

Informe de tesis doctoral

**Efecto del enriquecimiento sensorial, con estímulos musicales sobre respuestas emocionales, fisiológicas y neuroendocrinas en cerdos en producción**

Juliana Zapata Cardona

Director

Berardo de Jesús Rodríguez. M.V, Esp, PhD

Comité de asesores

Nylza Yadira Ibargüen Vargas. PT, MSc PhD

Alexandre Surget. Bio, PhD

Ariel Marcel Tarazona. Zoot MSc, Dr Sci

Maria Camila Ceballos. Zoot MSc, PhD

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, como parte de los requisitos para la obtención del título de Doctor en Ciencias Veterinarias

Desde que el hombre existe ha habido música. Pero también los animales, los átomos y las  
estrellas hacen música.”

Karlheinz Stockhausen

## **Agradecimientos**

### ***A mi familia:***

Que me apoyó incondicionalmente, me alivió la carga y me perdonó el distanciamiento.

### ***A mis Maestros:***

Que me dieron la motivación, las herramientas y la oportunidad de formarme con su insuperable conocimiento de la vida y la ciencia.

### ***A mis Amigos:***

Que siguen siendo amigos pese al tiempo que les he restado y me han dado la confianza para seguir avanzando.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN GENERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES: LA IMPORTANCIA DEL BIENESTAR ANIMAL EN LA PRODUCCIÓN PORCINA Y LA MÚSICA COMO UNA HERRAMIENTA DE ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL PARA MEJORARLO.....</b>	<b>20</b>
INTRODUCCIÓN.....	20
MARCO CONCEPTUAL.....	24
<i>La importancia del bienestar en los animales de producción.....</i>	<i>24</i>
<i>La música como rasgo común entre los animales y el hombre.....</i>	<i>26</i>
<i>Estudios sobre música en animales.....</i>	<i>29</i>
<i>El cerdo como modelo animal para el estudio de la biomusicología.....</i>	<i>30</i>
<i>Definición del enriquecimiento ambiental en animales no humanos.....</i>	<i>31</i>
REFERENCIAS CAPÍTULO 1.....	34
<b>CAPÍTULO 2. LA MÚSICA Y LAS EMOCIONES EN LOS ANIMALES NO HUMANOS.....</b>	<b>40</b>
INTRODUCCIÓN.....	40
MARCO CONCEPTUAL.....	43
<i>Las emociones en los animales no humanos.....</i>	<i>43</i>
<i>La música es el lenguaje de las emociones.....</i>	<i>45</i>
<i>La neurofisiología de las emociones musicales.....</i>	<i>48</i>
<i>La emocionalidad como componente de la evaluación del bienestar en los animales.....</i>	<i>50</i>
<i>El QBA (Qualitative behaviour assessment) para el estudio de las emociones en cerdos.....</i>	<i>51</i>
RESULTADOS.....	53
REFERENCIAS CAPÍTULO 2.....	71
<b>CAPÍTULO 3. EL ANÁLISIS PSICOACÚSTICO COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE MÚSICA ESPECIE ESPECÍFICA.....</b>	<b>75</b>
INTRODUCCIÓN.....	75
MARCO CONCEPTUAL.....	78
<i>La psicoacústica comparada.....</i>	<i>78</i>
<i>Bases del procesamiento cognitivo de la música.....</i>	<i>81</i>
<i>Las bases de la preferencia musical y el QBA integrado al análisis psicoacústico.....</i>	<i>83</i>
<i>Análisis estructural de la música.....</i>	<i>85</i>
RESULTADOS.....	87
REFERENCIAS CAPÍTULO 3.....	102
<b>CAPÍTULO 4. LA MÚSICA COMO UNA HERRAMIENTA PARA DISMINUIR EL ESTRÉS EN ANIMALES.....</b>	<b>106</b>
INTRODUCCIÓN.....	106
MARCO CONCEPTUAL.....	109

<i>Efectos neurofisiológicos del estrés</i> .....	109
<i>Música y estrés</i> .....	112
<i>La evaluación del estrés y la aplicación de estos métodos en cerdos</i> .....	115
RESULTADOS .....	118
REFERENCIAS CAPÍTULO 4 .....	137
<b>CAPÍTULO 5. LA EMPATÍA INTERESPECÍFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PROMOCIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL Y LA FORMACIÓN DE VALORES EN LOS NIÑOS Y JÓVENES</b> .....	<b>144</b>
INTRODUCCIÓN.....	144
MARCO CONCEPTUAL.....	147
<i>Definición de empatía</i> .....	147
<i>La empatía interespecífica</i> .....	149
<i>La empatía interespecífica como estrategia para la enseñanza del respeto por el otro</i> .....	153
<i>Transmedia gamificada como estrategia didáctica</i> .....	155
RESULTADOS .....	157
REFERENCIAS CAPÍTULO 5 .....	184
<b>DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	<b>187</b>
<i>Capítulo 2. Emociones y música en animales</i> .....	191
<i>Capítulo 3. Análisis psicoacústico en animales</i> .....	196
<i>Capítulo 4. Música para el manejo del estrés en animales</i> .....	201
<i>Capítulo 5. La empatía para la enseñanza del bienestar</i> .....	205
REFERENCIAS .....	209
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	<b>217</b>

## Lista de abreviaturas

ACP	Análisis de componentes principales
AOC	Índice amilasa sobre cortisol
AUC	Área bajo la curva
BPM	Pulso
CRH	Hormona corticotropa
CV	Covarianza
DA	Dopamina
DOC	Duty of care
dB	Decibeles
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos
fMRI	Resonancia magnética funcional
HFC	High frequency content
HPA	Eje hipofisiario-pituitario-adrenal
Hz	Hertz
ICC	Intervalo de confianza
IGF-1	Factor de crecimiento similar a la insulina
IgA	Inmunoglobulina A
kHz	Kilohertzio
N:L	Índice neutrófilo:linfocito
OIE	Organización Mundial de Sanidad Animal
OMS	Organización Mundial de la Salud
PET	Tomografía por emisión de positrones
PC	Componente principal
rBGH	Hormona de crecimiento bovina recombinante
SAM	Eje simpático adrenal medular
SD	Desviación estandar
SNA	Sistema nervioso autónomo
QBA	Qualitative behaviour assessment
ZCR:	Zero crossing rate

## Lista de Tablas

### Capítulo 2.

<b>Tabla 1</b>	Descriptive data of pigs' scores (in cm) to each QBA emotional state [mean, standard deviations (SD), maximum (max), minimum (min) and coefficient of variation (CV)] during each period of the musical stimulation protocol.	<b>55</b>
<b>Tabla 2</b>	Principal component analysis. Loadings for the 16 emotional states of qualitative behavior assessment (QBA). Loadings greater than 0.6 are bolded and were used to define the indexes identified in the analysis.	<b>55</b>
<b>Tabla 3</b>	Adjusted means ( $\pm$ SEM) and confