montaña. Con los que se verificó que los agentes que habitualmente circular en la granja son, MH, PCV2, APP, *Actinobacillus suis* (HP), *Haemophilus parasuis* (HP) y SS. Estos agentes fueron seleccionados para realizar las pruebas de PCR.

Durante la necropsia de cada animal, se tomó un fragmento de pulmón de áreas que presentaron lesiones evidentes, se depositaron en un frasco debidamente rotulado y refrigerado en una nevera de icopor con hielo. Se realizaron tres pools para cada PCR, cada pool tuvo muestras de cinco cerdos.

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Biología Molecular de la Unidad Diagnóstica Veterinaria de la Universidad de Antioquia. Para la extracción de DNA se utilizó el kit Dneasy Blood & Tissue Kit-QIAGEN. La detección de PCV2 se trabajó con el kit de PCR en tiempo real Porcine circovirus type 2 MONODOSE dtec-qPCR Test. Como control negativo se utilizó agua libre de DNA y RNAsas y 2.4×10^7 copias deshidratadas fueron el control positivo. En la identificación de MH se empleó el kit de PCR en tiempo real Mycoplasma hyopneumoniae MONODOSE dtec-qPCR Test. El control negativo fue agua libre de DNA y RNAsas y el control positivo copias deshidratadas. Para la detección de APP, AS, HP y SS se utilizó la PCR a punto final 4-Plex: Enfermedad Respiratoria Bacteriana Porcina (kit AccuPower Porcine Respiratory

4-Plex PCR - BIONNE). Como control negativo se utilizó agua destilada y desionizada, y el control positivo una mezcla de DNA genómico de APP, AS, HP y SS.

Análisis Estadístico

Datos

Los datos recolectados fueron tabulados en Excel (Microsoft, 2013). La unidad experimental para el examen clínico individual, evaluación anatomopatológica del pulmón y parámetros productivos fue el cerdo como individuo. En el examen clínico semanal, el corral fue considerado la unidad experimental. El análisis estadístico fue desarrollado con el software R (versión 4.0.2).

Análisis descriptivo

Para conocer la distribución de las variables categóricas, se realizaron análisis descriptivos y exploratorios, con métricas de resumen y visualizaciones. Se obtuvieron tablas de frecuencia (absoluta y relativa), gráficos de barras, gráficos de radar y frecuencias marginales a través de gráficos de globos. Para aproximar la relación del total de variables categóricas se llevaron a cabo Análisis multivariado de correspondencia múltiple (AMCM).

Para el análisis descriptivo de las variables cuantitativas se utilizaron resúmenes numéricos con promedios, desviaciones estándar, mínimo, máximos y coeficientes de variación. Se implementaron análisis exploratorios para estudiar la distribución de las variables, a través de histogramas, densidades, diagramas de dispersión, diagramas de cajas y bigotes, correlogramas y Análisis de Componentes Principales (ACP); este último, para realizar asociaciones entre las variables e identificar patrones de comportamiento explicables a través de un análisis multivariado.

Análisis inferencial

Los supuestos matemáticos que subyacen a los modelos paramétricos, tales como normalidad, homocedasticidad (varianza constante) y linealidad fueron comprobados a través de inferencia visual utilizando residuales estudentizados y valores ajustados. La inferencia visual fue acompañada de pruebas analíticas para cada modelo paramétrico. Se evaluaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad con pruebas de Shapiro Wilk y Levene, respectivamente. Cuando los modelos evaluados no cumplieron los supuestos teóricos necesarios, se optó por utilizar aproximaciones no paramétricas.

El nivel de significancia (α) utilizado para el contraste de hipótesis en cada una de las pruebas estadísticas fue del 5% ($\alpha=0.05$), es decir, que el nivel de confianza utilizado fue del 95% ($1-\alpha$). A continuación, se detallarán los modelos estadísticos empleados para analizar las diferentes variables:

1. Examen clínico individual

Se realizaron pruebas chi-cuadrado (χ^2) para comprobar la significancia estadística ($p<0.05$) de las variables categóricas (se utiliza la opción bootstrapping, como proceso de simulación para ajuste del valor p). Con las variables de tipo cuantitativo fueron comparados cuatro modelos matemáticos de tipo lineal (análisis de varianza), tres con efectos aditivos y uno con inclusión de efectos multiplicativos (interacción). Posteriormente, en los resultados se plantea el mejor modelo seleccionado a través del Criterio de Información de Akaike (AIC), como medida relativa del error, y en los resultados se plantea el método escogido. Este modelo puede ser expresado de forma general bajo la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- y_{ij} : variable respuesta

- μ : media general
- α_i : efecto del i – *ésimo* grupo, con $i = Control, Tratamiento$
- β_j : efecto del j – *ésimo* momento, con $j = EI1, EI2$
- $(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de la interacción del i – *ésimo* grupo con el j – *ésimo* momento
- ϵ_{ij} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

Con el mejor modelo se efectuaron comparaciones post-hoc a través de la prueba de Tukey.

2. Examen clínico semanal

Se evalúa la variación temporal de la presentación de signos clínicos en cada corral, como unidad de análisis. Donde, a través de cuatro modelos lineales, se analiza la variación semanal que tienen cada una de las variables bajo análisis, comparando ambos grupos (control y tratamiento):

- Modelo lineal homocedástico con distribución de errores Gaussiano.
- Modelo lineal heterocedástico con distribución de errores Gaussiano.
- Modelo lineal generalizado homocedástico con distribución de errores Poisson.
- Modelo lineal generalizado heterocedástico con distribución de errores Poisson.

Con base en el AIC se seleccionó el mejor modelo, en este caso el modelo lineal generalizado heterocedástico con distribución Poisson, que puede ser escrito de forma general como se muestra a continuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- y_{ij} : variable respuesta medida en el i – *ésimo* individuo perteneciente al j – *ésimo* grupo. Con $y \sim Pois(\mu = \lambda, \sigma^2 = \lambda)$
- μ : media general
- α_j : efecto del j – *ésimo* grupo, con $j = Control, Tratamiento$
- ϵ_{ij} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

En las variables con respuesta binaria fue utilizada la prueba chi-cuadrado (χ^2) para evaluar la dependencia estadística.

3. Análisis de pesajes

Se implementaron modelos lineales de análisis de covarianza para las variables PD, P14 y P160. El modelo general puede ser expresado de la siguiente manera:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta X_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- y_{ijk} : variable respuesta medida en el i – *ésimo* individuo perteneciente al j – *ésimo* grupo con el k – *ésimo* valor para la covariable X .
- μ : media general
- α_j : efecto del j – *ésimo* grupo, con $j = Control, Tratamiento$
- βX_k : efecto del k – *ésimo* peso al nacimiento
- ϵ_{ijk} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

Para la variable peso al destete se utilizó la prueba no paramétrica de los rangos con signo de *Wilcoxon*.

4. Parámetros de la canal

Para la evaluación de las características de la canal, se utilizó el peso como variable predictora, y cada uno de los parámetros de la canal (espesor de la grasa dorsal, la profundidad del músculo del lomo y el porcentaje de carne magra) se determinaron como variables respuestas. Se realizó una relación de tipo lineal, para estimar en un punto específico del peso, como se comportan ambos grupos para determinada característica. El modelo puede ser expresado de la siguiente manera:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta X_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- y_{ijk} : variable respuesta medida en el i – *ésimo* individuo perteneciente al j – *ésimo* grupo con el k – *ésimo* valor para la covariable X .
- μ : media general
- α_j : efecto del j – *ésimo* grupo, con $j = \textit{Control, Tratamiento}$
- βX_k : efecto del k – *ésimo* peso al sacrificio (kg)
- ϵ_{ijk} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

El modelo para el análisis del peso de la canal refrigerada (kg), se realizó con base al peso de la canal caliente, como se describe como a continuación:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta X_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- y_{ijk} : peso canal refrigerada (kg) medido en el i – *ésimo* individuo perteneciente al j – *ésimo* grupo con el k – *ésimo* valor para la covariable X .

- μ : media general
- α_j : efecto del j – *ésimo* grupo, con $j = \text{Control, Tratamiento}$
- βX_k : efecto del k – *ésimo* peso en canal caliente (kg)
- ϵ_{ik} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

5. Análisis anatomopatológico microscópico

Para el análisis de las lesiones histopatológicas se determinó una calificación de la afectación pulmonar, utilizado en el trabajo de Dixhoorn et al. (2016), teniendo en cuenta el grado de afección de 0 a 5, donde 0 es la no presentación de lesión, 1: lesión leve (afección de 0-20%), 2: leve a moderado (20-40%), 3: moderado (40-60%), 4: moderado a severo (60-80%) y 5: severo (80-100%). La calificación mínima es de cero y la máxima de 150 (resultado de la suma de cada variable con el valor máximo de cinco), teniendo en cuenta que se evaluaron cinco áreas de cada muestra (pleura, bronquio, bronquiolo, intersticio y lumen) y a cada cerdo se le tomaron seis muestras en total.

Para cada variable bajo análisis fueron comparadas las siguientes aproximaciones paramétricas:

- Modelo lineal con distribución Gaussiana
- Modelo lineal con distribución Poisson
- Modelo lineal mixto (efecto aleatorio del individuo - *cerdo*) con distribución Gaussiana
- Modelo lineal mixto (efecto aleatorio del individuo - *cerdo*) con distribución Poisson

Con base en el AIC se seleccionó el mejor modelo. En las estructuraciones matemáticas, donde los supuestos necesarios no se cumplieron, se optó por utilizar la

prueba no paramétrica de *Wilcoxon*. La siguiente tabla resume para cada variable el modelo utilizado.

Tabla 4. Modelos seleccionados para el análisis de las lesiones histopatológicas.

Variable	Modelo	Tipo
Linfocitos	Lineal Mixto Gaussiano	Paramétrico
Macrófagos	Lineal Mixto Gaussiano	Paramétrico
Congestión	Lineal Mixto Gaussiano	Paramétrico
Fibrosis	Lineal Mixto Gaussiano	Paramétrico
Enfisema	Lineal Mixto Gaussiano	Paramétrico
PMN	Lineal Poisson	Paramétrico
Fibrina	Lineal Poisson	Paramétrico
Atelectasia	Lineal Gaussiano	Paramétrico
Eosinófilos	Wilcoxon	No paramétrico
Plasmocitos	Wilcoxon	No paramétrico
Hemorragia	Wilcoxon	No paramétrico
Edema	Wilcoxon	No paramétrico
Pigmento	Wilcoxon	No paramétrico
Atrofia linfoide	Wilcoxon	No paramétrico
Hiperplasia linfoide	Wilcoxon	No paramétrico
Leucocitos globulares	Wilcoxon	No paramétrico

*PMN Polimorfonucleares neutrófilos

El modelo lineal Gaussiano puede ser expresado de forma general bajo la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- y_{ij} : variable respuesta medida en el i – *ésimo* individuo perteneciente al j – *ésimo* grupo.
- μ : media general
- α_j : efecto del j – *ésimo* grupo, con $j = \text{Control, Tratamiento}$
- ϵ_{ij} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

El modelo lineal mixto (*Gaussiano* o *Poisson*) puede ser expresado de forma general bajo la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_j + b_{0i} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- y_{ij} : variable respuesta medida en el i – *ésimo* individuo perteneciente al j – *ésimo* grupo.
- μ : media general
- α_j : efecto del j – *ésimo* grupo, con $j = \text{Control, Tratamiento}$
- b_{0i} : efecto aleatorio del i – *ésimo* cerdo. Donde $b_{0i} \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$
- ϵ_{ij} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

Para las variables categóricas: severidad de afección de los pulmones y los diagnósticos morfológicos, se realizaron pruebas χ^2 , en aras de evaluar la dependencia estadística con el grupo.

Análisis anatomopatológico macroscópico

Con las variables de tipo cuantitativo (Porcentaje de afección) fueron comparados cuatro modelos matemáticos de tipo lineal, uno con efectos aditivos y dos con inclusión de efectos multiplicativos (interacciones dobles y triples). Además de modelos lineales de efectos mixtos generalizados, con el cerdo como efecto aleatorio, con interacciones dobles y triples. Los modelos fueron comparados a través del criterio de información Bayesiano y se escogió el modelo mixto lineal de efectos mixtos con el animal como efecto aleatorio, el cual se representa de la siguiente forma:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_k + \omega_l + b_{0i} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- y_{ijkl} : variable respuesta medida en el i – *ésimo* individuo perteneciente al j – *ésimo* grupo.
- μ : media general
- α_j : efecto del j – *ésimo* grupo, con $j = \text{Control, Tratamiento}$
- β_k : efecto del k – *ésimo* pulmón, con $k = \text{Derecho, Izquierdo}$
- ω_l efecto del l – *ésimo* aspecto, con $l = \text{Dorsal, Ventral}$
- b_{0i} : efecto aleatorio del i – *ésimo* cerdo. Donde $b_{0i} \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$
- ϵ_{ijkl} : error aleatorio del modelo con $\epsilon \sim N(\mu = 0, \sigma^2)$

Para las variables categóricas patrones de afección y coloración de las lesiones, se realizaron pruebas χ^2 , en aras de evaluar la dependencia estadística con el grupo.

7.3. Resultados

Evaluación de las manifestaciones clínicas

Como previamente se había relatado en la metodología, se realizaron dos tipos de examen clínico: el examen clínico individual, el cual se ejecutó en dos momentos, a la semana cuatro de vida de los lechones, al momento del destete, el cual identificaremos como Examen individual 1 (EI1); y el Examen Individual 2 (EI2), que fue hecho en la semana 14 de vida de los cerdos. Adicionalmente se realizó el examen clínico semanal, el cual se había propuesto ejecutar de la semana 2 a 10 de la investigación (semana 5 a 14 de vida de los cerdos), una vez por semana. La semana 5 de investigación (semana 8 de vida de los cerdos), no se evaluó por problemas logísticos ocasionados por la pandemia por SARS-COVID 19.

Examen clínico semanal

Los signos clínicos adicionales a las lesiones de piel que se tomaron en cuenta para el análisis estadístico fueron: decaimiento, postura anormal, cojera, secreción nasal, secreción ocular, disnea, tos, estornudos, bursitis y diarrea. En la Figura 2 se evidencia la cantidad de signos presentados en cada semana, cabe aclarar, que en el examen semanal no se evaluó el número de cerdos afectados, sino, la presencia del signo en el corral; adicionalmente, cada semana corresponde a una semana posterior al destete. Como se puede observar, el GC presentó el mayor pico de presentación de signos (Semana 8), donde se observó cojera, secreción nasal, secreción ocular, tos y estornudos.

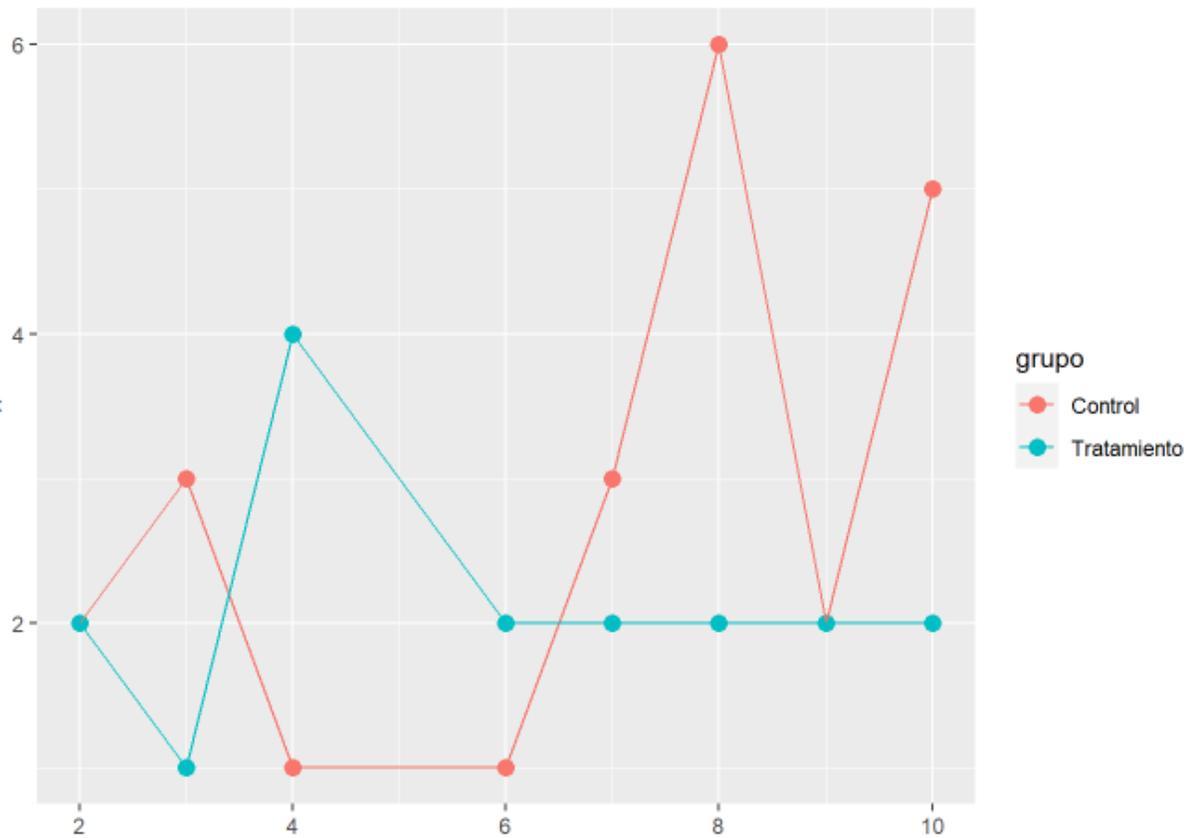


Figura 2. Comparación de la presentación de signos clínicos no relacionados a lesiones de piel entre el GC y GT en el examen clínico semanal, entre la semana 2 (semana 5 de vida) y 10 (semana 14 de vida) de la investigación. El eje X corresponde a las semanas analizadas y el eje Y corresponde a la cantidad de signos clínicos presentados por el grupo evaluado. En la semana 6 se evidencia en el GT una estabilización en la presentación de signos clínicos.

El análisis inferencial (Tabla 5), mostró que no hubo diferencia significativa en los signos clínicos evaluados, a través de un análisis de χ^2 , al comparar el GC con el GT, sin embargo, hubo una tendencia del GC a presentar más cojera que el GT ($p < 0.1$). En un modelo lineal con distribución de Poisson, donde se incluyeron los conteos de todos los signos clínicos, no se evidenció una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.345$).

Tabla 5. Comparación de los signos clínicos entre el GC y GT en el examen clínico semanal. Donde los identificados con un asterisco (*) presentaron una diferencia estadística con un error del 10%.

Variable	Valor P
Decaimiento	1
Postura anormal	0.216
Cojera	0.089*
Secreción nasal	1
Secreción ocular	1
Disnea	1
Tos	0.649
Estornudos	1
Bursitis	0.286
Diarrea	1

Las lesiones de piel fueron analizadas por separado de los otros signos clínicos, debido a la cantidad de sus datos. En la Figura 3 se evidencia una representación del número de cerdos que presentaron lesiones de piel, con respecto a cada semana de investigación y cada sitio corporal donde dicha lesión se presentó. En la gráfica se puede evidenciar como hubo una disminución general en la presentación de las lesiones de piel en el GT, principalmente a partir de la semana 4.

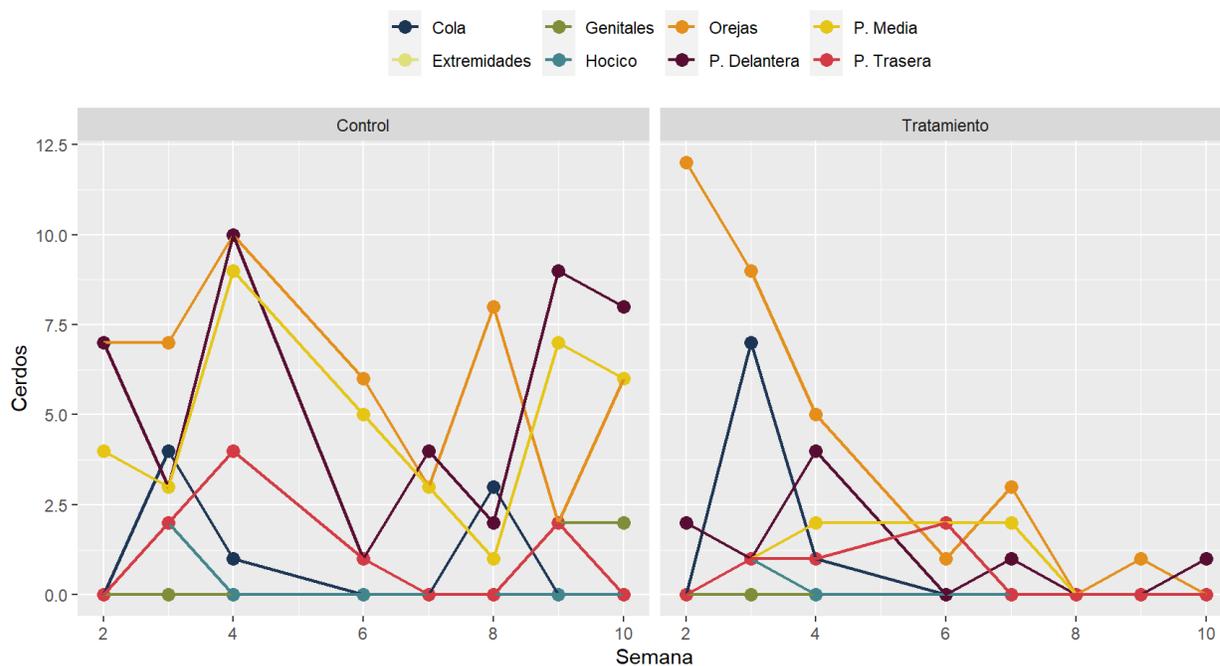


Figura 3. Comparación de la presentación de lesiones de piel entre el GC y GT en el examen clínico semanal, entre la semana 2 (semana 5 de vida) y 10 (semana 14 de vida) de la investigación. En la semana 6 se evidencia en el GT una estabilización en la presentación de lesiones de piel.

El resultado del análisis inferencial de las lesiones de piel en el examen clínico semanal se puede observar en la Tabla 6. En esta se evidencia que el GT presentó una reducción estadísticamente significativa, en la cantidad de lesiones en la parte media y delantera con respecto al GC.

Tabla 6. Comparación de las lesiones de piel entre el GC y GT en el examen clínico semanal. Los identificados con un asterisco (*) presentaron una diferencia estadística con un error del 5% con un modelo lineal con distribución Poisson.

Área corporal	Valor P
Orejas	0.606

Cola	1
Extremidades	0.997
Genitales	0.997
Hocico	0.571
Parte Delantera	0.021*
Parte Trasera	0.188
Parte Media	0.002*

En un modelo no paramétrico (test de Wilcoxon), donde se incluyeron todas las áreas corporales, se evidenció que el GT presentó menor cantidad de lesiones significativamente ($p=0.013$), que el GC. En general, en el examen clínico semanal, el efecto del enriquecimiento se observó a partir de la semana 6 de investigación (semana 9 de vida de los cerdos), ya que, en el GT hubo una disminución en la presentación de signos clínicos y lesiones de piel en el examen clínico semanal, y se observó significativamente menor cantidad de lesiones de piel en el GT.

Examen clínico individual

Para los análisis multivariados de correspondencia múltiple presentados en las figuras cuatro a la siete, se realizó una exploración y comparación de diferentes dimensiones. Se presenta un gráfico evaluando dos dimensiones con una baja retención de la variabilidad, pero que permiten visualizar patrones de comportamiento desde un punto de vista exploratorio. En la Figura 4, es posible observar a través de un AMCM un patrón de distribución de un amplio número de variables categóricas (estado de las mucosas, alteraciones en los sistemas cardiovascular, respiratorio, digestivo, urogenital, músculo-esquelético, nervioso y linfático, gradificación de las lesiones de piel en orejas, hocico, parte delantera, parte media, parte trasera, extremidades, cola y genitales) entre el GC y el GT. En esta figura se agruparon todos los datos del EI1 y EI2.

En la Figura 4 se observa como los resultados de todos los individuos de los grupos evaluados se distribuyeron con una amplitud similar. Estos datos, aunque presentaron algunas diferencias, en general, debido a su amplitud no van a ser estadísticamente significativas. No obstante, en la Figura 5, al hacer un acercamiento de los datos (lo que permite realizar una evaluación más detallada de las variables fijas como son el grupo y el examen, donde sólo se pueden observar las variables respuestas más cercanas a las fijas), se puede apreciar una diferencia entre el EI1 y el EI2, ya que estos se ubican en cuadrantes diferentes, además, se resalta que el EI2 se relaciona espacialmente con respuestas normales, mientras que el EI1 con anormales, es decir, hallazgos alterados al examen clínico. Adicionalmente, se observa que el GC y GT, se encuentran en cuadrantes diferentes, aunque no tan separados como entre el EI1 y EI2. Sin embargo, se evidencia que el GC se relaciona con variables alteradas como sistema respiratorio y mucosas, mientras que el GT sólo se relaciona con respuestas normales.

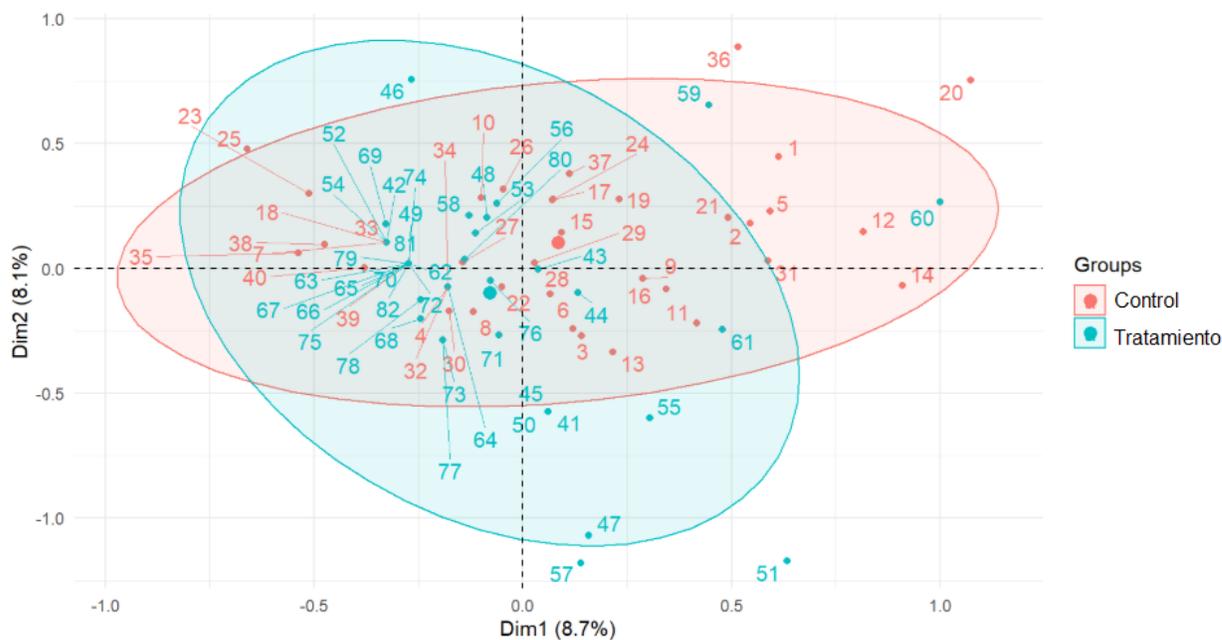


Figura 4. Análisis multivariado de correspondencia múltiple de dos dimensiones comparando el GC y GT. Este gráfico es un análisis de todos los resultados, agrupando EI1 y EI2, donde cada punto representa un individuo (cerdo). Se determinan las dos

dimensiones que permiten mayor relación entre los datos. En la gráfica se evidencia una amplia distribución de los resultados de ambos grupos.

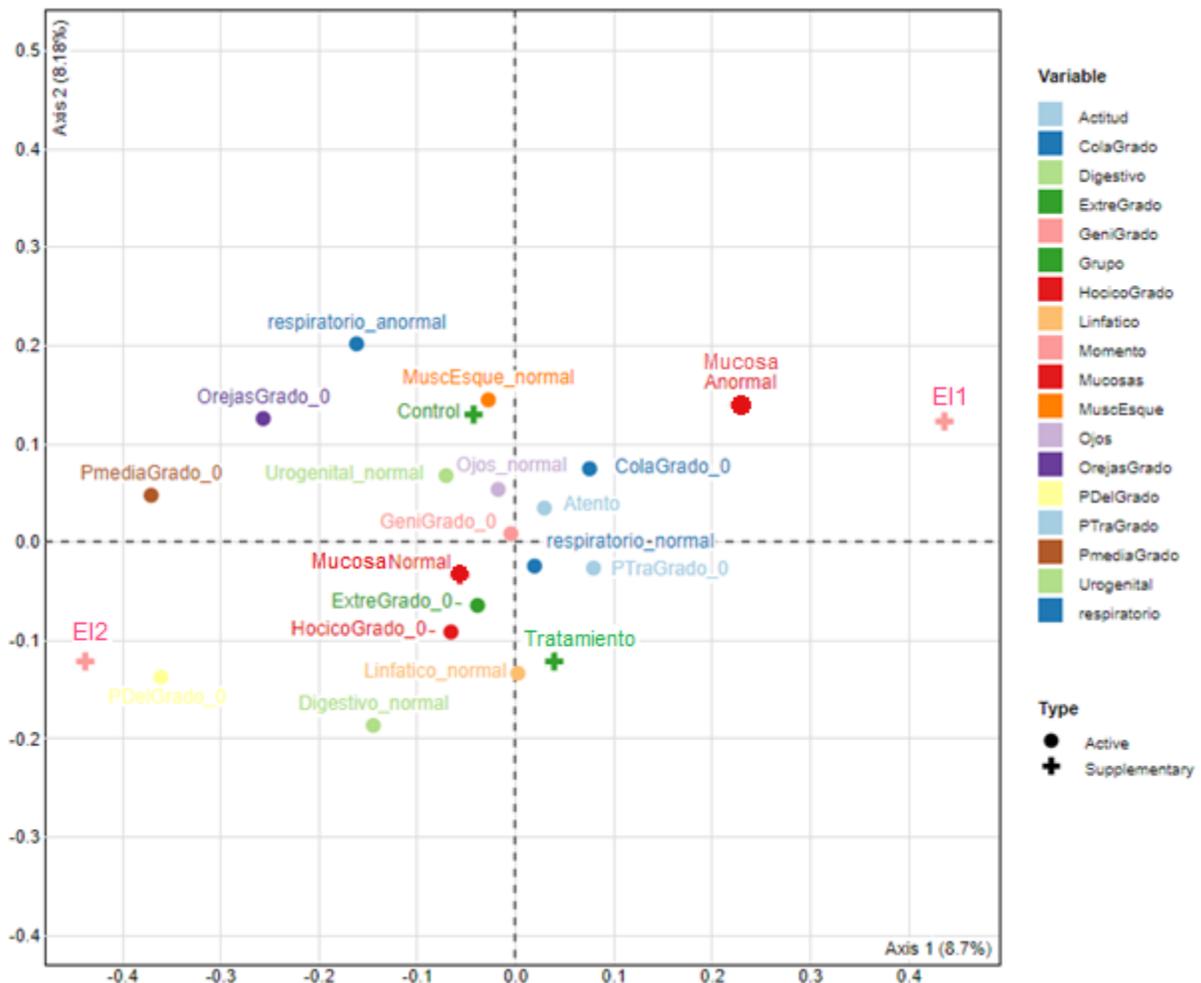


Figura 5. Análisis multivariado de correspondencia múltiple dinámico de dos dimensiones comparando el GC y GT. Este gráfico es un análisis de todos los resultados, agrupando EI1 y EI2, donde cada punto hace referencia a una variable, las cruces representan los grupos de investigación y cada examen clínico individual. Debido a la ampliación realizada en el gráfico, se excluyen los resultados de múltiples variables. En la gráfica se observa la ubicación de cada grupo y examen clínico en cuadrantes diferentes.

Para corroborar lo anterior, se realizó un AMCM para cada examen clínico individual. En el EI1 (Figura 6), donde los individuos de ambos grupos no habían recibido estímulo musical, los datos se dispersan con una amplitud similar, al igual que en la Figura 4. En el EI2, posterior a diez semanas de estímulo musical en el GT, se observa como los individuos del GT presentan signos clínicos más homogéneos comparado al GC, por lo que la dispersión de los datos es reducida (Figura 7).

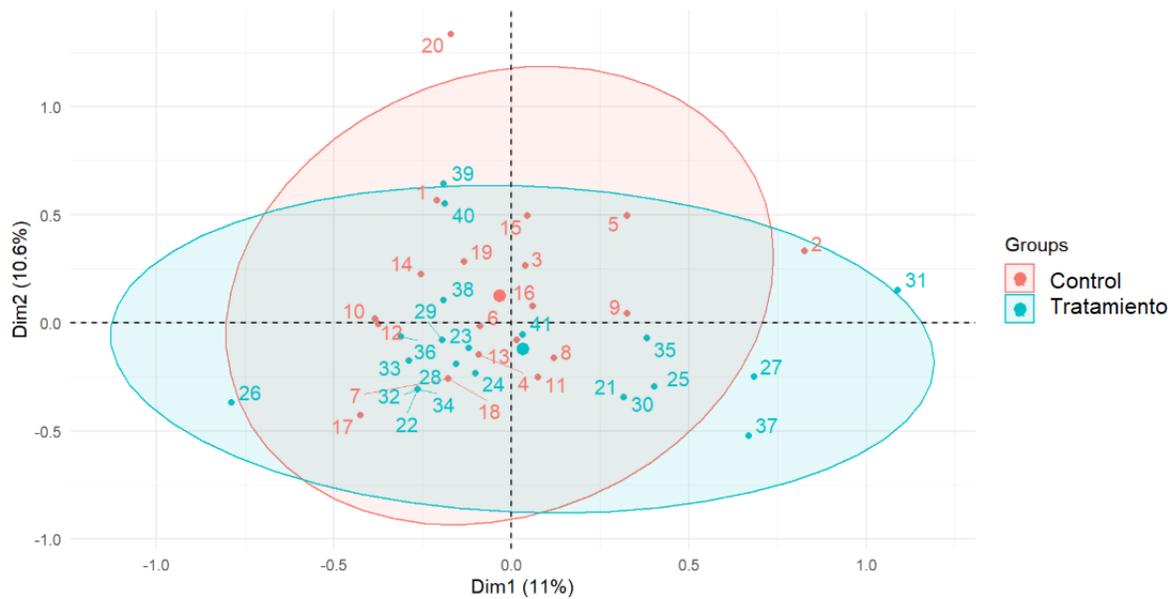


Figura 6. Análisis multivariado de correspondencia múltiple de dos dimensiones comparando el GC y GT en el EI1. Cada punto en el gráfico representa un lechón. En la gráfica se evidencia una amplia distribución de los resultados de ambos grupos.

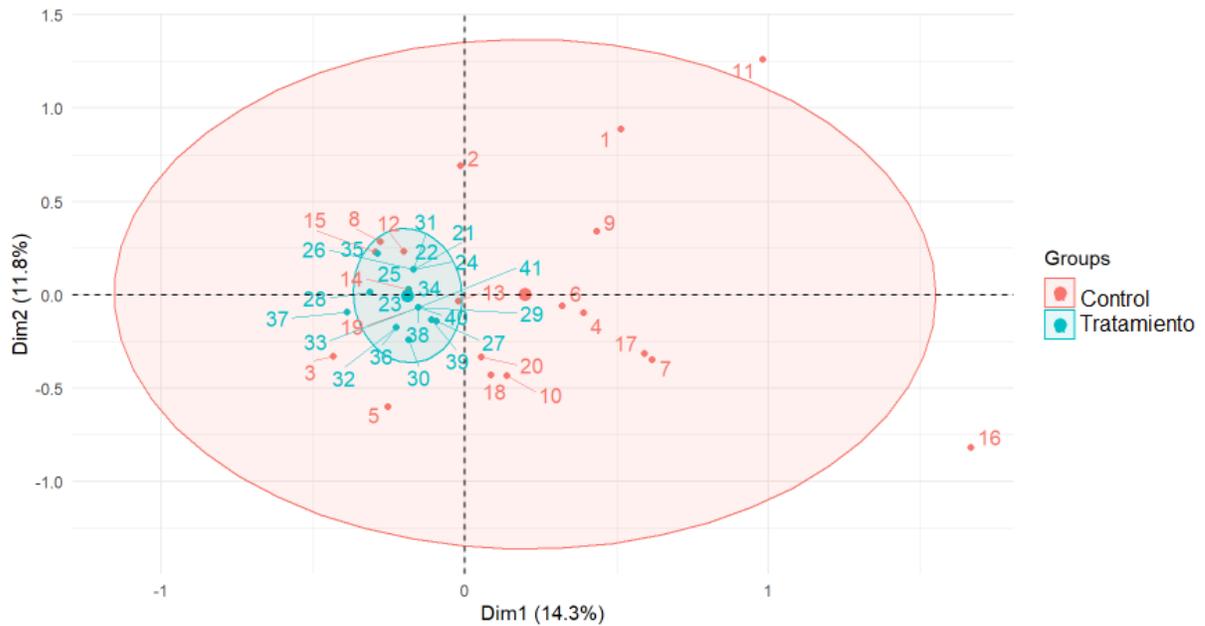


Figura 7. Análisis multivariado de correspondencia múltiple de dos dimensiones comparando el GC y GT en el E12. Cada punto en el gráfico representa un cerdo. En la gráfica se evidencia una pequeña distribución de los resultados del GT y amplia del GC.

En la Tabla 7 se muestran los valores P, resultado del análisis Chi cuadrado entre el GC y GT, realizado a cada variable categórica en el E11 y el E12. En esta tabla se puede evidenciar que, en el E11, los grupos no presentaron diferencias estadísticas significativas en las lesiones de piel en las diferentes áreas corporales evaluadas ($p > 0.05$), esto indica que ambos grupos eran homogéneos para esta variable al iniciar la investigación. En esta misma tabla, en el E12 se observó una reducción en el GT de las lesiones en la piel de orejas, parte delantera y cola ($p < 0.05$).

En la Tabla 7, se presenta la evaluación inferencial de la afección de los sistemas orgánicos y de las mucosas. En el E12, se evidenció en las mucosas y el sistema respiratorio, una tendencia del GC de presentar mayor cantidad de cerdos afectados en dichas variables ($p < 0.1$), la alteración más frecuente en las mucosas fue la mucosa congestiva.

Tabla 7. Valor P de los hallazgos al examen clínico de variables categóricas entre el GC y GT en el E11 y E12. Las variables con un asterisco (*) presentaron una diferencia estadística con un error del 10% y los identificados con dos asteriscos (**) presentaron una diferencia estadística con un error del 5%.

Variable	Valor P	
	E11	E12
Lesiones de piel en Orejas	0.205	0.001**
Lesiones de piel en Parte Delantera	0.735	0.020**
Lesiones de piel en Parte Media	0.195	0.131
Lesiones de piel en Parte Trasera	0.226	1
Lesiones de piel en Extremidades	0.226	0.226
Lesiones de piel en Cola	0.474	0.020**
Lesiones de piel en Hocico	0.688	0.226
Lesiones de piel en Genitales	1	1
Mucosas	0.176	0.051*
Sistema Respiratorio	0.329	0.051*
Sistema Digestivo	1	0.226
Sistema Cardiovascular	0.226	1
Sistema Urogenital	0.474	1
Sistema Nervioso	0.474	1
Sistema Linfático	0.409	1
Sistema Musculoesquelético	0.652	0.652

De igual forma, en las figuras siguientes se presentan las variables categóricas que presentaron diferencia estadística significativa, en el E11 o E12, que fueron, las lesiones de piel en orejas, parte delantera y cola. En la Figura 8 y la Figura 9, se observa que en el E11 los lechones de ambos grupos presentaron gran cantidad de lesiones en las orejas y la parte delantera del cuerpo, mientras que, en el E12, el GC presenta un mayor

número de heridas (en las orejas presenta 12 cerdos y en la parte delantera siete cerdos), con respecto al GT que presenta menor cantidad (en ambos sitios presenta un cerdo) y no presentan lesiones de grado moderado.

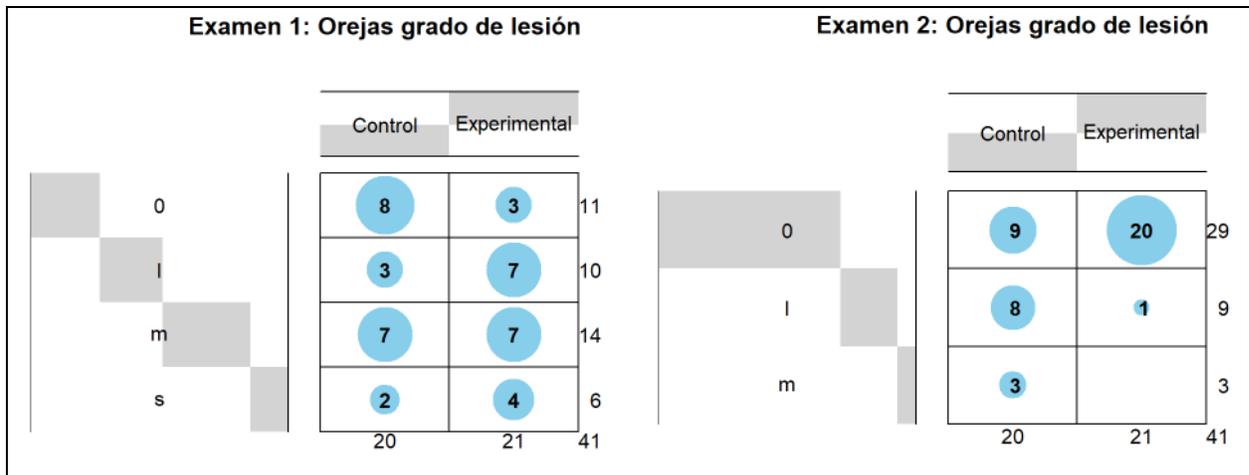


Figura 8. Comparación del número de lesiones de piel y severidad en Orejas entre el GC y GT en el EI1 y EI2. 0 = No presenta lesiones; I = Leve; m = Moderado; s = Severo. El círculo azul en cada variable representa el número de cerdos que presentaron lesiones. En el EI2, el GT presentó un cerdo con lesión de piel en orejas y el GC presentó 11 cerdos.

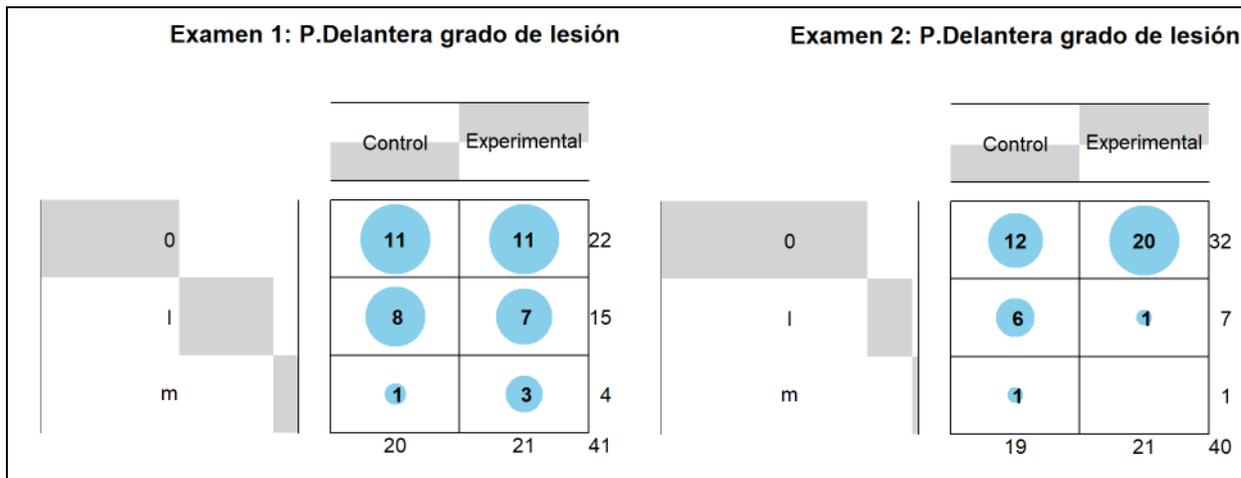


Figura 9. Comparación del número de lesiones de piel y severidad en la Parte delantera del cuerpo entre el GC y GT en el EI1 y EI2. 0 = No presenta lesiones; I = Leve; m = Moderado. El círculo azul en cada variable representa el número de cerdos que presentaron lesiones. En el EI2, el GT presentó un cerdo con lesión de piel en la parte delantera corporal y el GC presentó siete cerdos.

En la Figura 10, en el EI1 fueron escasas o nulas las lesiones de piel que se evidenciaron en la cola en ambos grupos (un cerdo en el GC y ninguno en el GT), mientras que en el EI2 el grupo GT no presentó lesiones de piel, a diferencia del GC, que el 25% de los cerdos presentaron lesiones.

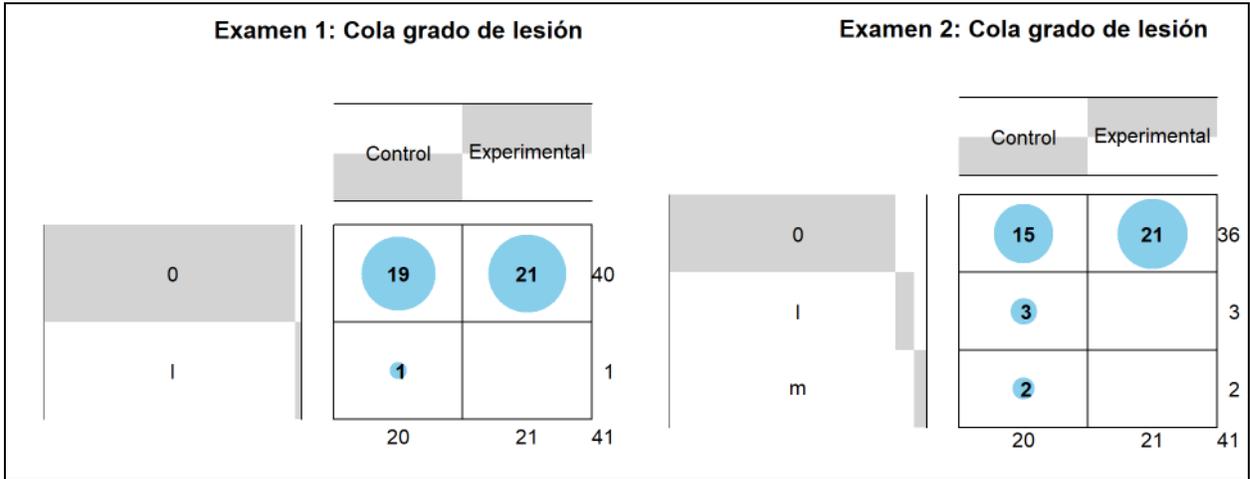


Figura 10. Comparación del número de lesiones de piel y severidad en la Cola entre el GC y GT en el EI1 y EI2. 0 = No presenta lesiones; I = Leve; m = Moderado. El círculo azul en cada variable representa el número de cerdos que presentaron lesiones. En el EI2, el GT no presentó lesiones de piel en cola y el GC presentó cinco cerdos con lesiones de piel en cola.

Adicionalmente, en los gráficos de radar que se observan a continuación, se analizan los tipos de lesiones que tuvieron mayor presentación. Es importante resaltar que en estos gráficos no se evaluó la cantidad de cerdos afectados, sino la proporción de los tipos de lesión en cada examen y grupos de investigación. En la Figura 11 y 12, se puede evidenciar que, en ambos grupos y en ambos exámenes, la lesión que predominó fue la laceración. Asimismo, es evidente que el GC en el EI2 presenta mayor variación en el tipo de lesiones que el GT. Además, en este mismo examen, se observa que el GC presentó mayor proporción de lesiones de mayor profundidad en la piel, como la presentación de incisiones por agresión y eritemas (esta última también se presentó en el GT en muy baja proporción, únicamente en la Parte media).

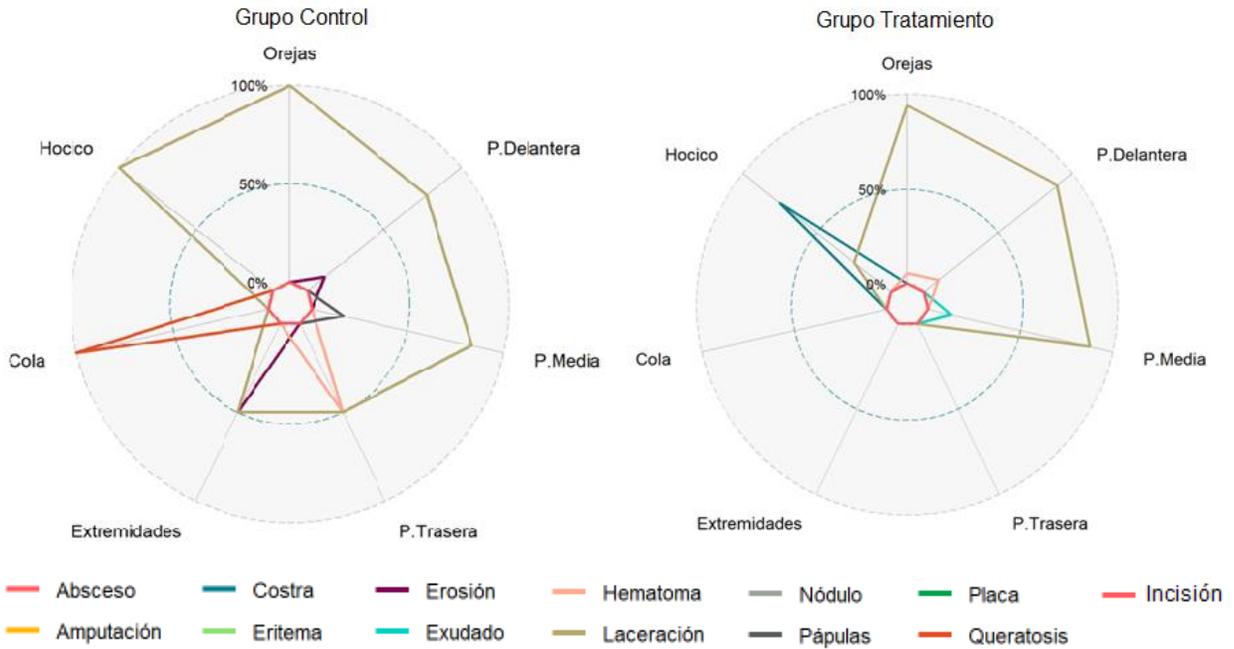


Figura 11. Comparación del tipo de lesión de piel presentadas entre el GC y GT en el E11. Ambos grupos en el E11 presentaron entre cuatro a cinco diferentes tipos de lesiones de piel.

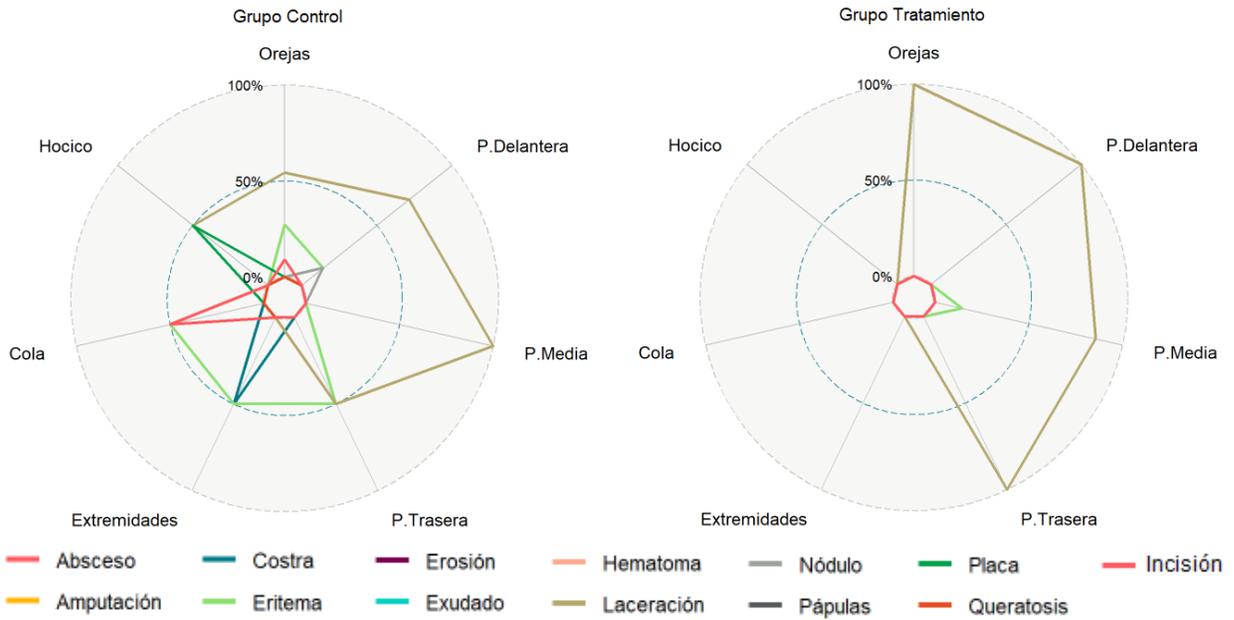


Figura 12. Comparación del tipo de lesión de piel presentadas entre el GC y GT en el EI2. En el EI2, el GT presentó dos tipos de lesión de piel (laceración y eritema), y en el GC se presentaron siete tipos de lesiones de piel.

Efecto del tratamiento sobre los parámetros fisiológicos

Los parámetros cuantitativos evaluados en el examen clínico individual fueron la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y temperatura rectal (TR). En la Tabla 8, se observan los promedios, valores mínimos y máximos de cada uno de los parámetros evaluados, además, de los valores de referencia dados por diferentes autores. Se evidencia que únicamente el GT presenta una FC con resultados entre los valores de referencia. Con respecto a la FR, solamente el GC en el EI1 presentó resultados promedio por encima de los valores de referencia. Con respecto a la TR, únicamente el GC en el EI1 presentó un promedio por debajo del valor de referencia.

Tabla 8. Comparación entre los valores promedio, mínimos y máximos de los parámetros fisiológicas entre el GC y GT, en el EI1 y EI2.

Variable	Examen clínico	Grupo	\bar{X}	Mínimo	Máximo	S2	Valor de referencia
FC	1	Control	135.85	84	220	34.51	90 - 100 ¹
		Tratamiento	128.10	88	180	22.10	
	2	Control	168.85	112	240	39.05	80 - 90 ¹
		Tratamiento	89.52	72	120	9.61	65-90 ³
FR	1	Control	77.2	56	128	16.57	25 - 40 ¹
		Tratamiento	57.9	48	76	7	40-60 ³
	2	Control	54.2	32	80	13.33	30-40 ¹
		Tratamiento	53.7	42	72	7.80	40-60 ³
TR	1	Control	38.4	37.5	39.5	0.59	39 – 39.6 ¹

	Tratamiento	38.83	38.2	39.9	0.45	38.7 - 39.8 ²
2	Control	39.4	38.2	40.9	0.71	38.7 - 39.3 ¹
	Tratamiento	39.49	38.9	39.9	0.29	38.7 - 39.8 ²

¹ Zimmerman et al. (2012), ² Caldara et al. (2012), ³ Monteiro et al. (2017)

En la Tabla 8, se reportan los valores P, obtenidos a través de un análisis de varianza, comparando entre el mismo grupo en los dos exámenes, y entre el GC y GT en cada examen individual. Con respecto a la FC, en el EI2 se puede observar una diferencia estadísticamente significativa entre el GC y GT ($p = 0.001$), el GT presentó una FC menor que el GC.

Tabla 9. Comparación de parámetros fisiológicos en el examen clínico individual entre el GC y GT en el EI1 y EI2. Donde los identificados con un asterisco (*) presentaron una diferencia estadística a través de ANOVA con un error del 5

Variable	Grupo de análisis	Fuente de variación	Valor P
Frecuencia cardíaca	Control	EI2 vs EI1	0.003*
	Tratamiento	EI2 vs EI1	0.001*
	Tratamiento vs Control	EI1	0.822
	Tratamiento vs Control	EI2	0.001*
Temperatura rectal	Control	EI2 vs EI1	0.001*
	Tratamiento	EI2 vs EI1	0.001*
	Tratamiento vs Control	EI1	0.062
	Tratamiento vs Control	EI2	0.959
Frecuencia respiratoria	Control	EI2 vs EI1	0.001*
	Tratamiento	EI2 vs EI1	0.649
	Tratamiento vs Control	EI1	0.001*
	Tratamiento vs Control	EI2	0.999

En general, en el examen clínico individual se observó un efecto benéfico de los estímulos musicales sobre la presentación de lesiones de piel, principalmente en orejas, cola y parte delantera. Adicionalmente, tuvo un efecto en la disminución en la frecuencia cardíaca en el GT.

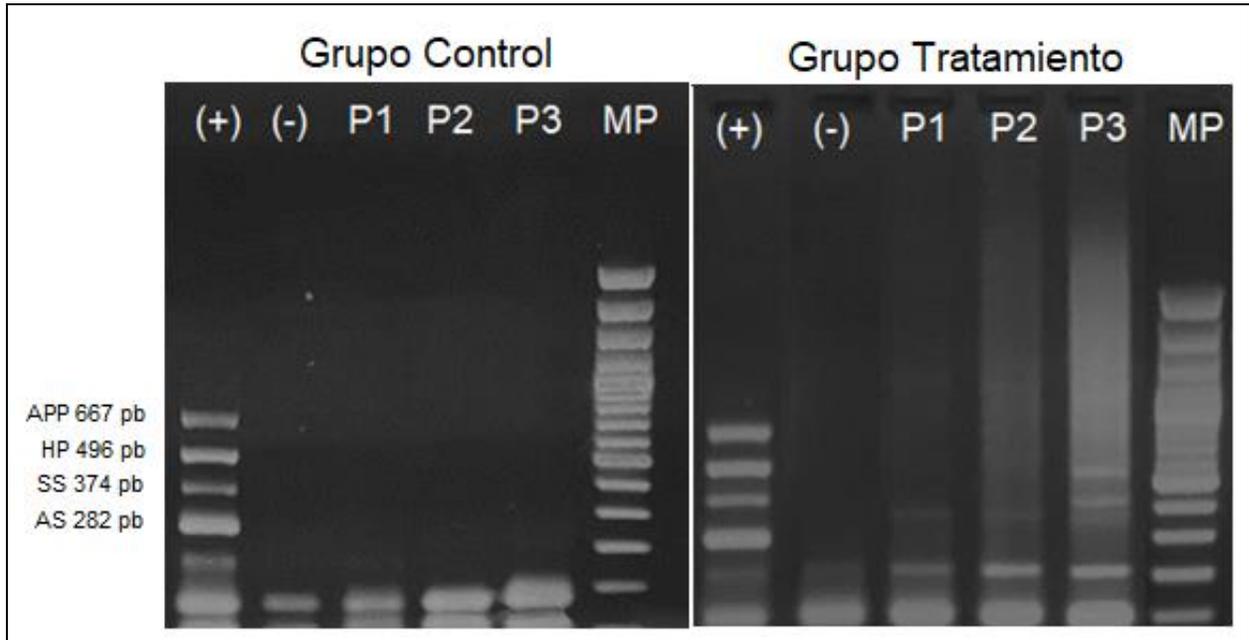
Evaluación de agentes infecciosos respiratorios por PCR

Los resultados de las PCR realizadas se observan en la Tabla 10 y en la Figura 13 (únicamente para la 4-Plex PCR). En esta tabla se evidencia que todos los pools fueron positivos para *Mycoplasma hyopneumoniae*, debido a que ambos grupos presentaron positividad en todas las muestras para este agente. Adicionalmente, el GC presentó positividad en todos los pools para Circovirus porcino tipo 2, y el GT presentó los pools negativos. El GT tuvo un pool positivo para *H. parasuis* y *S. suis*.

Tabla 10. Comparación de resultados de las PCR entre el GC y GT.

Agente	Control			Tratamiento		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	+	+	+	+	+	+
Circovirus porcino tipo 2	+	+	+	-	-	-
<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Actinobacillus suis</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Haemophilus parasuis</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Streptococcus suis</i>	-	-	-	-	-	+

+: Positivo, -: Negativo



**pb pares de bases, MP marcadores de peso*

Figura 13. Comparación de los resultados de la 4-Plex PCR entre GC y GT. P1: Pool 1, P2: Pool 2, P3: Pool 3, APP: *A. pleuropneumoniae*, HP: *H. parasuis*, SS: *S. suis*, AS: *Actinobacillus suis*.

Evaluación Anatomopatológica

Análisis macroscópico

Se evaluaron las superficies dorsal y ventral de los pulmones, derecho e izquierdo. En la Tabla 11 se reporta el porcentaje de afección de cada pulmón. Ambos grupos presentaron valores promedio similares, sin embargo, el valor mínimo del GT fue menor en todas las evaluaciones que en el GC, su desviación estándar y coeficiente de variación fue mayor, esto indica una mayor variabilidad en sus resultados. Lo anterior se evidencia en la Figura 14, además, se observa que, en el pulmón derecho en la superficie ventral, en el GT la mayoría de los pulmones se presentan hacia un porcentaje de afección menor. En el análisis inferencial, utilizando un modelo de efectos

mixtos lineal generalizado, no se observó diferencia estadística significativa en la comparación entre grupos, superficie o lado ($p > 0.05$).

Tabla 11. Comparación de la extensión de las lesiones macroscópicas pulmonares entre el GC y GT. Los valores numéricos están dados en porcentaje de extensión de las lesiones.

Grupo	Superficie	Pulmón	Promedio	S2	Mínimo	Máximo	CV
Control	Dorsal	Derecho	30.15	15,33	4,26	64,27	50.86
		Izquierdo	32.89	18,30	10,95	69,71	55,64
	Ventral	Derecho	26,60	12,37	10,17	53,31	46,52
		Izquierdo	26,48	14,53	6,34	56,60	54,87
Tratamiento	Dorsal	Derecho	28,63	16,74	4,26	74,97	58,45
		Izquierdo	34,55	25,13	1,69	88,24	72,75
	Ventral	Derecho	26,23	13,64	6,23	53,31	52,02
		Izquierdo	30,47	21,95	3,24	71,57	72,04

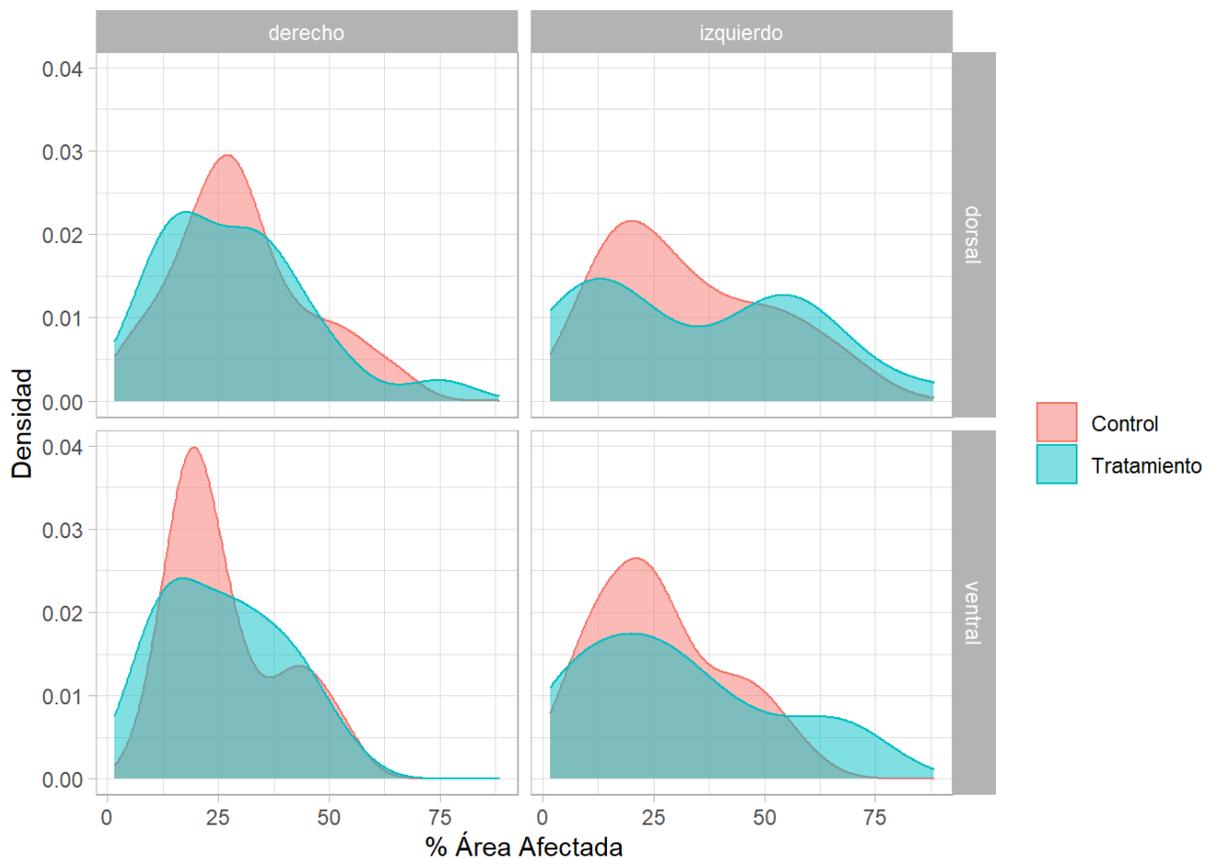


Figura 14. Comparación de distribución del porcentaje de afección de los pulmones. El eje X de los cuatro gráficos es el porcentaje de afección pulmonar. El eje Y es la densidad o número de resultados que diagnosticaron en dicho porcentaje. En ambos grupos se observa una distribución similar del porcentaje de lesión pulmonar, de aproximadamente un 25 % en ambas superficies y lados.

En el análisis descriptivo de las lesiones macroscópicas pulmonares, se evaluó principalmente la ubicación y la coloración de la lesión (Tabla 12). Se evidenció una mayor presentación de lesiones multifocales (GC 18.29% y GT 18.90%) y craneales (GC 10.98% y GT 15.85%) en ambos grupos. En el GC hubo una presentación alta de lesiones laterales (7.93%), es decir, hacia los bordes del pulmón, que no se observó en el GT. Sin embargo, no hubo una diferencia estadística significativa. En cuanto al color

de la lesión, significativamente se observó una mayor presentación de lesiones púrpuras comparados con otras coloraciones. Al análisis por Chi cuadrado no se observó una diferencia estadística en la presentación de coloraciones entre los grupos.

Tabla 12. Comparación de proporciones de características descriptivas macroscópicas de los pulmones del GC y GT.

Grupo	Caudal	Craneal	Difuso	Lateral	Medio	Multifocal	Valor p
Control	3,66%	10,98%	4,27%	7,93%	3,66%	18,29%	0.356
Tratamiento	3,66%	15,85%	4,27%	3,05%	5,49%	18,90%	
	Blanco	Negro	Púrpura	Rojo	Rosado		
Control	0,61%	7,93%	33,54%	3,05%	3,66%		0.034*
Tratamiento	0%	3,05%	32,93%	7,93%	7,32%		

En general en el análisis macroscópico se observó una extensión de afectación pulmonar similar entre los grupos evaluados, y en la evaluación morfológica se resaltó la presentación de lesiones de color púrpura y una distribución multifocal y craneal.

Análisis microscópico

En la Figura 15 se representa el AMCM que presenta un porcentaje de variabilidad de captura mayor. En esta gráfica se observan las lesiones que se relacionan con cada grupo. El GC presentó mayor cantidad de trastornos circulatorios, principalmente edema, congestión y hemorragia. Mientras que, el GT únicamente presenta una ligera relación con la atrofia linfóide. Adicionalmente, el GC y GT se encuentran ubicados en dimensiones diferentes, lo que indica que existen diferencias entre ellos.

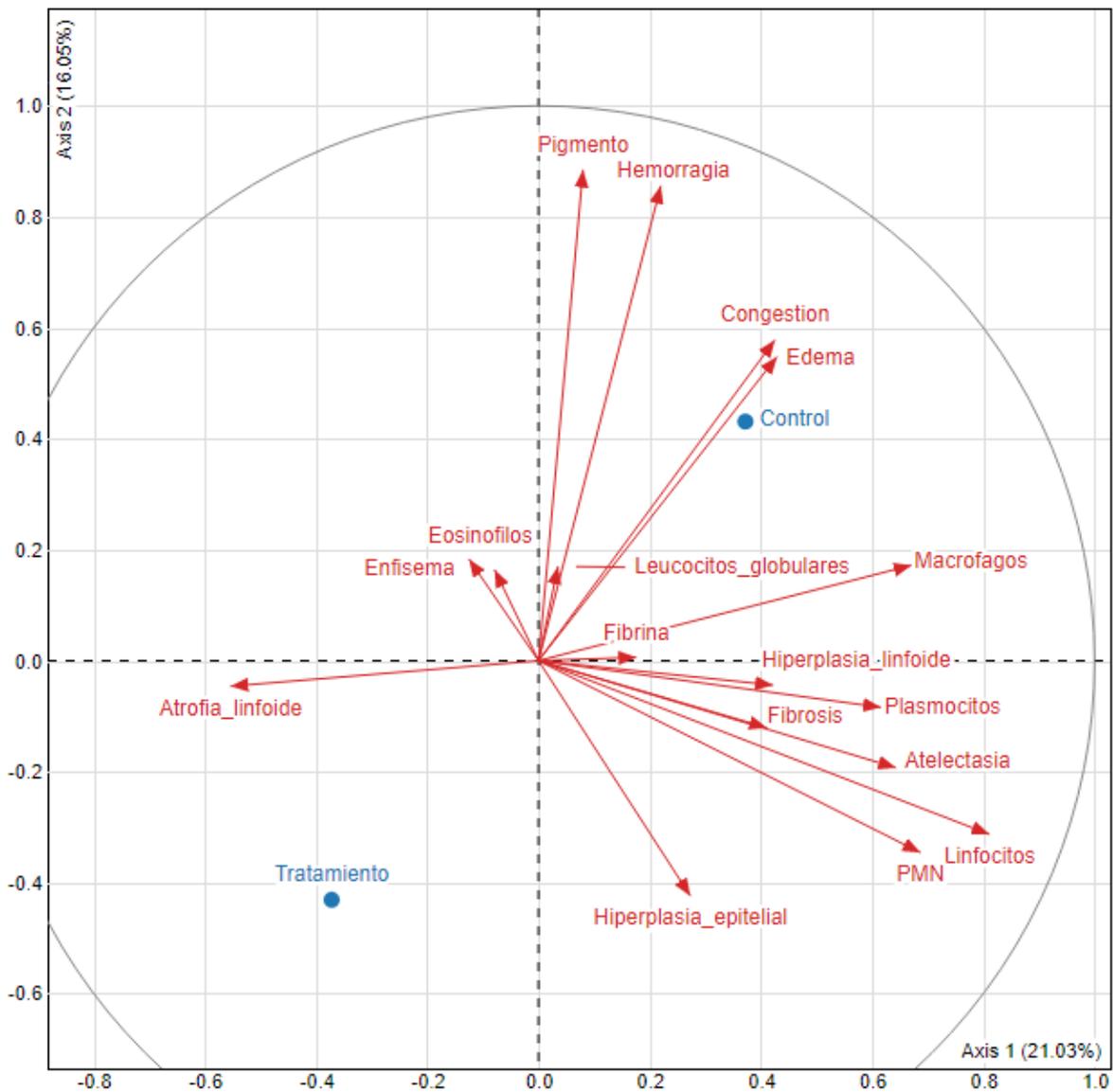


Figura 15. Comparación de las lesiones histopatológicas presentadas entre el GC y GT a través de un Análisis Multivariado de Correspondencia Múltiple. Las flechas rojas corresponden a cada lesión histopatológica, los puntos azules corresponden a cada grupo. En el gráfico se observa que los dos grupos se encuentran en cuadrantes diferentes y el GT se relaciona con menos lesiones que el GC.

En el análisis histopatológico de las lesiones pulmonares (Figura 16) se evidencia que en ambos grupos se presentó con más frecuencia los infiltrados linfocitarios, la fibrosis, macrófagos y polimorfonucleares neutrófilos, siendo los tres primeros relacionados con procesos crónicos y el último con agudos. Asimismo, se observa que en casi todas las lesiones histopatológicas el GC presenta una calificación más alta, excepto en la atelectasia y fibrosis. Asimismo, se observa una diferencia marcada en la congestión vascular, depósitos de fibrina, hemorragia y presentación de pigmento.

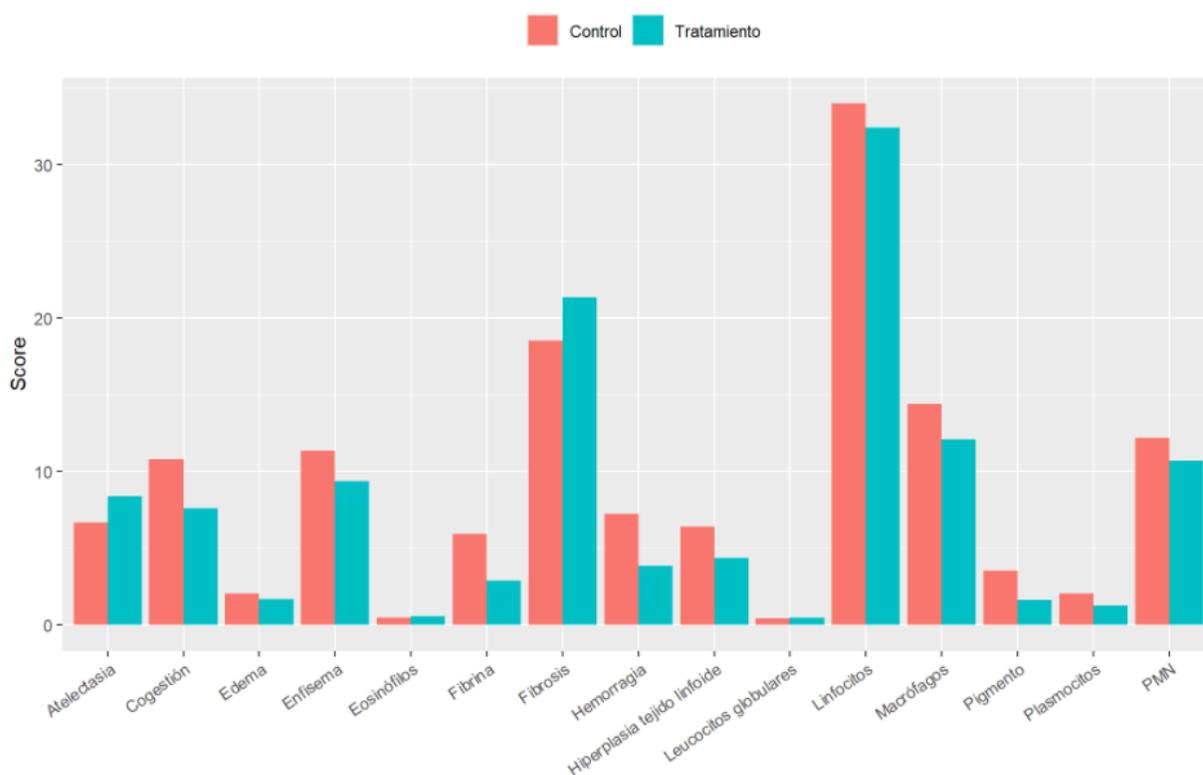


Figura 16. Comparación del score obtenido del GC y GT de las lesiones histopatológicas. El eje Y corresponde a la calificación obtenida para cada variable (explicado en la metodología). En el gráfico se observa que en ambos grupos hay una mayor proporción de linfocitos, fibrosis y macrófagos, adicionalmente en la mayoría de las variables el GT presenta menor calificación.

En la matriz de correlación en la Figura 17, se evidencian las relaciones positivas (ambas variables se presentan) y negativas (tienden a ser excluyente la una de la otra)

entre algunas lesiones histopatológicas. Se observó una correlación positiva moderada entre la atelectasia con macrófagos y linfocitos, debido a que los procesos intersticiales crónicos generan atelectasia pulmonar; linfocitos con PMN, por presentación de infiltrados leucocitarios mixtos; linfocitos con plasmocitos, relacionado a la presencia de infiltrados linfoplasmocitarios; y linfocitos con fibrosis, debido a la presentación de procesos crónicos. También se observa una correlación entre hemorragia con congestión y edema, donde estas tres son consideradas alteraciones vasculares, y la presencia de hemorragia y pigmento (hemosiderina), debido a que corresponde a un depósito de hierro liberado en la lisis de los eritrocitos. Mientras que, las correlaciones negativas, de forma moderada fueron entre la presencia de casi todos los leucocitos (macrófagos, linfocitos, PMN y plasmocitos) con atrofia linfoide (esta correlación negativa se dio de forma moderada). La presencia de atelectasia y enfisema, e hiperplasia y atrofia linfoide, debido a que estas variables son contrarias la una de la otra.

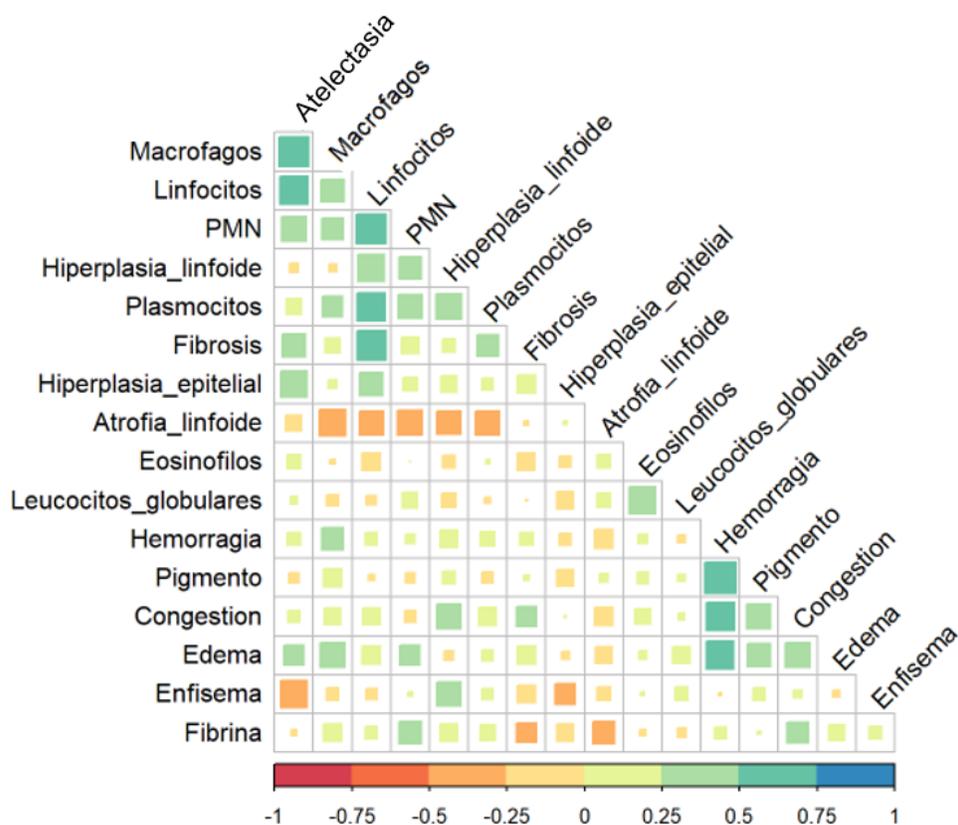


Figura 17. Correlaciones positivas y negativas entre lesiones histopatológicas. La presencia de colores verdes y azules representan correlaciones positivas, y rojo y naranja representa correlaciones negativas. En la gráfica se evidencia una relación positiva entre las alteraciones vasculares (hemorragia, congestión vascular, edema y presentación de pigmento) y entre los leucocitos (linfocitos, PMN, macrófagos y plasmocitos).

En el análisis inferencial de la lesiones (Tabla 13), a través de un modelo lineal o un análisis no paramétrico (si no se cumplía con el supuesto de normalidad), con la prueba de Wilcoxon, se observa que el GT presentó menor cantidad y severidad de las lesiones: congestión vascular, depósitos de fibrina y presencia de pigmentos que el GC ($p < 0.05$). En la hiperplasia linfoide, se presentó una tendencia del GC a presentar mayor severidad que el GT ($p = 0.0745$).

Tabla 13. Valor P de la comparación entre el GC y GT con respecto a las lesiones histopatológicas.

Lesión	Valor P
Linfocitos	0.5008
PMN	0.2650
Eosinófilos	0.7112
Plasmocitos	0.3030
Macrófagos	0.1279
Hemorragia	0.2357
Congestión	0.0154*
Edema	0.4775
Fibrina	0.0001*
Fibrosis	0.1638
Pigmento	0.0038*
Atelectasia	0.1010
Enfisema	0.1674
Atrofia linfoide	0.2524
Hiperplasia Linfoide	0.0745*
Leucocitos globulares	0.6270

Se determinó un diagnóstico histopatológico luego de relacionar todas las lesiones microscópicas en cada muestra (Figura 18). En ambos grupos los diagnósticos histopatológicos más comunes fueron: Neumonía intersticial crónica, Neumonía bronquiolointersticial crónica, Neumonía broncointersticial crónica y Hemorragia pulmonar (Algunas lesiones y diagnósticos más comunes se pueden visualizar en la Figura 20). Sin embargo, En el análisis inferencial de los diagnósticos histopatológicos entre grupos, no se observó diferencia estadística significativa. Adicionalmente, se realizó una comparación entre la severidad de los diagnósticos entre el GC y GT (Tabla 14 y Figura 19). En la tabla se puede observar que el GT presentó más casos gradificados entre incipiente y leve a moderado, pero también entre moderado a severo y severo. Al simplificar la categorización, como bajo y alto (Figura 23), se observa que las lesiones diagnosticadas en el GT fueron menos severas que en el GC. Inferencialmente, se evidenció una tendencia estadística ($p = 0.095$) del GT a presentar menos diagnósticos de grado alto que el GC.

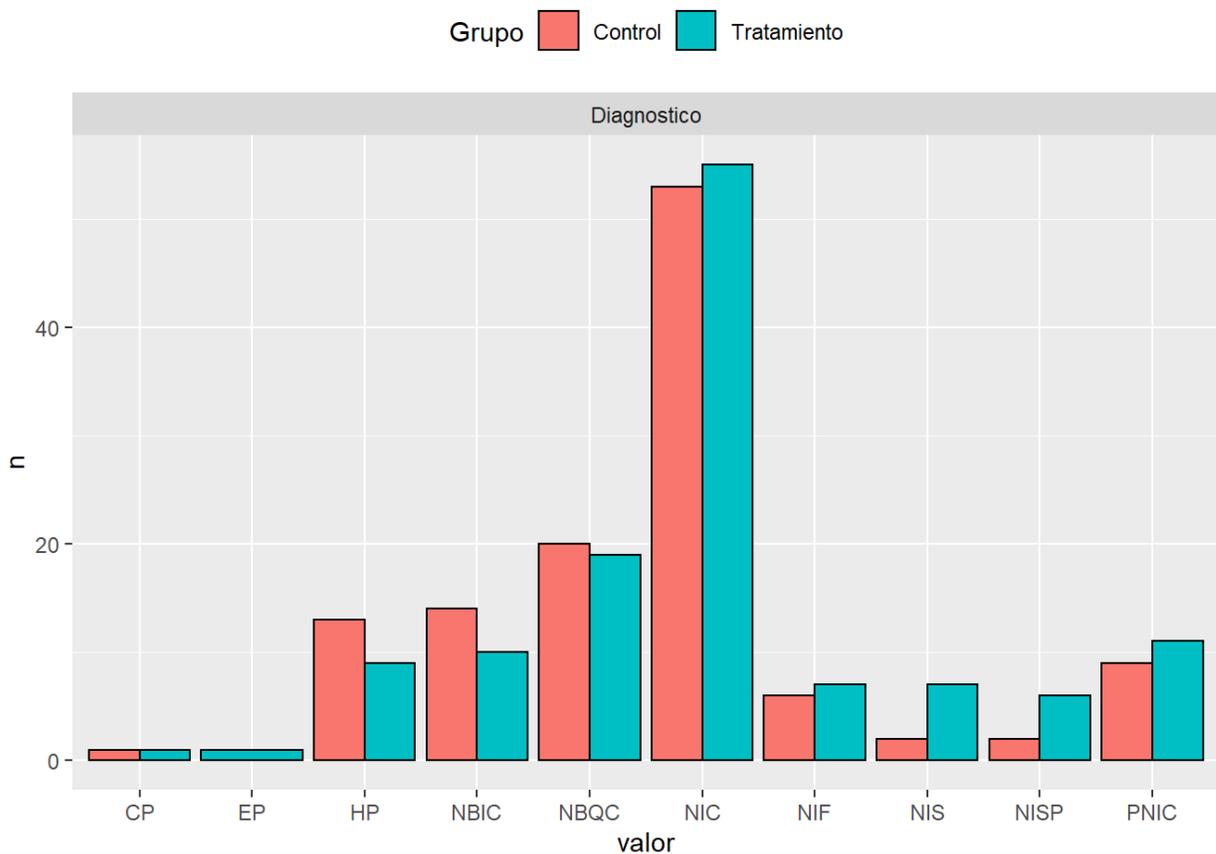


Figura 18. Comparación entre los diagnósticos histopatológicos pulmonares. CP: Congestión pulmonar, EP: Edema pulmonar, HP: Hemorragia pulmonar, NBIC: Neumonía broncointersticial crónica, NBQC: Neumonía bronquiolointersticial crónica, NIC: Neumonía intersticial crónica, NIF: Neumonía intersticial fibrinosa, NIS: Neumonía intersticial subaguda, NISP: Neumonía intersticial supurativa, PNIC: Pleuroneumonía intersticial crónica.

Tabla 14. Proporción de severidad de los diagnósticos histopatológicos entre el GC y GT. Donde, Incipiente: sin lesiones relevantes, Leve: procesos que abarcan el 0-20%, Leve a moderado: 20-40%, Moderado: 40-60%, Moderado a severo: 60-80% y Severo: 80-100%.

Grupo	Incipiente	Leve		Moderado		Severo
		Leve	moderado	Moderado	a severo	
Control	3.25%	9.76%	10.57%	17.89%	3.66%	3.66%
Tratamiento	5.69%	12.20%	12.60%	10.57%	4.47%	5.69%

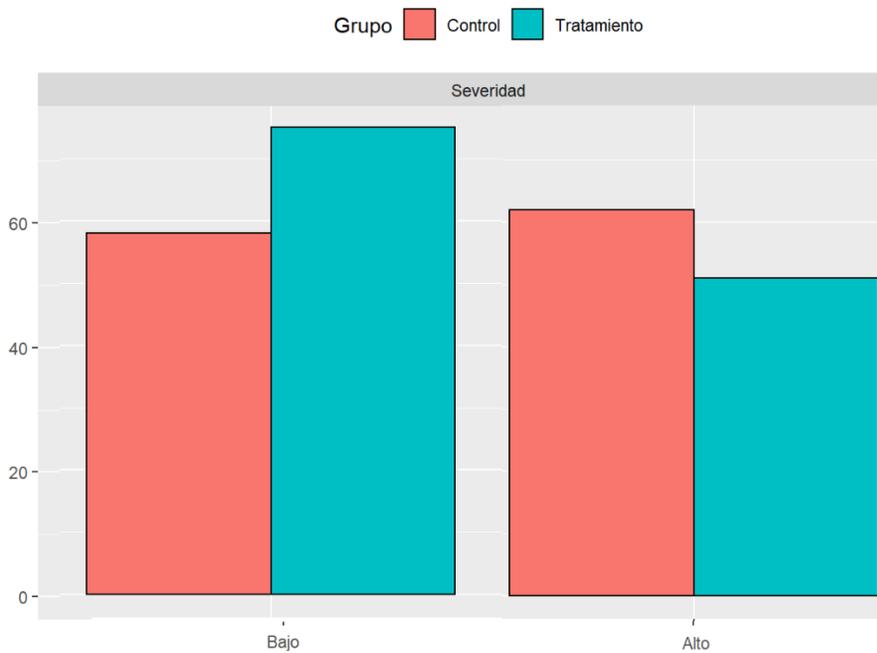


Figura 19. Severidad de los diagnósticos histopatológicos entre el GC y GT. Donde grado bajo se considera procesos que abarquen 0-40% de la muestra y alto 40-100%. En la gráfica se evidencia una mayor presentación de diagnósticos de grado bajo en el GT.

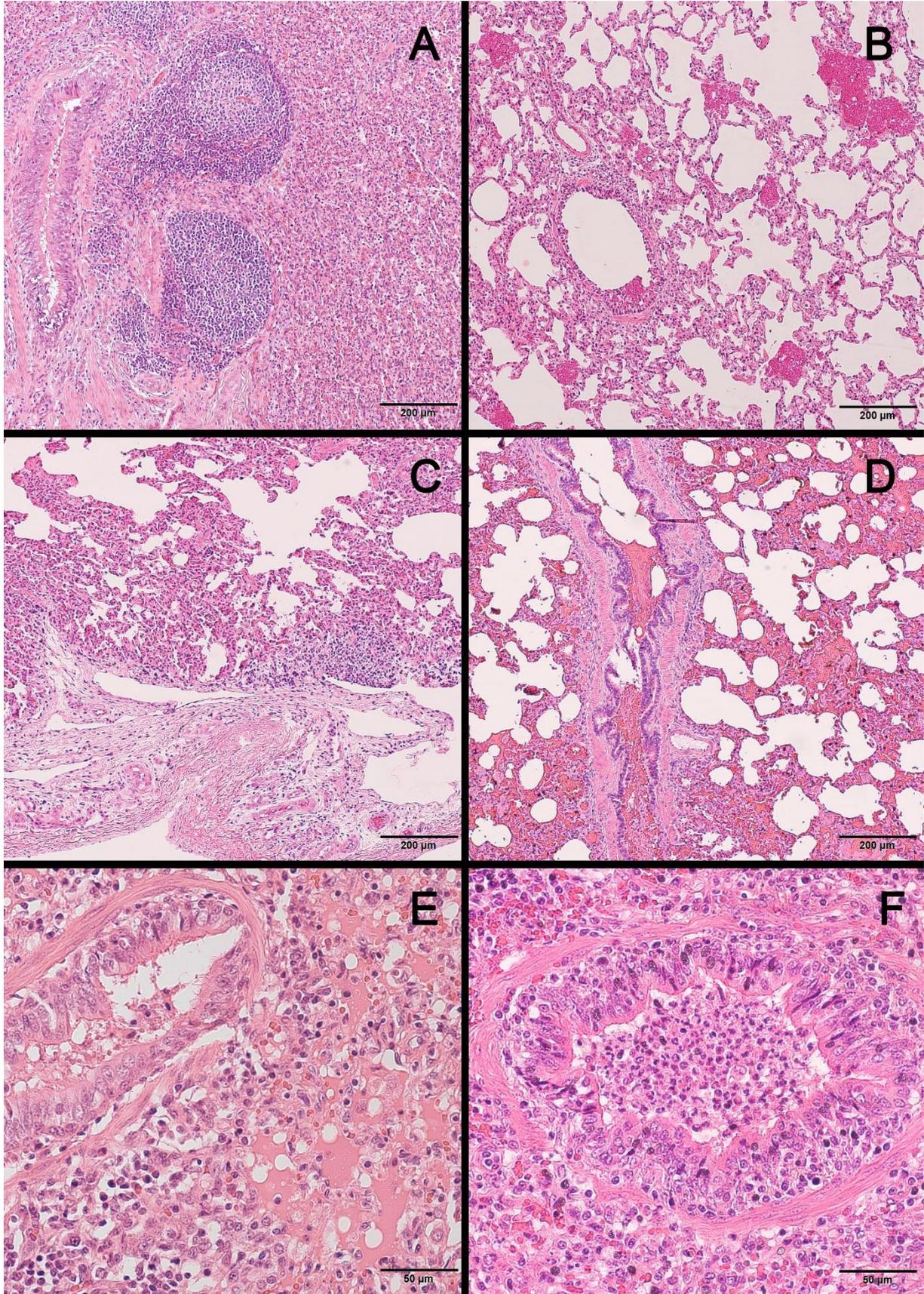


Figura 20. Diagnósticos histopatológicos de mayor presentación en el pulmón. (A) Neumonía intersticial crónica con hiperplasia linfoide (H-E, 100x). Se evidencia engrosamiento de los septos alveolares ocasionando atelectasia pulmonar. (B) Neumonía intersticial fibrinosa (H-E, 100x). Nótese los focos de depósitos de fibrina de una coloración eosinófila intensa en el lumen de los alveolos y comprometiendo los septos. (C) Pleuroneumonía intersticial crónica (H-E, 100x). Se observa el engrosamiento de la pleura y los septos alveolares, y presencia de infiltrado leucocitario mononuclear. (D) Hemorragia pulmonar (H-E, 100x). Se evidencia la presencia de hemorragia en el lumen alveolar y bronquial, con depósitos de hemosiderina. (E) Edema pulmonar (H-E, 400x). Se evidencia abundante material eosinófilo homogéneo (edema) en el lumen alveolar, y presencia de focos de infiltrado leucocitario mixto, con predominio de linfocitos. (F) Neumonía supurativa (H-E, 400x). Se exhibe el exudado neutrofílico en lumen bronquial, y presencia de infiltrado mononuclear en el intersticio del bronquiolo.

Evaluación de parámetros zootécnicos

Ganancia de peso

Como se explicó en la metodología, el análisis del peso y la GDP se realizó a partir de cuatro pesajes: PN, PD, P14 y P160. En la Tabla 15 se evidencia que, al nacimiento y el destete, el GT presentó mayor peso en promedio, estos dos pesos no tuvieron diferencia significativa ($p > 0.05$); sin embargo, en el P14 y el P160, se evidenció que el GC presentó un peso mayor en promedio que el GT, en ambos casos no fue de forma significativa ($p > 0.05$). Empero, en el P160, se calculó una menor desviación estándar, es decir, que los pesos fueron más homogéneos en el GT.

Tabla 15. Comparación de pesos y ganancia diaria de peso entre el GC y GT. Todos los valores están expresados en kilogramos.

Pesaje	Control				Tratamiento				
	Peso	S ²	GDP	S ²	Peso	S ²	GDP	S ²	P
Nacimiento	1.56	0.31			1.57	0.27			0.936

Destete	5.82	1.21	0.23	0.05	6.39	1.68	0.23	0.06	0.091
Semana 14	53.06	6.79	0.6	0.08	49.48	7	0.56	0.08	0.064
Peso ajustado	96.81	15.73	0.72	0.18	94.61	13.35	0.58	0.08	0.446

*S² desviación estándar, GDP ganancia diaria de peso, P valor p.

Asimismo, en la Figura 21 y 22, se visualiza lo anteriormente relatado. No se observó diferencia entre el GC y GT al PN y PD, sin embargo, P14 y P160, se comienza a ver una diferencia entre los grupos, en el cual el GC presenta mayor peso. La Figura 2 permite observar que aproximadamente a 100 días de edad de los cerdos, se dio la diferencia entre los pesos de los grupos evaluados. En general se observó que hasta el día 100 de vida de los cerdos aproximadamente, no hubo un efecto de los estímulos musicales sobre el peso de los animales, a partir de ese momento el tipo de estímulos utilizados tuvo un efecto negativo en el peso.

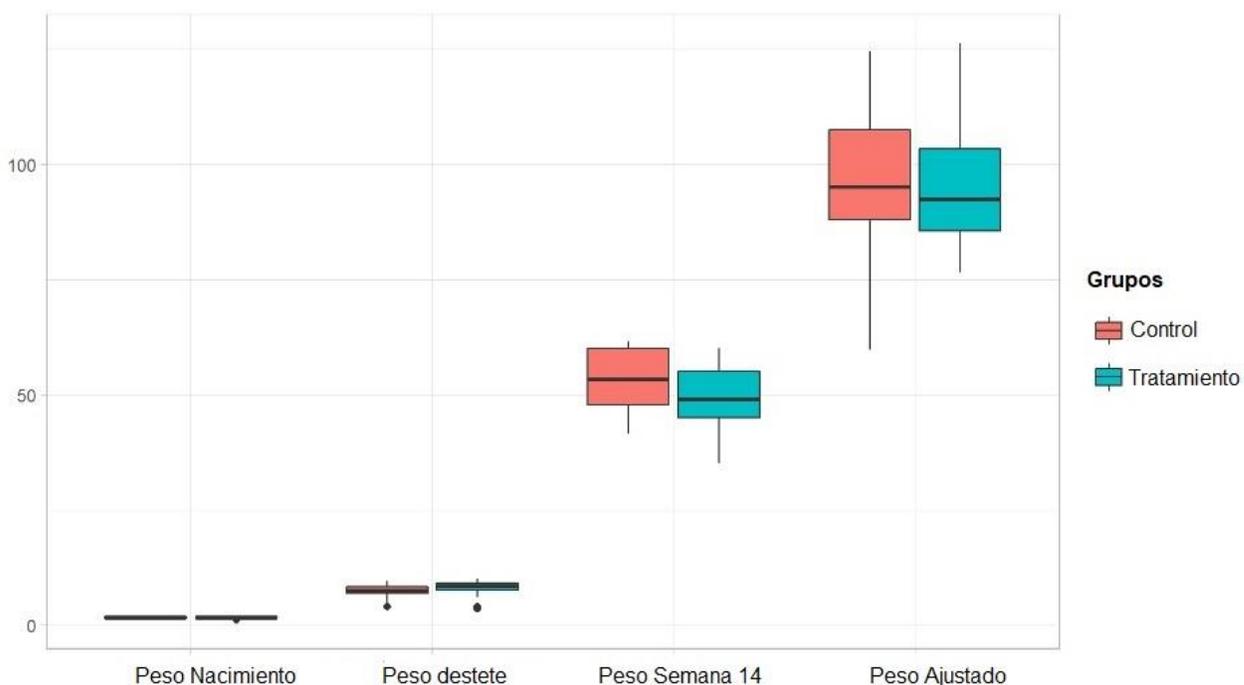


Figura 21. Comparación entre los pesos entre el GC y GT. En el P14 y P160 se observa un peso menor del GT.

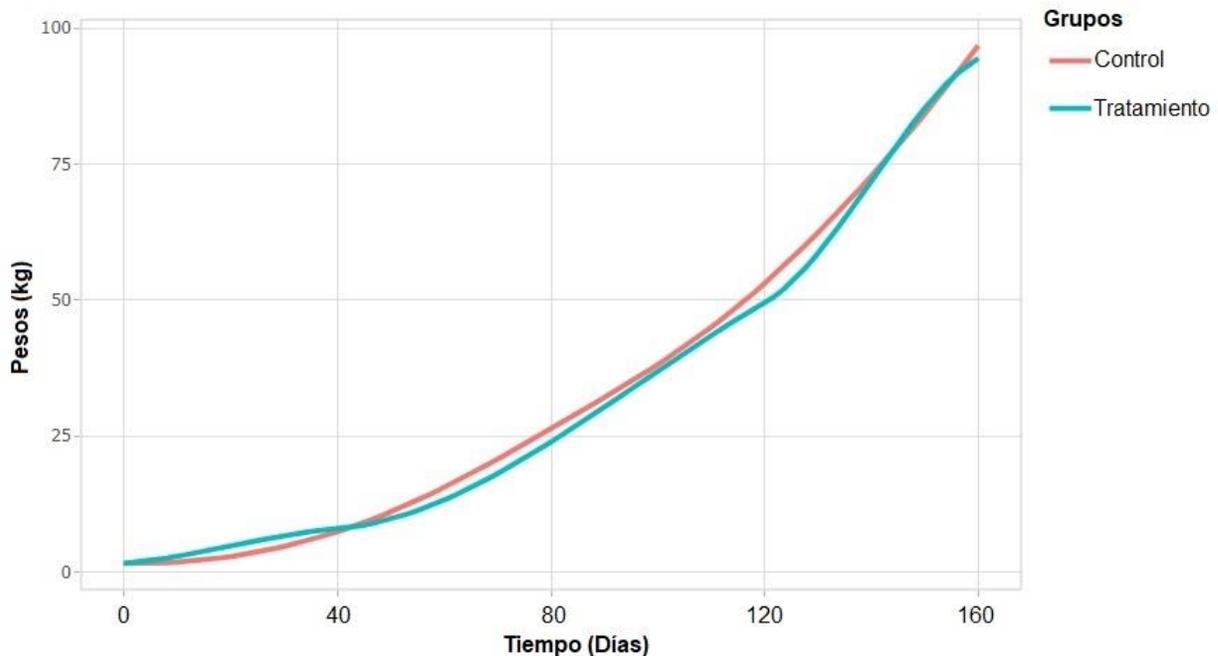


Figura 22. Línea de tendencia del peso con respecto al tiempo (días) entre el grupo GC y GT. Se observa una diferencia de peso aproximadamente a los 100 días representado como una separación de la línea que identifica a cada grupo.

Calificación de las canales

Al momento del sacrificio, en la planta de beneficio, se tomaron los datos a través de una sonda óptica de marca Hennessy Grading System, modelo GP-4. En la Tabla 16 se observan los datos relacionados con pesos, como Peso de canal caliente (PCC) y Peso de canal refrigerada (PCF), presentaron un menor valor en el GT. Al analizar el Espesor de Grasa Dorsal (EGD) se identifica un menor valor en el GT, mientras que, en el Porcentaje de Carne Magra de la Canal (CMC) y en la Profundidad del Músculo del

Lomo (PML), que son parámetros positivos, se evidencia un promedio mayor en el GT comparado con el GC. En los tres valores mencionados anteriormente, la desviación estándar es menor en el GT, lo que indica una mayor homogeneidad entre los individuos.

Tabla 16. Comparación de los parámetros de calificación de la canal entre el GC y GT. El Valor P fue obtenido a través de un modelo lineal.

Variable	Grupo	Promedio	Mínimo	Máximo	S ²	Valor p
EGD (mm)	Control	10.36	5.6	19.2	3.19	0.2072
	Tratamiento	9.75	5.6	14.8	2.36	
PCC (kg)	Control	82.17	45.9	108.3	14.13	-
	Tratamiento	75.57	60.2	98.7	10.04	
PCF (kg)	Control	77.54	39	105.6	14.58	0.0005*
	Tratamiento	73.98	59.6	97.2	10.14	
CMC (%)	Control	57.89	52.8	61.4	1.96	0.4221
	Tratamiento	58.79	56.6	60.7	1.3	
PML (mm)	Control	60.55	6.4	76.8	15.54	0.0016*
	Tratamiento	66.93	56.4	78.8	5.7	

Las líneas de tendencia muestran las diferencias entre ambos grupos, ya que permiten comparar entre individuos cuando se encuentran en un peso al sacrificio similar, excepto en la comparación entre el PCC y el PCF, debido a que la intención en estas últimas mediciones era comparar la pérdida de peso de la canal al ser refrigerada (Figura 23). En cada uno de los parámetros tomados en la planta de beneficio, se evidenciaron valores más altos del GT, aunque en el EGD se observa que las líneas de tendencia son perpendiculares, por ende, no existe una diferencia entre grupos. También es posible observar en estas gráficas que, a mayor peso, los cerdos presentan menor porcentaje de carne magra y mayor profundidad del lomo. Adicionalmente en la Figura 23, se observa una diferencia entre grupos principalmente en el PCM y PCF.

Con relación a lo anterior, en la Tabla 16, se observa el análisis inferencial, a través de un modelo lineal, de cada uno de los parámetros obtenidos en la planta de beneficio. El EGD y CMC no presentaron diferencia estadística ($p > 0.05$); mientras que en la PML y PCF se evidencia una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$). En general se encontró que los estímulos musicales mejoraron los parámetros PML y generó una menor pérdida del PCC al PCF.

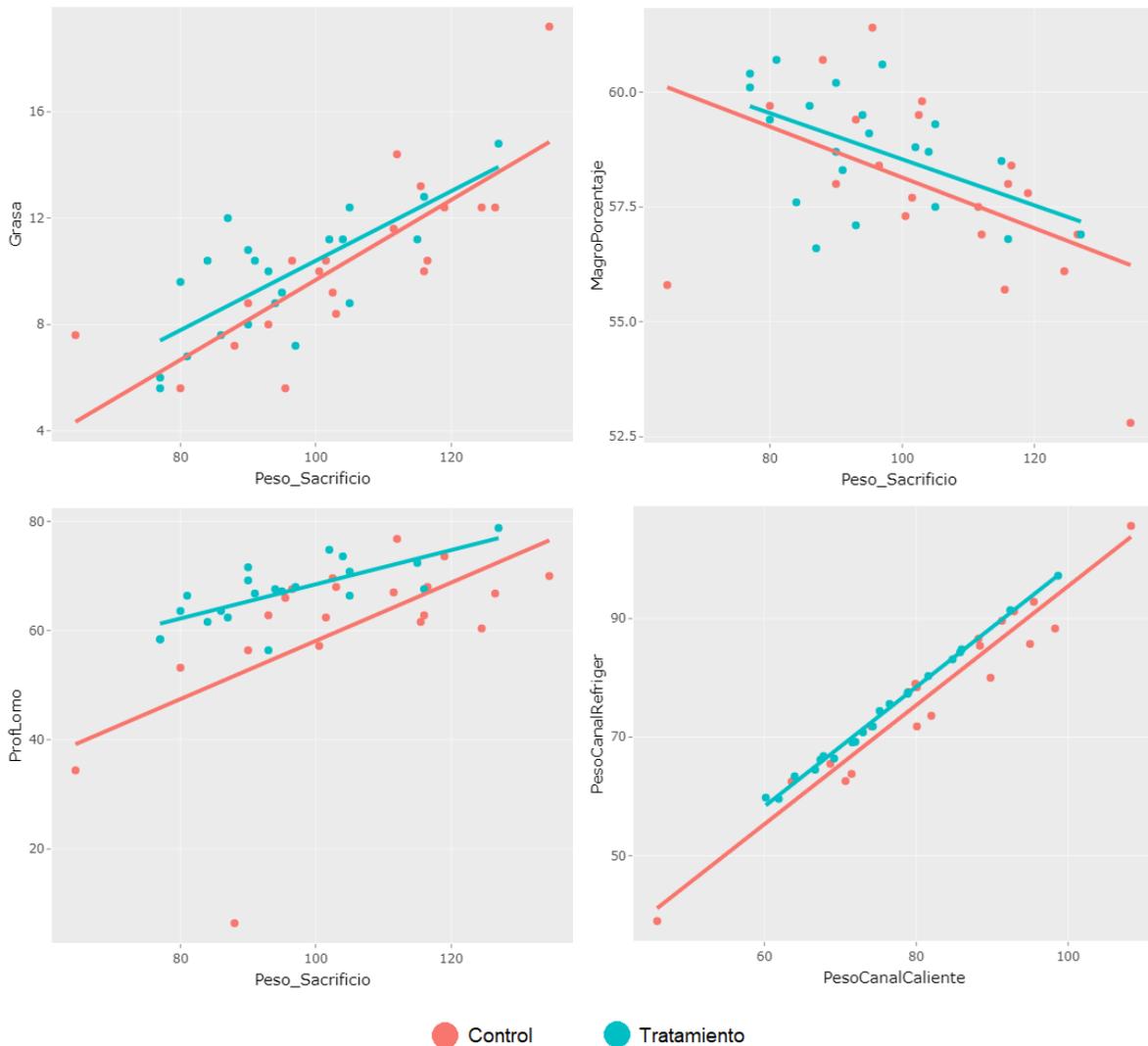


Figura 23. Líneas de tendencia entre el GC y GT de los parámetros de calificación de la canal. En todos los parámetros evaluados el GT presenta valores mayores al comparlo con el GC con respecto al mismo peso.

7.4. Discusión

Evaluación de las manifestaciones clínicas

La evaluación de las lesiones de piel es importante en la porcicultura, para indagar la presentación de conductas agresivas en la granja. Existen múltiples estudios que implementan este tipo de evaluación y han afirmado que este tipo de comportamientos se generan por condiciones estresantes, sean ambientales, de reagrupamiento, ayuno, entre otros (Beattie et al., 2000; Bottacini et al., 2018; Godyn et al., 2019). En la presente investigación, se observó que el GT presentó una reducción estadísticamente significativa en la cantidad de lesiones cutáneas en las orejas, cola, parte delantera y media del cuerpo, con respecto al GC. Lo que evidencia un efecto beneficioso del tratamiento con estímulos musicales para disminuir el comportamiento agresivo de los cerdos.

Múltiples estudios han evaluado la utilización de enriquecedores como método para la disminución del estrés en la producción y por ende disminuir la cantidad de lesiones en la piel, sin embargo, la mayoría ha utilizado enriquecedores físicos, a diferencia de esta investigación en la que se utilizó con un método acústico sensorial. En la investigación de Bottacini et al. (2018), se evaluó la utilización de la paja como sustrato y su efecto en las mordeduras en las orejas y la cola, al ser los sitios de mayor presencia de lesiones por agresividad. Scollo et al. (2013) observó que el enriquecedor fue un factor protector, ya que disminuyó en gran medida la presentación de las heridas en la cola y las orejas. En la investigación de Manciooco et al. (2011) hubo una mayor presencia de comportamientos agresivos (mordidas) en el área del cuerpo y las orejas en los cerdos en un ambiente estéril. En este estudio también se evidenció una disminución significativa de las lesiones de piel de forma general en el examen clínico semanal ($p=0.013$), principalmente en la parte media y delantera, similar a otros autores (Manciooco et al., 2011); y en el ECI2 se evidenció una reducción significativa en la presentación de las lesiones en las orejas y la cola ($p<0.05$), esto lo evidenciaron otros

autores con el uso de otros enriquecedores (Bottacini et al., 2018; Manciooco et al., 2011; Scollo et al., 2013). Teniendo en cuenta que los dos exámenes clínicos utilizados en la presente investigación presentaron resultados significativos diferentes, se sugiere para futuros estudios emplear diferentes tipos de evaluación clínica, debido a que es posible no evidenciar cambios en los cerdos dependiendo de la forma de identificación de lesiones. Lo anterior, debido a que el examen individual se puede realizar de forma más detallada e inspeccionando con más cercanía al cerdo, mientras que el examen semanal, por el constante movimiento de los cerdos no permite identificar todas las lesiones de piel en cada individuo.

La evaluación de las lesiones de piel se ha utilizado en múltiples estudios para analizar el comportamiento agresivo en los cerdos, sin embargo, no se ha profundizado en la caracterización patológica de la lesión (Scollo et al., 2013). En esta investigación se observó una disminución significativa de lesiones profundas en la piel del GT. Esto se debió a que los estímulos musicales redujeron conductas agresivas. La literatura reporta, que la presentación de heridas profundas, son indicativas de peleas en el corral (Manciooco et al., 2011); este mismo autor, en su estudio no observó la presencia de este tipo de lesiones en ningún grupo (en ambiente enriquecido y no enriquecido); al contrario de nuestro estudio, donde en el EC1 (Figura 11), sin la estimulación musical, en ambos grupos se presentaron heridas profundas, como hematomas; mientras que en el EC2, con el efecto de la música en el GT, únicamente el GC presentó heridas profundas, como incisiones (por agresión) (Figura 12). Asimismo, en el estudio de Beattie et al. (2000), evidenciaron una mayor presentación de conductas agresivas en el grupo no enriquecido, como el cabeceo y las mordeduras, esto lo relacionaron con la presencia de heridas superficiales como las laceraciones y eritemas, al igual que en nuestro estudio, donde también fueron las lesiones cutáneas más comunes. Posteriormente, es común observar cómo proceso reparativo, la formación de costras, que igualmente tuvo una alta prevalencia. Igualmente, Manciooco et al. (2011)

evidenciaron que las lesiones de piel más comunes son las laceraciones, las cuales caracterizaron como superficiales.

Es posible deducir que la evaluación de los signos en el examen clínico puede ser utilizado para evaluar los beneficios o perjuicios de un enriquecimiento. El examen clínico individual fue el que generó resultados más relevantes y que permitieron un análisis más profundo. Igualmente se sugiere considerar la utilización de exámenes clínicos individuales y semanales, para investigaciones futuras, debido a su fácil empleo y la cantidad de datos que genera. Asimismo, como lo propone Scollo et al. (2013), los enriquecedores deben ser usados en la etapa de recría para disminuir la presentación signos clínicos, como se realizó en nuestra investigación, ya que, en la etapa de ceba, este tipo de comportamientos negativos se disminuye tanto en grupos enriquecidos como no enriquecidos.

Efecto del tratamiento sobre los parámetros fisiológicos

En la evaluación de los parámetros fisiológicos, es importante resaltar que, en muchas ocasiones, los valores máximos, principalmente de la FC y FR, de ambos grupos, se encontraban alterados con respecto a los valores de referencia presentados en la Tabla 8. Esto se dio debido a la manipulación generada en los cerdos al momento del examen clínico, siendo considerado esto un estímulo de estrés agudo, que generó un efecto sobre el sistema nervioso autónomo, ocasionando un aumento sobre estas constantes (Zimmerman et al., 2012; Dhabhar, 2014). Para evitar el aumento de estas variables, en próximos estudios se realizará un entrenamiento previo de los animales para realizar el recorrido desde el corral hasta el brete y la manipulación de cada cerdo, o la utilización de monitores sin contacto de los animales, los cuales requieren el uso de equipos médicos avanzados, como análisis termográfico infrarrojo (i.e Cámara infrarroja de onda larga, VarioCAM1 HD head 820S/30) o dispositivos biomédicos acondicionados al cuerpo de los porcinos (Barbosa et al., 2019). Sin embargo, debido a la cantidad de la

muestra, esto no fue posible. Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, es importante resaltar, que ambos grupos recibieron una manipulación similar y aún así se evidenciaron cambios significativos, principalmente en la disminución de la FC del GT.

El estrés tiene efectos directos sobre las constantes fisiológicas de los animales, generando cambios principalmente en la frecuencia cardíaca y en la temperatura corporal (de Jong et al., 2000). Y en los cerdos son pocos los estudios que han evaluado las constantes fisiológicas en cerdos como parámetros indicadores de estrés o para analizar los efectos de los enriquecimientos (Mkwanazi et al., 2019). En la presente investigación, fue altamente significativo la diferencia en la FC entre el GC y GT, donde en el E12, el GT presentó una frecuencia cardíaca mucho menor que el GC. En la investigación de Stachurska et al. (2015), realizado en caballos de carreras, utilizaron la música como método para disminuir el estrés durante el entrenamiento de los equinos, y observaron que la FC fue menor en el grupo enriquecido al momento del ensillado; esto lo relacionaron con una disminución en el estrés en la preparación pre-entrenamiento. Como propuso Stachurska et al. (2015), es posible que los estímulos musicales hayan generado una disminución del estrés a la manipulación generado en el examen físico. Esto último tiene relación con el efecto del estímulo musical en el GT en el aumento en la capacidad de retención de agua en la canal. Las diferencias en la FC y la CRA entre el GC y GT, sugiere que los cerdos estimulados presentaron una mejor adaptación al estrés agudo ocasionado por la manipulación, que los cerdos del GC. En la literatura se reporta que, la utilización de la evaluación de la FC como método para analizar el estrés en los animales, es relativamente nuevo y efectivo, ya que de forma cuantitativa y no invasiva es posible realizar una evaluación del sistema nervioso autónomo, ya que se cree que el cambio en la FC es generado por un desequilibrio en este sistema, ocasionando un aumento de esta constante fisiológica (Mkwanazi et al., 2019).

Como se relató anteriormente, la TR es un parámetro importante para evaluar el estrés crónico en los animales (de Jong et al., 2000). En el estudio de Caldara et al. (2012), en el que, utilizaron dos tipos de sustratos, para producción de cama profunda, como enriquecimiento ambiental, observaron que los cerdos enriquecidos presentaban una temperatura rectal estadísticamente menor que los no enriquecidos. Sin embargo, ambos grupos se encontraban dentro del valor de referencia (38.7 hasta 39.8 °C). Asimismo, en la investigación de de Jong et al. (1998), evidenciaron un resultado similar. Pero, en el presente estudio no se observó una diferencia entre el GC y GT, únicamente se evidenció un cambio entre el EI1 y EI2, lo cual es considerado normal para la especie, donde hay una diferencia en la temperatura entre los lechones y los cerdos de ceba (Zimmerman et al., 2012). El cambio en la temperatura corporal se ha relacionado con la presentación de hipertermia por estímulos estresores, generado por la liberación de prostaglandinas liberadas por el sistema nervioso central, regulado por el cortisol. (de Jong et al., 2000).

Con respecto a la FR, en nuestro estudio no hubo una diferencia estadística significativa entre el GC y GT en esta constante fisiológica. En el estudio de Caldara et al. (2012), evaluaron varios grupos enriquecidos y un grupo control, y aunque no profundizaron en los resultados sobre la FR, se pudo evidenciar en un grupo de cerdos enriquecidos una menor FR, comparado al otro grupo enriquecido y el no enriquecido.

Es importante resaltar que, el enriquecimiento generó una modificación de las constantes fisiológicas, especialmente la frecuencia cardíaca, esta última se puede complementar con la evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, que permite evaluar el efecto del enriquecedor en el estrés, por lo que se sugiere analizar en estudios posteriores.

Efecto del tratamiento sobre la presentación de agentes infecciosos y evaluación de lesiones pulmonares

Posterior a una consulta de fuentes bibliográficas, no se encontraron estudios que evalúen el efecto específicamente del enriquecimiento sonoro sobre la patología porcina; solo existe un antecedente, donde utilizan enriquecimientos físicos (van Dixhoorn et al., 2016). En el estudio de van Dixhoorn et al. (2016) donde trabajaron con lechones entre 30 y 55 días de edad aproximadamente, infectados experimentalmente con APP y PRRS, y enriquecidos con diferentes sustratos, como paja, turba, viruta, entre otros. Observaron en el análisis microscópico que los cerdos no enriquecidos presentaron significativamente mayor cantidad de lesiones pulmonares que los enriquecidos (57% vs 7.1%). Los cerdos no enriquecidos se caracterizaron por presentar exudado purulento en los alveolos, depósitos de fibrina y cambios necrohemorrágicos en la pleura, y la presencia de infiltrado linfocítico en el intersticio. Similar a esta investigación, donde se evidenció significativamente menor severidad de algunas lesiones histopatológicas en el GT (fibrina, congestión y pigmento).

Otros autores han investigado el impacto del enriquecimiento en la patología de otros sistemas orgánicos. En el estudio de Bolhuis et al. (2007), donde usaron la paja y fécula de papa como enriquecedores y evaluaron su efecto en la presentación de úlceras gástricas en cerdos de producción, observaron que el uso de sustratos generó que los cerdos enriquecidos presentaran significativamente menos lesiones que el grupo no enriquecido. Con la técnica PCR fue posible evidenciar que ambos grupos se encontraban infectados por *M. hyopneumoniae* al final del ciclo productivo. La literatura reporta que este agente es considerado primario en la generación del complejo respiratorio porcino (Ruggeri et al., 2020). Otros autores lo han identificado como el agente más común en la porcícolas, utilizando la misma técnica diagnóstica (Hansen et al., 2010). De igual forma, la PCR identificó en el GT en solo un pool, positividad frente a los agentes *H. parasuis* y *S. suis*. Ambos agentes son considerados secundarios

(Ruggeri et al., 2020). En la literatura se ha reportado que es común encontrar MH relacionado con otros agentes, principalmente SS (Hansen et al., 2010). *S. suis* es un habitante natural del tracto respiratorio, pero también se asocia con procesos patológicos. Algunos autores cuestionan si puede ser considerado un agente primario (Hansen et al., 2010). En el estudio de Ruggeri et al. (2020), en el grupo control de su investigación, también identificaron PCV2, a través de PCR.

En la presente investigación, la identificación de agentes infecciosos respiratorios fue variable. La literatura reporta que una menor presentación de patógenos se puede dar en procesos respiratorios crónicos, debido a que se da en el organismo un proceso regresión o eliminación de los patógenos (Hansen et al., 2010). Esto anterior permite hipotetizar que en ambos grupos se presentaron infecciones similares, pero debido a los procesos de regresión y eliminación de patógenos, no se reportaron los mismos patógenos. Adicionalmente, al presentar el GT más diagnósticos agudos y subagudos, permitió la identificación de agentes, como *H. parasuis* y *S. suis* en un pool.

En esta investigación se observó positividad en el GC frente a PCV2, siendo un agente viral y primario. Diferentes autores reportan que los procesos linfocitarios e histiocíticos tienden a persistir durante más tiempo, como en el caso de las infecciones por agentes virales (Maes et al., 2001), es por esto, que la persistencia del PCV2 en el pulmón puede ser mayor. No es posible determinar si el resultado negativo de este agente en el GT es debido al estímulo musical (debido a una mejor respuesta inmunológica frente a la presencia del PCV2) o por factores externos. Igualmente, la presentación de la enfermedad depende no solo de la capacidad patogénica del agente infeccioso, sino también de la capacidad de los individuos de resistirlo. Este balance depende principalmente de muchos factores no infecciosos; algunos relacionados con adecuadas prácticas de bienestar animal (Maes et al., 2001).

La literatura reporta que la ubicación de las lesiones macroscópicas pulmonares más comunes en planta de beneficio son craneoventrales (Hansen et al., 2010). Las lesiones

craneoventrales se relacionan principalmente con procesos de neumonía, a diferencia de los procesos caudales que son generados especialmente por procesos pleurales (Maes et al., 2001). Esto se relaciona con los hallazgos de nuestra investigación, debido a que las lesiones craneales fueron las segundas más comunes (GC 10,98% y GT 15,85%) después de las multifocales; asimismo, los aspectos ventrales de los pulmones fueron los que presentaron los valores máximos de afección. Igualmente, estos hallazgos estuvieron acordes con los resultados histopatológicos, debido a que los diagnósticos se encaminaron más hacia procesos de neumonía y en baja proporción alteraciones pleurales.

Las lesiones pulmonares de color púrpura y rojizo fueron las más comunes en la presente investigación. La neumonía enzoótica se relaciona con lesiones rojizas a púrpuras, múltiples autores reportan que las coloraciones macroscópicas pulmonares más comunes son las rojizas a púrpuras (Hansen et al., 2010). Sin embargo, otros investigadores reportan bajas proporciones de este tipo de lesión (Shima y Garba, 2014); Asimismo, el diagnóstico macroscópico descrito como Neumonía enzoótica se relaciona principalmente por la infección con *M. hyopneumoniae*, el cual fue el agente diagnosticado por PCR en ambos grupos.

En este estudio se evidenció una mayor proporción de lesiones pulmonares leves a moderadas (con promedios de afectación pulmonar de 29.97% para el GT y 29.09% para el GC). Similar a lo reportado por Shima y Garba (2014), que evidenciaron que predominaban más las alteraciones leves, con una presentación de 63.6%, seguido de las moderadas y severas, con 21.2 y 15.2% respectivamente

En la histopatología en la investigación de Hansen et al. (2010), en el cual evaluaron pulmones con cambios evidentes macroscópicamente y pulmones aparentemente normales, observaron que la mayoría de los casos presentaban lesiones crónicas (44%). Esto es similar a la presente investigación, donde los tres diagnósticos más comunes, tanto en GC como GT, fueron procesos crónicos, de igual forma, las lesiones

histopatológicas con mayor presentación también se relacionaron más con alteraciones crónicas, como la presencia de infiltrado linfocitario, macrófagos y fibrosis. Varios autores reportan que los procesos crónicos se relacionan con fibrosis, hiperplasia del BALT, hiperplasia epitelial, infiltrados de linfocitos, macrófagos o plasmocitos (Hansen et al., 2010; Maes et al., 2001).

Los procesos inflamatorios agudos, subagudos o mixtos, presentaron baja proporción en ambos grupos evaluados, sin embargo, fue en el GT donde se presentaron más casos de procesos agudos o subagudos (representados como NIS y NISP en la figura 18). En el estudio de Hansen et al. (2010), al igual que en nuestra investigación, se diagnosticó una menor proporción procesos subagudos y agudos (16 y 7%, respectivamente). Algunos autores reportan que la presencia de infiltrados mixtos, se relacionan con la persistencia de un agente patógeno o la presencia de 2 agentes diferentes (Hansen et al., 2010). En nuestro estudio, se puede observar comúnmente este tipo de infiltrados en la gráfica de correlación (Figura 17), donde hubo una relación positiva en la presentación de infiltrados neutrofílicos con la presencia de linfocitos y macrófagos, siendo este primero relacionado con procesos agudos, y estos últimos con procesos crónicos. Asimismo, en la evaluación por PCR, se identificó en ambos grupos la presencia de dos agentes o más.

La evaluación histopatológica del complejo respiratorio porcino es difícil de analizar, debido a que todos los patrones lesionales pueden coexistir, y esto no permite determinar la infección específica por un agente (Hansen et al., 2010). Sin embargo, hay algunas lesiones o cuadros patológicos que permiten sospechar en algunos agentes. Múltiples investigaciones han establecido que *M. hyopneumoniae* ocasiona una Bronconeumonía intersticial crónica (Hansen et al., 2010; Ruggeri et al., 2020). Este diagnóstico fue uno de los más comunes en nuestra investigación, asimismo, este se reporta como una fase más avanzada de la Neumonía intersticial crónica (Ruggeri et al., 2020), el cual fue el diagnóstico con mayor proporción en este estudio (22.36% en el

GT y 21.54 en el GC). De igual forma las lesiones histopatológicas principales que genera este agente son hiperplasia de macrófagos alveolares, infiltrados linfocitarios y neutrofilicos, atelectasia, edema, exudado bronquial, hiperplasia del BALT y pérdida de cilias. Todas estas lesiones, excepto por la última se reportaron en esta investigación.

Otros agentes que se identificaron a partir de la PCR fueron el PCV2, el cual se relaciona con diagnósticos morfológicos como pleuroneumonía y neumonía intersticial crónica (Ruggeri et al., 2020). Este último fue el diagnóstico con mayor presentación en la esta investigación, pero la pleuroneumonía a diferencia de Ruggeri et al. (2020), tuvo una baja presentación. Asimismo, genera lesiones microscópicas como la hiperplasia del BALT, fibrosis e infiltrados mononucleares, principalmente granulomatosos (Jubb et al., 2016; Segalés, 2012); únicamente este último no se identificó en esta investigación. También, se diagnosticó *H. parasuis* y *S. suis*, el primero genera una poliserositis, lo que incluye un proceso de pleuritis (Ruggeri et al., 2020) y el ocasiona una bronconeumonía supurativa (Hansen et al., 2010). Estos dos diagnósticos, aunque se presentaron en nuestro estudio, fueron en una proporción baja.

La literatura reporta que lesiones pulmonares que abarcan más del 10% del órgano generan una disminución de 37.4 g en la ganancia diaria de peso en los cerdos. En el estudio de Stipkovits et al. (2003) evaluaron el impacto económico de las lesiones pulmonares generadas por *Mycoplasma hyopneumoniae*, y evidenciaron que los cerdos con un score de lesiones histopatológicas presentaron un menor pesaje al sacrificio y una clasificación de la canal más baja, según el sistema SEUROP. Otros autores también reportan la disminución en el crecimiento de los cerdos, el aumento en días para llegar al sacrificio y en costos en tratamientos veterinarios, por infecciones subclínicas generadas por *M. hyopneumoniae* (Ruggeri et al., 2020). Aunque nosotros no evidenciamos diferencia en la evaluación macroscópica, sí evidenciamos en algunas características de la canal que el GT presentó mejores resultados; es posible que esto esté relacionado con la menor cantidad y severidad en las lesiones histopatológicas.

Con los resultados evidenciados en esta investigación y lo discutido con base a lo reportado por diferentes autores, es posible concluir que las lesiones identificadas tanto macroscópica como microscópicamente, se relacionan con los resultados obtenidos con las PCR para agentes respiratorios, ya que se hallaron lesiones compatibles con *Mycoplasma hyopneumoniae*, siendo el patógeno encontrado en ambos grupos. Adicionalmente, es importante resaltar que, no hubo diferencias significativas entre los grupos evaluados frente a las alteraciones macroscópicas, pero sí en las lesiones microscópicas, donde se observaron aun siendo el muestreo de forma aleatoria en ambos grupos.

Parámetros productivos

En esta investigación, el GC y GT no presentaron diferencias significativas en los pesajes, pero en el P14 y P160 se evidenció un peso promedio menor en el GT. Esto se puede deber a un aumento en las conductas exploratorias y de juego en los animales, causadas por los estímulos musicales, que fueron diseñados para propiciar estos comportamientos y mejorar el bienestar animal. Esto se verificó en observaciones de las conductas realizadas a ambos grupos de animales (resultados pendientes por publicar por Natalia Álvarez). El aumento de la actividad en los cerdos genera un mayor gasto de energía durante el ejercicio como fue descrito por otros investigadores (Ekachat y Vajrabukka, 1994). La ganancia de peso se hizo diferente en los grupos experimentales a partir del día 100 de exposición al tratamiento, en futuros estudios se incluirán estímulos diseñados para generar reposo y calma en los animales a partir de ese momento, como una estrategia para aumentar la ganancia de peso en el levante y la ceba.

Son pocas las investigaciones que han evaluado el efecto de la música sobre el peso de los cerdos (Alworth y Buerkle, 2013). En el estudio de Ekachat y Vajrabukka (1994), utilizaron como estímulos musicales una pieza de Rock and Roll (que clasificaron como

música pesada) y una pieza que clasificaron como “Ligera”; en la primera pieza musical observaron un efecto perjudicial en el peso y la GDP al final de su investigación, en la segunda no evidenciaron cambios con respecto al GC debido a estos resultados, concluyeron que el Rock and Roll o música pesada es estresante para los cerdos, generando una menor GDP y que la música ligera no genera un efecto directo frente al peso. En el estudio de de Jonge et al. (2008) donde utilizaron como método de enriquecimiento un cuarto de juegos y música, no evidenciaron una diferencia en los pesajes relacionados al enriquecimiento. Como propone Alworth y Buerkle (2013), los resultados en cuanto al crecimiento y ganancia de peso generados por la música son muy variados en diferentes especies. En los cerdos es necesario investigar con mayor profundidad esta temática. En nuestro estudio se incluyeron obras musicales compuestas para estimular conductas exploratorias y de juego en los porcinos. Estas conductas implican mayor actividad física, que puede afectar la ganancia de peso. En próximas investigaciones será necesario dosificar las piezas musicales, específicamente en el periodo de ceba, estimulando la calma, la relajación y el aumento en el consumo de alimento, para así lograr mayor ganancia de peso.

Debido a que la información en la literatura disponible sobre los efectos del enriquecimiento con música es escasa en porcicultura (Alworth y Buerkle, 2013), comparamos los resultados de esta investigación con los obtenidos por otros investigadores usando otros enriquecedores físicos. Al igual que la presente investigación, en la investigación de Caldara et al. (2012), se utilizaron diferentes sustratos como métodos de enriquecimiento, evidenciando los investigadores una mayor tendencia del grupo no enriquecido a presentar mayores tasas de crecimiento, sin embargo, ellos lo atribuyeron a características de los sustratos utilizados. En el estudio de van de Weerd e Ison (2019) utilizaron diferentes tipos de estímulos en cerdos de ceba (masticables, líquidos y algunos sustratos) y evaluaron el efecto de cada enriquecimiento en la ganancia de peso; los autores de este estudio observaron efectos variables. Los animales enriquecidos con algunos sustratos presentaron mayor

ganancia de peso que con otros tipos de enriquecimiento ensayados; esto demuestra la variabilidad en los efectos que pueden generar los enriquecimientos en la ganancia de peso y que es necesario seguir profundizando en el uso de estos en la porcicultura, y más con estímulos sonoros, para los que se dispone escasa información.

Continuando con lo anterior, autores que obtuvieron resultados contrarios al presente estudio. En el trabajo de Zhuchaev et al. (2014) se evidencio un mayor peso final y una mayor GDP en los cerdos que fueron enriquecidos con paja en el corral, comparado con los cerdos que no presentaron enriquecimiento. En la investigación de Beattie et al. (2000), que se ejecutó durante un mayor periodo, se observó que los cerdos enriquecidos tenían mayores tasas de crecimiento, debido a una mayor ingesta diaria de alimento, que se relacionaba directamente con una mejor relación en la conversión alimenticia.

Con respecto a los parámetros productivos directamente evaluados en planta de beneficio, se han realizado múltiples estudios donde han reportado diferencias significativas en la canal y la calidad de la carne de cerdo, al comparar cerdos enriquecidos y cerdos no enriquecidos (Mkwanazi et al., 2019). Todos esos estudios utilizaron enriquecedores ambientales de tipo físico. Ningún estudio ha utilizado enriquecimiento musical para evaluar el efecto sobre la calidad de la canal. En esta investigación, al igual que (Klont et al., 2001), no se evidenció una diferencia estadísticamente significativa en el espesor de grasa dorsal entre el GC y GT. Sin embargo, hay autores que han reportado disminución en el EGD para animales enriquecidos (Warriss y Brown, 1985) y otros, que, al contrario, han evidenciado un aumento de este parámetro (Beattie et al., 2000). En el presente estudio no hubo diferencia entre los grupos evaluados en el EGD, este hallazgo se considera positivo, debido a que no es deseado que el EGD sea muy bajo, ya que disminuye la palatabilidad de la carne, ni muy alto, porque disminuye la proporción de la carne magra y la calidad del producto (Salazar-Vargas y Brenes-Peralta, 2017).

La evaluación del PML reveló una diferencia significativa entre ambos grupos, sin embargo, este parámetro es utilizado para determinar el CMC, en el cual no se presentó una diferencia estadística significativa. Sin embargo, se evidenció una tendencia del GT a presentar un CMC mayor, que se podría evaluar en futuras investigaciones, ya que este estudio no obtuvo resultados significativos en este parámetro. Igualmente, Klont et al. (2001) y Peeters et al. (2006), no evidenciaron en sus investigaciones diferencias significativas en el CMC, ambos estudios utilizaron como método de enriquecimiento, paja en los corrales.

En esta investigación se evidenció que, en el GT, se presentó una menor pérdida de peso en el paso de la canal caliente a la canal refrigerada o fría, lo que indica una menor pérdida de agua en las canales del GT. El GC tuvo una mayor pérdida de peso por goteo, lo que muestra que los cerdos que no fueron tratados tuvieron canales con menor Capacidad de Retención de Agua (CRA). Por ende, en este estudio se evidenció un efecto positivo del enriquecimiento musical sobre la CRA. La CRA es un parámetro importante en la evaluación de la calidad de la carne, ya que está ligado a la textura, terneza y color de la carne cruda. La CRA se da gracias a la unión de las proteínas a las moléculas de agua, es decir, que, una mayor pérdida de agua se relaciona con una mayor pérdida de proteínas. Al llevarlo a términos productivos, una menor CRA disminuye el peso a la venta y la calidad del producto (Aaslyng et al., 2003; Leal-Gutiérrez y, Jiménez-Robayo, 2015). La literatura reporta que el estrés puede alterar negativamente la CRA, ya que puede disminuir las reservas de glucógeno en los músculos, lo que genera un bajo contenido de agua en la carne, asimismo se altera el contenido, localización y movilidad del agua cuando se dan altos niveles de estrés pre sacrificio (Cheng y Sun, 2008; Leal-Gutiérrez y Jiménez-Robayo, 2015). En el estudio de Klont et al. (2001) evidenciaron en canales de cerdos enriquecidos con paja en el corral durante su crecimiento una menor pérdida de agua, ellos lo relacionan con una menor actividad glucolítica al momento del sacrificio. Sin embargo, otros autores como Geverink et al. (2006) y Lambooj et al. (2004) no observaron una diferencia

estadísticamente significativa en la pérdida de agua en las canales, entre cerdos enriquecidos y no enriquecidos. Los cambios en la pérdida de agua en las canales se relacionan principalmente a situaciones generadas previas al sacrificio (Klont et al., 2001), sin embargo, es posible que esto también pueda deberse al estrés crónico, debido a la actividad antiinsulínica generada por el cortisol, durante este tipo de estrés (Dhabhar, 2014).

Teniendo en cuenta lo analizado en cuanto a la calificación de las canales, es posible concluir que hubo un efecto positivo de los tratamientos musicales realizados sobre la calificación de la canal, específicamente en el PML y en la CRA, ya que en el GT hubo PML de un 15,66% mayor y pérdida de peso de la canal caliente a la canal refrigerada de un 3.4% menor que el GC. Estos resultados sugieren un efecto positivo del tratamiento acústico para el rendimiento económico del productor, ya que el tratamiento utilizado aumentó la cantidad de carne magra y la cantidad de producto final por cada animal sacrificado.

8. CONCLUSIONES

Es importante resaltar que este es el primer estudio que evalúa los efectos de los enriquecimientos ambientales sensoriales con estímulos sonoros originales y adaptados a las características acústicas de la especie porcina sobre algunos parámetros productivos, manifestaciones clínicas y lesiones anatomopatológicas en los cerdos en producción.

El estímulo sonoro generó un efecto benéfico en las variables relacionadas con la presentación de estrés agudo, disminuyendo la frecuencia cardíaca y aumentando la capacidad de retención de agua en la canal. Esto sugiere que los estímulos musicales utilizados generaron una mejor respuesta de los cerdos frente a la manipulación al examen clínico y en el transporte previo al faenado.

En la evaluación clínica, tanto semanal como individual, se determinó un efecto de los estímulos musicales en la disminución en la presentación de las lesiones de piel. Esto se relacionó con una reducción en los comportamientos agresivos entre los cerdos del corral. Por ende, los estímulos musicales generaron un efecto protector para la presentación de lesiones de piel, principalmente en las orejas, la cola y la parte delantera del cuerpo.

El estímulo sonoro generó en el examen clínico semanal una disminución en la presentación de lesiones de piel y signos clínicos no tegumentarios, a partir de la semana seis. Esto se puede relacionar con una mejor adaptación del grupo tratamiento a la reagrupación realizada al inicio de la fase de levante.

El estímulo sonoro generó un efecto favorable con respecto a algunas de las características de la canal. En futuros estudios se recomienda analizar el efecto de los estímulos sobre características fisicoquímicas y organolépticas de la carne, para complementar lo encontrado en esta investigación.

Para el análisis anatomopatológico, se observó un efecto de los estímulos musicales en la presentación de lesiones histopatológicas, donde en el GT se observó una disminución en la presentación de lesiones vasculares. Este tipo de lesiones están relacionados con la presentación de procesos inflamatorios agudos y crónicos activos, y esto puede influir en el diagnóstico de menor cantidad de muestras con severidad alta en el grupo tratamiento.

Se recomienda para futuras investigaciones evaluar el efecto de la música adaptada a los porcinos, en la patología de otros sistemas orgánicos, también es necesario replicar la metodología en cerdos en el mismo espacio temporal, ya que, debido a condiciones de este estudio, esto no fue posible; adicionalmente, profundizar más en la utilización de la música como enriquecimiento en la producción animal.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aaslyng MD, Bejerholm C, Ertbjerg P, Bertram HC, Andersen HJ. 2003. "Cooking Loss and Juiciness of Pork in Relation to Raw Meat Quality and Cooking Procedure." *Food Quality and Preference* 14(4):277–88. doi: 10.1016/S0950-3293(02)00086-1.
- Akiyama K, Sutoo D. 2011. "Effect of Different Frequencies of Music on Blood Pressure Regulation in Spontaneously Hypertensive Rats." *Neuroscience Letters* 487(1):58–60. doi: 10.1016/j.neulet.2010.09.073.
- Alworth LC, Buerkle SC. 2013. "The Effects of Music on Animal Physiology, Behavior and Welfare." *Lab Animal* 42(2):54–61. doi: 10.1038/labana.162.
- Amador J, Fraile LJ, Font J, Racadembosch J, Bernaus J. 2016. "Production Parameters and Pig Production Cost: Temporal Evolution 2010–2014." *Porcine Health Management* 2(1):1–9. doi: 10.1186/s40813-016-0027-0.
- Angelucci F, Enzo R, Luca P, Andrea S, Pietro AT. 2007. "Music Exposure Differentially Alters the Levels of Brain-Derived Neurotrophic Factor and Nerve Growth Factor in the Mouse Hypothalamus." *Neuroscience Letters* 429(2–3):152–55. doi: 10.1016/j.neulet.2007.10.005.
- Beattie VE, O'Connell NE, Moss BW. 2000. "Influence of Environmental Enrichment on the Behaviour, Performance and Meat Quality of Domestic Pigs." *Livestock Production Science* 65(1–2):71–79. doi: 10.1016/S0301-6226(99)00179-7.
- Barbosa C, Dohmeier H, Kunczik J, Hochhausen N, Tolba R, Czaplik M. 2019. "Contactless monitoring of heart and respiratory rate in anesthetized pigs using infrared thermography". *PLOS ONE* 14(11): e0224747. doi: 10.1371/journal.pone.0224747
- Bolhuis JE, Van Den Brand H, Staals S, Gerrits WJJ. 2007. "Effects of Pregelatinized vs.

- Native Potato Starch on Intestinal Weight and Stomach Lesions of Pigs Housed in Barren Pens or on Straw Bedding.” *Livestock Science* 109(1–3):108–10. doi: 10.1016/j.livsci.2007.01.100.
- Bottacini M, Scollo A, Edwards SA, Contiero B, Veloci M, Pace V, Gottardo F. 2018. “Skin Lesion Monitoring at Slaughter on Heavy Pigs (170 Kg): Welfare Indicators and Ham Defects.” *PLoS ONE* 13(11):1–16. doi: 10.1371/journal.pone.0207115.
- Bousfield B, Brown R. 2010. “Animal Welfare.” *Bulletin, Veterinary* (1):1–12. doi: 10.1016/B978-0-12-409527-4.00039-0.
- Brockmeier SL, Halbur PG, Thacker EL. 2002. “Porcine Respiratory Disease Complex.” in *Polymicrobial Diseases*, edited by K. Brogden and J. Guthmiller. Washington: ASM Press.
- Bryant GA. 2013. “Animal Signals and Emotion in Music: Coordinating Affect across Groups.” *Frontiers in Psychology* 4(DEC):1–13. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00990.
- Buller H, Blokhuis H, Jensen P, Keeling L. 2018. “Towards Farm Animal Welfare and Sustainability.” *Animals* 8(6):1–13. doi: 10.3390/ani8060081.
- Caldara F, Rosa PS, Ferreira RA, Reis N, Naas I, Paz I, García R, Ferreira V. 2012. “Behavior, Performance and Physiological Parameter of Pigs Reared in Deep Bedding.” *Eng. Agric. Jaboticabal* 32(1):38–46. doi: 10.1590/S0100-69162012000100005
- Cheng Q, Sun DW. 2008. “Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products: A Review of Recent Research Advances.” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(2):137–59. doi: 10.1080/10408390601177647.
- Cloutier S, Weary D, Fraser D. 2000. “Can Ambient Sound Reduce Distress in Piglets During Weaning and Restraint?” *Journal of Applied Animal Welfare Science* 3(2):107–16. doi: 10.1207/S15327604JAWS0302_3.

- DANE. 2019. *Censo de Sacrificio de Ganado Enero - Diciembre 2019*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. 2007. "Documento Conpes 3458. Política Nacional de Sanidad e Inocuidad Para La Cadena Porcícola." 42.
- Dhabhar FS. 2014. "Effects of Stress on Immune Function: The Good, the Bad, and the Beautiful." *Immunologic Research* 58(2–3):193–210. doi: 10.1007/s12026-014-8517-0.
- Dhabhar FS, McEwen BS. 1997. "Acute Stress Enhances While Chronic Stress Suppresses Cell-Mediated Immunity in Vivo: A Potential Role for Leukocyte Trafficking." *Brain, Behavior, and Immunity* 11(4):286–306. doi: 10.1006/brbi.1997.0508.
- Divyashree S, Sarjan HN, Yajurvedi HN. 2015. "Effects of Long-Term Chronic Stress on the Lymphoid Organs and Blood Leukocytes of the Rat (*Rattus Norvegicus*)." *Canadian Journal of Zoology* 94(2):137–43. doi: 10.1139/cjz-2015-0150.
- van Dixhoorn IDE, Reimert I, Middelkoop J, Bolhuis JE, Wisselink HJ, Groot Koerkamp PWG, Kemp B, Stockhofe-Zurwieden N. 2016. "Enriched Housing Reduces Disease Susceptibility to Co-Infection with Porcine Reproductive and Respiratory Virus (PRRSV) and *Actinobacillus Pleuropneumoniae* (A. *Pleuropneumoniae*) in Young Pigs." *PLoS ONE* 11(9):1–24. doi: 10.1371/journal.pone.0161832.
- Ekachat K, Vajrabukka C. 1994. "Effect of Music Rhythm on Growth Performance of Growing Pigs." *Natural Science* 28:640–43.
- Ernst K, Puppe B, Schön PC, Manteuffel G. 2005. "A Complex Automatic Feeding System for Pigs Aimed to Induce Successful Behavioural Coping by Cognitive Adaptation." *Applied Animal Behaviour Science* 91(3–4):205–18. doi: 10.1016/j.applanim.2004.10.010.
- Espinosa I, Martínez S. 2008. "Pasteurella Multocida, Bordetella Bronchiseptica y

Streptococcus Suis En El Complejo Respiratorio Porcino.” *Rev Salud Anim* 30(3):137–45.

Etim NN, Offiong EEA, Eyoh GD, Udo MD. 2014. “Stress and Animal Welfare: An Uneasy Relationship.” *European Journal of Advanced Research in Biological and Life Sciences* 1(1):9–15. doi: 10.1002/ana.410360105.

FAO. 2020. “Meat.” *OECD/FAO* 162–73. www.fao.org.

Fenwick B. 2002. “Porcine Infectious Pleuropneumonia.” *Major Rev* 9(2).

Geverink NA, Foury A, Plastow GS, Gil M, Gispert M, Hortós M, Furnols MFI, Gort G, Moisan MP, Mormède P. 2006. “Cortisol-Binding Globulin and Meat Quality in Five European Lines of Pigs.” *Journal of Animal Science* 84(1):204–11. doi: 10.2527/2006.841204x.

Gimsa U, Tuchscherer M, Kanitz E. 2018. “Psychosocial Stress and Immunity—What Can We Learn From Pig Studies?” *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 12(April):1–9. doi: 10.3389/fnbeh.2018.00064.

Godyn D, Nowicki J, Herbut P. 2019. “Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare - A Review.” *Animals* 9:383. doi: 10.3390/ani9060383.

De Groot J, Ruis MAW, Scholten JW, Koolhaas JM, Boersma WJA. 2001. “Long-Term Effects of Social Stress on Antiviral Immunity in Pigs.” *Physiology and Behavior* 73(1–2):145–58. doi: 10.1016/S0031-9384(01)00472-3.

Hansen MS, Pors SE, Jensen HE, Bille-Hansen V, Bisgaard M, Flachs EM, Nielsen OL. 2010. “An Investigation of the Pathology and Pathogens Associated with Porcine Respiratory Disease Complex in Denmark.” *Journal of Comparative Pathology* 143(2–3):120–31. doi: 10.1016/j.jcpa.2010.01.012.

Harley S, More S, Boyle L, O’Connell N, Hanlon A. 2012. “Good Animal Welfare Makes

- Economic Sense: Potential of Pig Abattoir Meat Inspection as a Welfare Surveillance Tool.” *Irish Veterinary Journal* 65(1):1. doi: 10.1186/2046-0481-65-11.
- Hessing MJC, Hagelsø AM, Schouten WGP, Wiepkema PR, Van Beek JAM. 1994. “Individual Behavioral and Physiological Strategies in Pigs.” *Physiology and Behavior* 55(1):39–46. doi: 10.1016/0031-9384(94)90007-8.
- Jackson P, Cockcroft P. 2005. “Clinical Examination of the Pig.” *In Practice* 27:93–102.
- Jackson P, Cockcroft P. 2007. *Handbook of Pig Medicine*. 1st ed. Philadelphia: Saunders Ltd.
- de Jong, IC, Ekkel ED, Van De Burgwal JA, Lambooij E, Korte SM, Ruis MAW, Koolhaas JM, Blokhuis HJ. 1998. “Effects of Strawbedding on Physiological Responses to Stressors and Behavior in Growing Pigs.” *Physiology and Behavior* 64(3):303–10. doi: 10.1016/S0031-9384(98)00066-3.
- de Jong IC, Prella IT, van de Burgwal JA, Lambooij E, Korte SM, Blokhuis HJ, Koolhaas JM. 2000. *Chronic Stress Parameters in Pigs: Indicators of Animal Welfare?* Vol. 68.
- de Jonge FH, Boleij H, Baars AM, Dudink S, Spruijt BM. 2008. “Music during Play-Time: Using Context Conditioning as a Tool to Improve Welfare in Piglets.” *Applied Animal Behaviour Science* 115(3–4):138–48. doi: 10.1016/j.applanim.2008.04.009.
- Jubb K, Kenedy P, Palmer N. 2016. *Pathology of Domestic Animals*. 6th ed. edited by M. G. Maxie. Missouri: Elsevier.
- Jung K, Alekseev KP, Zhang X, Cheon D, Vlasova AN, Saif LJ. 2007. “Altered Pathogenesis of Porcine Respiratory Coronavirus in Pigs Due to Immunosuppressive Effects of Dexamethasone: Implications for Corticosteroid Use in Treatment of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus.” *Journal of Virology* 81(24):13681–93. doi: 10.1128/jvi.01702-07.

- Klont RE, Hulsegge B, Hoving-Bolink AH, Gerritzen MA, Kurt E, Winkelman-Goedhart HA, De Jong IC, Kranen RW. 2001. "Relationships between Behavioral and Meat Quality Characteristics of Pigs Raised under Barren and Enriched Housing Conditions." *Journal of Animal Science* 79(11):2835–43. doi: 10.2527/2001.79112835x.
- Koknaroglu H, Akunal T. 2013. "Animal Welfare: An Animal Science Approach." *Meat Science* 95(4):821–27. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.04.030.
- Krieter J. 2017. "Evaluation of Different Pig Production Systems Including Economic, Welfare and Environmental Aspects." *Archives Animal Breeding* 45(3):223–35. doi: 10.5194/aab-45-223-2002.
- Kubzansky LD, Sparrow D, Jackson B, Cohen S, Weiss ST, Wright RJ. 2006. "Angry Breathing: A Prospective Study of Hostility and Lung Function in the Normative Aging Study." *Thorax* 61(10):863–68. doi: 10.1136/thx.2005.050971.
- la Lama GCM, Estévez-Moreno LX, Sepúlveda WS, Estrada-Chavero MC, Rayas-Amor AA, Villarroel M, María GA. 2017. "Mexican Consumers' Perceptions and Attitudes towards Farm Animal Welfare and Willingness to Pay for Welfare Friendly Meat Products." *Meat Science* 125:106–13. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.12.001.
- Lambooj E, Hulsegge B, Klont RE, Winkelman-Goedhart HA, Reimert HGM, Kranen RW. 2004. "Effects of Housing Conditions of Slaughter Pigs on Some Post Mortem Muscle Metabolites and Pork Quality Characteristics." *Meat Science* 66(4):855–62. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.08.007.
- Leal-Gutiérrez J, Jiménez-Robayo L. 2015. "La Capacidad de Retención de Agua (CRA) de La Carne de Bovino y Posibles Genes Candidatos." *ResearchGate* 1(1):1–15. doi: 10.13140/RG.2.1.4545.0081.
- Lee IK, Kye YC, Kim G, Kim HW, Gu MJ, Umboh J, Maaruf K, Kim SW, Yun CH. 2016.

- “Stress, Nutrition, and Intestinal Immune Responses in Pigs — A Review.” *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29(8):1075–82. doi: 10.5713/ajas.16.0118.
- Lehrer P. 2006. “Anger, Stress, Dysregulation Produces Wear and Tear on the Lung.” *Thorax* 61(10):833–34. doi: 10.1136/thx.2006.057182.
- Li X, Zhao JN, Zhao P, Zhang X, Bi YJ, Li JH, Liu HG, Wang C, Bao J. 2019. “Behavioural Responses of Piglets to Different Types of Music.” *Animal* 13(10):2319–26. doi: 10.1017/S1751731119000260.
- Loynachan AT. 2005. “Acute Salmonella Infection in Swine.” Iowa State University.
- Luo L, Geers R, Reimert I, Kemp B, Parmentier HK, Bolhuis JE. 2017. “Effects of Environmental Enrichment and Regrouping on Natural Autoantibodies-Binding Danger and Neural Antigens in Healthy Pigs with Different Individual Characteristics.” *Animal* (2017):1–8. doi: 10.1017/S1751731117000635.
- Madsen LW, Svensmark B, Elvestad K, Aalbaek B, Jensen HE. 2002. “Streptococcus Suis Serotype 2 Infection in Pigs: New Diagnostic and Pathogenetic Aspects.” *Journal of Comparative Pathology* 126(1):57–65. doi: 10.1053/jcpa.2001.0522.
- Maes DG, Deluyker H, Verdonck M, De Kruif A, Ducatelle R, Castryck F, Miry C, Vrijens B. 2001. “Non-Infectious Factors Associated with Macroscopic and Microscopic Lung Lesions in Slaughter Pigs from Farrow-to-Finish Herds.” *Veterinary Record* 148(2):41–46. doi: 10.1136/vr.148.2.41.
- Manciocco A, Sensi M, Moscati L, Battistacci L, Laviola G, Brambilla G, Vitale A, Alleva E. 2011. “Longitudinal Effects of Environmental Enrichment on Behaviour and Physiology of Pigs Reared on an Intensive-Stock Farm.” *Italian Journal of Animal Science* 2011(May 2014):224–32. doi: 10.4081/ijas.2011.e52.
- Martínez-Miró S, Tecles H, Ramón M, Escribano D, Hernández F, Madrid J, Orengo J, Martínez-Subiela S, Manteca X, Cerón JJ. 2016. “Causes, Consequences and

- Biomarkers of Stress in Swine: An Update.” *BMC Veterinary Research* 12(1):1–9. doi: 10.1186/s12917-016-0791-8.
- Martínez J, Jaro PJ, Aduriz G, Gómez EA, Peris B, Corpa JM. 2007. “Carcass Condemnation Causes of Growth Retarded Pigs at Slaughter.” *Veterinary Journal* 174(1):160–64. doi: 10.1016/j.tvjl.2006.05.005.
- McDermott JH. 2009. “About the Origins of Music ?” *Psychological Science* 18(3):164–68. doi: 10.1525/mp.2005.23.1.29. doi: 10.1111/j.1467-8721.2009.01629.x.
- Mellor DJ. 2016. Updating Animal Welfare Thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “A Life Worth Living”. *Animals* 6(21), doi:10.3390/ani6030021
- Meriardi G, Dottori M, Bonilauri P, Luppi A, Gozio S, Pozzi P, Spaggiari P, Martelli P. 2012. “Survey of Pleuritis and Pulmonary Lesions in Pigs at Abattoir with a Focus on the Extent of the Condition and Herd Risk Factors.” *Veterinary Journal* 193(1):234–39. doi: 10.1016/j.tvjl.2011.11.009.
- Meyns T, Steelant JV, Rolly E, Dewulf J, Haesebrouck F, Maes D. 2011. “A Cross-Sectional Study of Risk Factors Associated with Pulmonary Lesions in Pigs at Slaughter.” *Veterinary Journal* 187(3):388–92. doi: 10.1016/j.tvjl.2009.12.027.
- Mkwanazi MV, Ncobela CN, Kanengoni AT, Chimonyo M. 2019. “Effects of Environmental Enrichment on Behaviour, Physiology and Performance of Pigs — A Review.” *Asian-Australas J Anim Sci* 32(1):1–13. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0138>.
- Moberg GP, Mench JA. 2000. *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare*. New York: CABI Publishing, 377 p.
- Muñoz JD, Rodríguez B, Ramirez MC, López A, Parra JE. 2017. “Histochemistry Distribution of Mucins and Number of Leucocytes in the Lungs of Postweaning Pigs Exposed to E. Coli Lipopolysaccharide (LPS).” *Journal of Agriculture and Animal*

Sciences 6(1):60–73. doi: 10.22507/jals.v6n1a5.

Nomura S. 2012. “Ch.12 Salivary Hormones, Immunes and Other Secretory Substances as Possible Stress Biomarker.” *Biomarker (EBook)* 1–25.

Papoutsoglou SE, Karakatsouli, Batzina A, Papoutsoglou AS, Tsopelakos A. 2008. “Effect of Music Stimulus on Gilthead Seabream Sparus Aurata Physiology under Different Light Intensity in a Re-Circulating Water System.” *Journal of Fish Biology* 73(4):980–1004. doi: 10.1111/j.1095-8649.2008.02001.x.

Patterson R, Nevel A, Diaz AV, Martineau HM, Demmers T, Browne C, Mavrommatis B, Werling D. 2015. “Exposure to Environmental Stressors Result in Increased Viral Load and Further Reduction of Production Parameters in Pigs Experimentally Infected with PCV2b.” *Veterinary Microbiology* 177(3–4):261–69. doi: 10.1016/j.vetmic.2015.03.010.

Pedersen KS, Holyoake P, Stege H, Nielsen. 2011 JP. “Observations of Variable Inter-Observer Agreement for Clinical Evaluation of Faecal Consistency in Grow-Finishing Pigs.” *Preventive Veterinary Medicine* 98(4):284–87. doi: 10.1016/j.prevetmed.2010.11.014.

Peeters E, Driessen E, Moons CPH, Frank O. Ödberg, and Rony Geers. 2006. “Effect of Temporary Straw Bedding on Pigs’ Behaviour, Performance, Cortisol and Meat Quality.” *Applied Animal Behaviour Science* 98(3–4):234–48. doi: 10.1016/j.applanim.2005.10.002.

Pluske JR, Turpin DL, Kim JC. 2018. “Gastrointestinal Tract (Gut) Health in the Young Pig.” *Animal Nutrition* 4(2):187–96. doi: 10.1016/j.aninu.2017.12.004.

Proudfoot K, Habing G. 2015. “Social Stress as a Cause of Diseases in Farm Animals: Current Knowledge and Future Directions.” *Veterinary Journal* 206(1):15–21. doi: 10.1016/j.tvjl.2015.05.024.

- Qin S, Ruan W, Yue H, Tang C, Zhou K, Zhang B. 2018. "Viral Communities Associated with Porcine Respiratory Disease Complex in Intensive Commercial Farms in Sichuan Province, China." *Scientific Reports* 8(1):1–9. doi: 10.1038/s41598-018-31554-8.
- Rajão DS, Couto DH, Gasparini MR, Costa ATR, Reis JKP, Lobato ZIP, Guedes RMC, Leite RC. 2013. "Diagnosis and Clinic-Pathological Findings of Influenza Virus Infection in Brazilian Pigs." *Pesquisa Veterinaria Brasileira* 33(1):30–36. doi: 10.1590/S0100-736X2013000100006.
- Rech RR, Gava D, Silva MC, Fernandes LT, Haach V, Ciacci-Zanella JR, Schaefer R. 2018. "Porcine Respiratory Disease Complex after the Introduction of H1N1/2009 Influenza Virus in Brazil." *Zoonoses and Public Health* 65(1):e155–61. doi: 10.1111/zph.12424.
- Redondo E, Masot AJ, Fernández A, Gázquez A. 2009. "Histopathological and Immunohistochemical Findings in the Lungs of Pigs Infected Experimentally with *Mycoplasma Hyopneumoniae*." *Journal of Comparative Pathology* 140(4):260–70. doi: 10.1016/j.jcpa.2008.12.008.
- Renggaman A, Choi HL, Sudiarto SIA, Alasaarela L, Nam. 2015 OS. "Development of Pig Welfare Assessment Protocol Integrating Animal-, Environment-, and Management-Based Measures." *Journal of Animal Science and Technology* 57(1):1. doi: 10.1186/s40781-014-0034-0.
- Reyes G. 2017. "Determinación de Parámetros Productivos y Económicos En Cerdos Castrados e Inmunocastrados, Municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas, El Salvador."
- Romero M, Sánchez VJ. 2012. "Bienestar Animal Durante El Transporte y Su Relación Con La Calidad de La Carne Bovina." *Revista MVZ Cordoba* 17(1):2936–44.

- Ruggeri J, Salogni C, Giovannini S, Vitale N, Boniotti MB, Corradi A, Pozzi P, Pasquali P, Alborali GL. 2020. "Association Between Infectious Agents and Lesions in Post-Weaned Piglets and Fattening Heavy Pigs With Porcine Respiratory Disease Complex (PRDC)." *Frontiers in Veterinary Science* 7(September):1–11. doi: 10.3389/fvets.2020.00636.
- Salazar-Vargas EF, Brenes-Peralta LP. 2017. "Métodos Para Medición de Grasa En Canales de Cerdo." *Revista Tecnología En Marcha* 30(4):28. doi: 10.18845/tm.v30i4.3409.
- Scollo A, Di Martino G, Bonfanti L, Stefani AL, Schiavon E, Marangon S, Gottardo F. 2013. "Tail Docking and the Rearing of Heavy Pigs: The Role Played by Gender and the Presence of Straw in the Control of Tail Biting. Blood Parameters, Behaviour and Skin Lesions." *Research in Veterinary Science* 95(2):825–30. doi: 10.1016/j.rvsc.2013.06.019.
- Segalés J. 2012. "Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Infections: Clinical Signs, Pathology and Laboratory Diagnosis." *Virus Research* 164(1–2):10–19. doi: 10.1016/j.virusres.2011.10.007.
- Shima, FK, Garba HS. 2014. "Prevalence of Characteristic Macroscopic Lung Pathologies in Pigs at Slaughter in Makurdi, Benue State, Nigeria." *Bulletin of Animal Health and Production in Africa* 62(4):377–85.
- Sibila M, Aragón V, Fraile L, Segalés J. 2014. "Comparison of Four Lung Scoring Systems for the Assessment of the Pathological Outcomes Derived from *Actinobacillus Pleuropneumoniae* Experimental Infections." *BMC Veterinary Research* 10:1–10. doi: 10.1186/1746-6148-10-165.
- Snowdon CT, Teie D. 2013. "Emotional Communication in Monkeys: Music to Their Ears?" Pp. 133–52 in *Emotional communication in monkeys: Music to their ears? Charles*, edited by A. Eckart, S. Sabine, and E. Zimmermann. Oxford Scholarship.

- Snowdon CT, Teie D, Savage M. 2015. "Cats Prefer Species-Appropriate Music." *Applied Animal Behaviour Science* 166(1):106–11. doi: 10.1016/j.applanim.2015.02.012.
- Stachurska A, Janczarek I, Wilk I, Kedzierski W. 2015. "Does Music Influence Emotional State in Race Horses?" *Journal of Equine Veterinary Science* 35(8):650–56. doi: 10.1016/j.jevs.2015.06.008.
- Stevenson SA, Bobrowski P, Knipschild A. 2016. "Effects of Music on Emotion , Heart Rate , Respiration , and Electrodermal Activity." in *The National Conference On Undergraduate Research*. North Carolina: University of North Carolina Asheville.
- Stipkovits L, Laky ZS, Abonyi T, Siugzdaite J, Szabó I. 2003. "Reduction of Economic Losses Caused by Mycoplasmal Pneumonia of Pigs by Vaccination with Respiure and by Tiamutin Treatment." *Acta Veterinaria Hungarica* 51(3):259–71. doi: 10.1556/AVet.51.2003.3.2.
- Tornatzky W, Miczek KA. 1993. "Long-Term Impairment of Autonomic Circadian Rhythms after Brief Intermittent Social Stress." *Physiology and Behavior* 53(5):983–93. doi: 10.1016/0031-9384(93)90278-N.
- Tsigos C, Chrousos GP. 2002. "Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis, Neuroendocrine Factors and Stress." *Journal of Psychosomatic Research* 53(4):865–71. doi: 10.1016/S0022-3999(02)00429-4.
- Tuchscherer M, Kanitz E, Puppe B, Tuchscherer A, Viergutz T. 2009. "Changes in Endocrine and Immune Responses of Neonatal Pigs Exposed to a Psychosocial Stressor." *Research in Veterinary Science* 87(3):380–88. doi: 10.1016/j.rvsc.2009.04.010.
- Tuchscherer M, Puppe B, Tuchscherer A, Kanitz E. 2018. "Psychosocial Stress Sensitizes Neuroendocrine and Inflammatory Responses to Escherichia Coli

- Challenge in Domestic Piglets.” *Brain, Behavior, and Immunity* 68:274–87. doi: 10.1016/j.bbi.2017.10.026.
- Velarde A, Fàbrega E, Blanco-Penedo I, Dalmau A. 2015. “Animal Welfare towards Sustainability in Pork Meat Production.” *Meat Science* 109:13–17. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.05.010.
- Warriss PD, Brown SN. 1985. “The Physiological Responses to Fighting in Pigs and the Consequences for Meat Quality.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 36(2):87–92. doi: 10.1002/jsfa.2740360207.
- Webster J. 2008. *Animal Welfare: Limping Towards Eden: A Practical Approach to Redressing the Problem of Our Dominion Over the Animals*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- van de Weerd H, Ison S. 2019. “Providing Effective Environmental Enrichment to Pigs: How Far Have We Come?” *Animals* 9:254–76. doi: 10.3390/ani9050254.
- Xie C, Hou YX, Zhao YT, Cai XY, Li CY, Li PF, Li YZ, Su X, Yue XW, Wang SJ, Liu YG, Yang WJ, Yuan CL, Cu L, Hua XG, Yang ZB. 2014. “Histopathological and Cytopathological Findings in Minipigs Infected with *Streptococcus Suis* Serotype 2.” *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 58(2):201–9. doi: 10.2478/bvip-2014-0030.
- Zhuchaev KV, Suetov NV, Kaufmann O, Osadchuk LV, Borisenko EA. 2014. “Effect of Housing Conditions with Environment Enrichment on Physiological State of Young Pigs When Weaning from Sows.” *Russian Agricultural Sciences* 40(6):475–78. doi: 10.3103/s106836741406024x.
- Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramírez A, Schwartz KJ, Stevenson GW. 2012. *Diseases of Swine*. Ames, Iowa: Wiley/Blackwell.

10. ANEXOS

10.1. Anexo 1: Formato de indicaciones para examen semanal

Antes de realizar el siguiente formato leer las siguientes indicaciones y observar el vídeo tutorial:

1. Este formato se debe diligenciar en 10 minutos, antes de comenzar a contar el tiempo leer completamente el formato y llenar el primer encabezado de **Información general**. Para éste tener en cuenta lo siguiente:
 - a. Área de producción: puede ser Recría o Levante y Ceba
 - b. Temperatura ambiental: usando la pistola de temperatura infrarroja realizar tres mediciones: en el suelo del corral, en la pared cerca al corral y en el techo subyacente al corral. Es necesario escribir la temperatura mínima (Mn), máxima (Mx) y promedio (Pr).
2. Para completar el segundo encabezado de **Examen clínico básico**, tener en cuenta que en la casilla **Sí** se pone una X en caso de que algún cerdo presente el signo, y en la casilla **No**, se pone una X en caso de que ningún cerdo del corral presente signos. En la casilla de **Observación** debe poner cuántos cerdos presentaron el signo, y caracterizar la alteración.
3. Es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones y conceptos claros para completar el segundo encabezado de **Examen clínico básico**:
 - a. **Amontonamiento**: cerdo acostado con más de la mitad de su cuerpo sobre otro cerdo durante más de 15 segundos.
 - b. **Tos**: expulsión brusca, violenta y ruidosa del aire, a través de la boca.
 - c. **Estornudo**: acto reflejo violento de expulsión de aire desde los pulmones hacia las fosas nasales y la boca.

- d. **Disnea:** respiración con dificultad, tener en cuenta que la respiración normal es con patrón toracoabdominal.
- e. **Postura anormal:** cualquier posición anormal del tronco, extremidades o cabeza. Ejemplo: lordosis, cifosis o inclinación lateral de la cabeza.
- f. **Tos y estornudo:** se debe escribir en **Observación** cuántos episodios de estornudos o toses se dieron durante el tiempo evaluado, sin importar que el mismo cerdo haya tenido varios episodios de estornudos o toses.
- g. La bursitis se observa como una inflamación de las articulaciones, en caso de observar en algún cerdo alguna protuberancia poner en “1” el número de cerdos que presentaron una protuberancia de 1-2 cm de diámetro, en “2” el número de cerdos que presentaron una protuberancia de 2-5 cm de diámetro, y en “3” el número de cerdos que presentaron una protuberancia mayor a 5 cm (Tener en cuenta la **Figura 1** para tener referencia de las medidas). En observación se debe poner si se observa alguna característica de la alteración que sea importante resaltar.
- h. La condición corporal se evalúa en todos los cerdos con respecto a **Figura 2**, y teniendo en cuenta que:

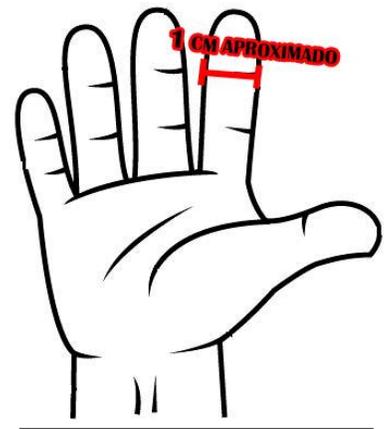


Figura 1. Referencia de medida en trabajo de campo.

1. Caquéctico
2. Delgado
3. Buena condición corporal
4. Con leve a moderado sobrepeso
5. Obeso

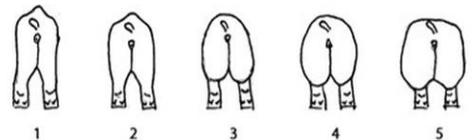
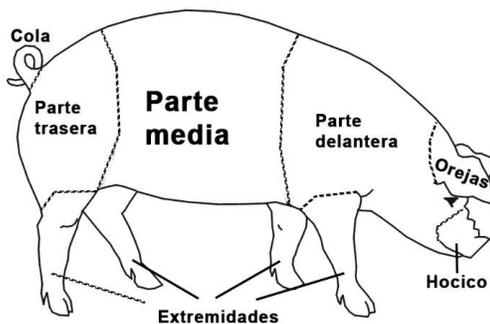


Figura 2. Clasificación numérica de la condición corporal (Tomado de Penn University).

- i. Para la temperatura corporal, es necesario tomar la temperatura con el termómetro infrarrojo en la base de la oreja de 3 cerdos al azar, y anotar la temperatura mínima (Mn), máxima (Mx) y promedio (Pr).
4. El tercer encabezado de **Lesiones de piel** es un cuadro resumen de las lesiones de piel, el cual se debe completar con el segundo formato del examen clínico por corral “Formato de lesiones de piel por corral”. Para completar el cuadro resumen de **Lesiones de piel**, tener en cuenta que en la casilla **Sí** se pone una X en caso de que se presente alguna lesión de piel en el sitio señalado en algún cerdo, y en la casilla **No**, se pone una X en caso de que ningún cerdo del corral presente alguna lesión en el sitio anatómico respectivo. En la casilla de **Observación**, debe poner cuántos cerdos presentaron la lesión de piel y un número que corresponda al mismo número en la imagen del cerdo que está al finalizar el encabezado, en esta imagen se debe dibujar la forma de la lesión y en qué sitio específico se presentó.
5. El “Formato de lesiones de piel por corral”, se debe completar por cada cerdo del corral, identificándolos con el marcaje realizado en el dorso del cerdo de acuerdo con el sistema de puntos de la investigación.
6. Para completar el tercer encabezado de **Lesiones de piel**, tener en cuenta la siguiente imagen, la cual representa los sitios anatómicos del cerdo que aparecen en este encabezado.



10.2. Anexo 2: Formato de evaluación por corral

Encabezado 1: Información general												
Fecha		Área de producción		Presencia de alimento en comedero			Sí		No			
Evaluador		Número de corral		Temperatura ambiental								
				Suelo			Pared			Techo		
Hora de inicio		Número de cerdos		Mn	Mx	Pr	Mn	Mx	Pr	Mn	Mx	Pr
Encabezado 2: Examen clínico básico												
Criterios para evaluar				Sí	No	Observación						
1	Amontonamiento											
2	Decaimiento											
3	Postura Anormal											
4	Incoordinación Del Movimiento											
5	Temblores											
6	Cojera											
7	Hocico Torcido											
8	Jadeo											
9	Secreciones nasales											
10	Secreciones oculares											
11	Disnea											
12	Tos											
13	Estornudos											
Criterios para evaluar				1	2	3	Observación					
13	Bursitis											

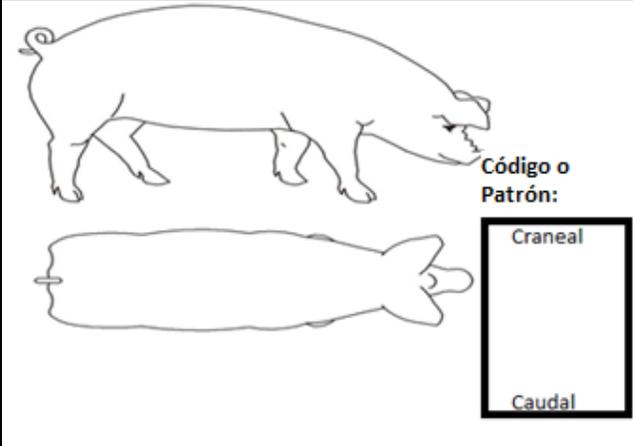
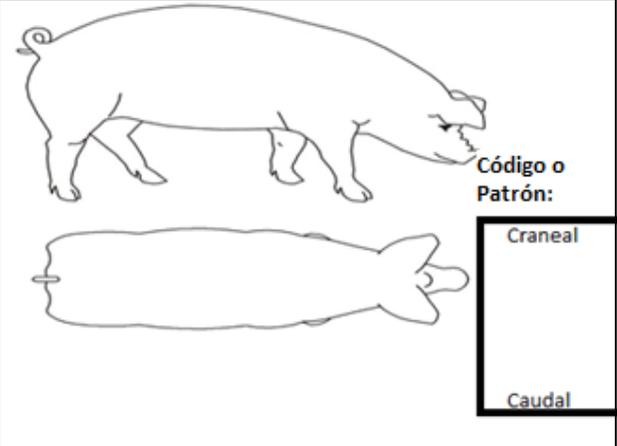
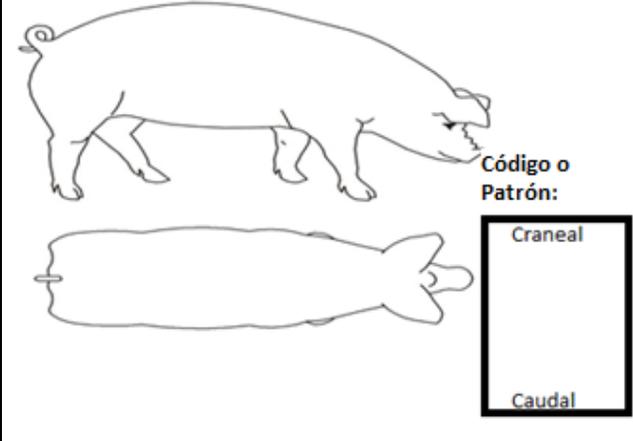
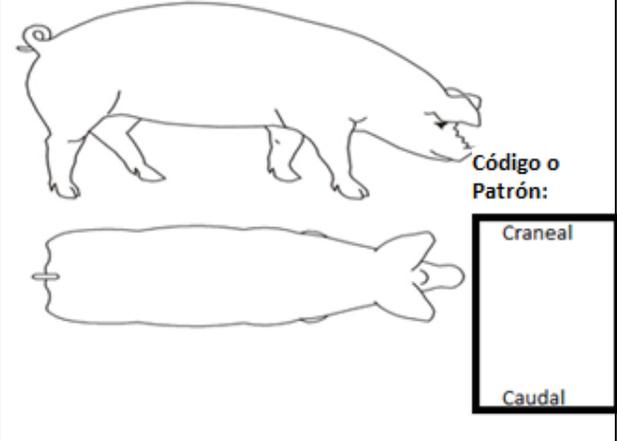
Criterios para evaluar		1	2	3	4	5				
14	Condición corporal									
Criterios para evaluar		Sí	No	Color						
15	Diarrea									
15	Temperatura corporal	Cerdo 1			Cerdo 2			Cerdo 3		
		Mn	Mx	Pr	Mn	Mx	Pr	Mn	Mx	Pr
Observaciones adicionales										
Encabezado 3: Lesiones de piel										
Criterios para evaluar: inflamación, heridas, pigmentaciones o decoloraciones.		Sí	No	Observación						
Orejas										
Parte delantera										
Parte media										
Parte trasera										
Extremidades										
En cola										
Hocico										
En órganos reproductivos										

FORMATO DE LESIONES DE PIEL POR CORRAL

Fecha: _____

Número de corral: _____

Área de producción: _____

 <p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>	 <p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>
 <p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>	 <p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>



<p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>	<p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>
<p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>	<p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>
<p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>	<p>Código o Patrón:</p> <p>Craneal</p> <p>Caudal</p>

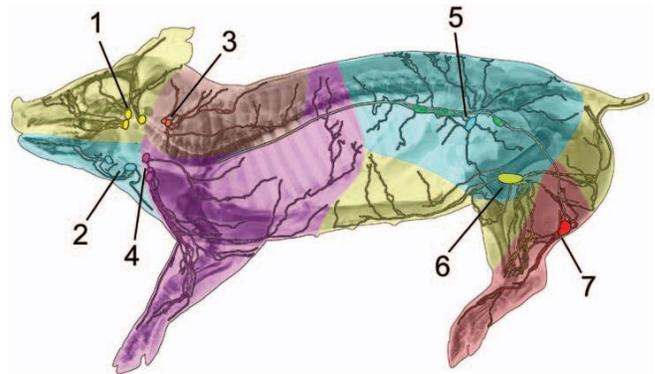
10.3. Anexo 3: Formato de indicaciones para examen clínico individual

Antes de realizar el siguiente formato leer las siguientes indicaciones:

1. Favor antes de comenzar el examen clínico, completar el primer encabezado de **Información general**, el cual solo se realiza una sola vez por corral, debido a que todos los cerdos presentarán las mismas características. En **Historia de la madre** se debe consultar: identificación de la madre, número de partos y número de abortos.
2. Antes de comenzar la evaluación clínica, familiarícese con el formato, léalo completamente para tener claro que debe observar detenidamente.
3. Para completar el tercer encabezado de **Evaluación por sistemas**, tener en cuenta la siguiente información:
 - a. **Sistema cardiovascular:** auscultar corazón para evaluar taquicardia, bradicardia, arritmia o soplo evidente.
 - b. **Sistema respiratorio:** presencia y descripción de tos, estornudo, disnea y secreción por ollares, y realizar auscultación pulmonar (sitio de auscultación: desde el hombro hasta la treceava costilla-dorsal, y de esta hasta la séptima costilla-ventral).
 - c. **Sistema digestivo:** color y consistencia de heces evaluadas al defecar o revisión de la zona perianal.
 - d. **Sistema urogenital:** revisar vulva, pene y testículos, en caso de que orine evaluar posición al orinar y características de la orina (color, olor, turbidez y sedimentos).

- e. **Sistema músculo esquelético:** evaluar aumento de tamaño de articulaciones, asimetría del cuerpo o presencia de cojera y clasificarla:
1. El cerdo se levanta fácilmente, pero camina con pasos cortos.
 2. El cerdo se levanta y mueve lentamente, con pasos cortos, leve atrofia de una extremidad.
 3. El cerdo es reacio a levantarse, el cerdo camina en tres extremidades o no se desplaza, cuando apoya la extremidad afectada esta tiembla.
 4. El cerdo sólo se mueve cuando es forzado, muestra signos obvios de dolor.
- f. **Sistema nervioso:** evaluar estado mental (depresión, desorientación, estupor o hiperexcitabilidad), postura, coordinación al movimiento, ojos y tono muscular.
- g. **Ojos:** evaluar la presencia de secreciones.

- h. **Sistema linfático:** evaluar aumento de tamaño evidente de linfonodos (1) parotídeos, (2) submandibulares, (3) cervicales dorsales, (4) cervicales ventrales, (5) sub iliacos, (6) inguinales y (7) poplíteos.



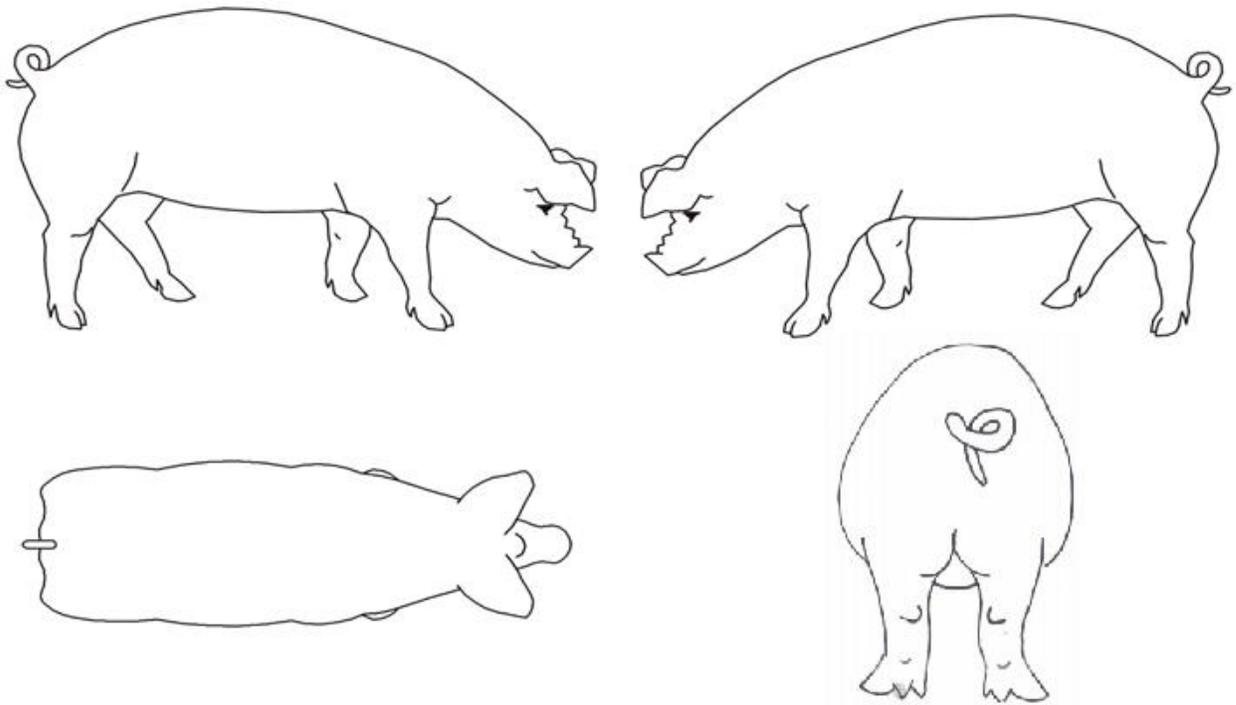
4. En el cuarto encabezado de **Lesiones de piel**, en las imágenes que representan los perfiles del cerdo, se debe dibujar la forma de las lesiones específicamente en el sitio anatómico donde las presenta. En el apartado de **Descripción de lesiones**, se debe describir las características macroscópicas de cada lesión (tamaño y apariencia). Adicionalmente se sugiere tomar fotografías de las lesiones de piel evidenciadas y los signos clínicos.

10.4. Anexo 4: Formato de evaluación clínica individual

Encabezado 1: Información general												
Fecha		Área de producción		Presencia de alimento en comedero			Sí		No			
Evaluador		Número de corral		Temperatura ambiental								
				Suelo			Pared			Techo		
Hora de inicio		Número de cerdos		Mn	Mx	Pr	Mn	Mx	Pr	Mn	Mx	Pr
Historia de la madre:												
Encabezado 2: Evaluación clínica general												
Edad		Sexo		Peso			Identificación					
Frecuencia cardiaca				Frecuencia respiratoria								
Actitud				Condición corporal (1 a 5)								
Temperatura rectal				Mucosa palpebral								
Temperatura con termómetro infrarrojo (Base de la oreja)		Mínimo		Máximo			Promedio					
Encabezado 3: Evaluación por sistemas												
Sistema	Normal	Anormal	Observaciones									
Cardiovascular												
Respiratorio												

Digestivo			
Urogenital			
Músculo- esquelético			
Nervioso			
Ojos			
Linfático			

Encabezado 4: Lesiones de piel



Descripción de lesiones:

10.5. Anexo 5. Diccionario de variables.

	Variable	Naturaleza	Unidad/Respuesta
General	Grupo	Cualitativa	Control/Tratamiento
	Edad	Cualitativa	Semanas
Parámetros productivos	Peso al nacimiento	Cuantitativa	Kilogramos
	Peso al destete	Cuantitativa	Kilogramos
	Peso a la semana 14	Cuantitativa	Kilogramos
	Peso al sacrificio	Cuantitativa	Kilogramos
	Peso ajustado a 160 días	Cuantitativa	Kilogramos
	Espesor de grasa dorsal	Cuantitativa	Milímetros
	Peso canal caliente	Cuantitativa	Kilogramos
	Peso canal refrigerada	Cuantitativa	Kilogramos
	Carne magra de la canal	Cuantitativa	Porcentaje
	Profundidad del músculo del lomo	Cuantitativa	Milímetros
Examen clínico individual	Frecuencia cardiaca	Cuantitativa	Latidos por minuto
	Frecuencia respiratoria	Cuantitativa	Respiraciones por minuto
	Temperatura rectal	Cuantitativa	Grados centígrados
	Estado de las mucosas	Cualitativa	Normal, congestiva, pálida, ictérica, etc

	Condición corporal	Cualitativa	Escala 1 a 5
	Sistema cardiovascular	Cualitativa	Normal/Anormal
	Sistema digestivo	Cualitativa	Normal/Anormal
	Sistema linfático	Cualitativa	Normal/Anormal
	Sistema músculo-esquelético	Cualitativa	Normal/Anormal
	Sistema nervioso	Cualitativa	Normal/Anormal
	Sistema respiratorio	Cualitativa	Normal/Anormal
	Sistema urogenital	Cualitativa	Normal/Anormal
	Grado de lesión de piel en orejas, hocico, extremidades, cola, genitales parte delantera, media y trasera	Cualitativa	Sin lesión, leve, moderado y severo
	Tipo de lesión de piel en orejas, hocico, extremidades, cola, genitales parte delantera, media y trasera	Cualitativa	Laceración, eritema, (incisión por agresión), nódulo, queratosis, absceso, costra, hematoma, etc
Examen clínico semanal	Amontonamiento	Cualitativa	Sí/No
	Bursitis	Cualitativa	Sí/No
	Cojera	Cualitativa	Sí/No
	Decaimiento	Cualitativa	Sí/No
	Diarrea	Cualitativa	Sí/No

	Disnea	Cualitativa	Sí/No
	Estornudos	Cualitativa	Sí/No
	Postura anormal	Cualitativa	Sí/No
	Secreción nasal	Cualitativa	Sí/No
	Secreción ocular	Cualitativa	Sí/No
	Tos	Cualitativa	Sí/No
	Lesiones de piel en orejas, hocico, extremidades, cola, genitales parte delantera, media y trasera	Cuantitativa	Número de cerdos
Anatomopatología	Lesión histopatológica (Neutrófilos, eosinófilos, linfocitos, leucocitos globulares, plasmocitos, macrófagos, hemorragia, congestión, edema, fibrina, fibrosis, pigmento, atelectasia, enfisema, atrofia linfoide, hiperplasia linfoide)	Cualitativa	Sin lesión, leve, leve a moderado, moderado, moderado a severo y severo
	Diagnóstico morfológico	Cualitativa	Neumonía intersticial crónica, neumonía bronquiolointersticial crónica, neumonía broncointersticial crónica, hemorragia pulmonar, pleuroneumonía

		intersticial crónica, etc
Severidad del diagnóstico	Cualitativa	Incipiente, leve, leve a moderado, moderado, moderado a severo y severo
Grado de afección de pulmones	Cuantitativa	Porcentaje
Color de lesión pulmonar	Cualitativa	Colores
Patrón de lesión pulmonar	Cualitativa	Craneal, caudal, difuso, lateral, medio, multifocal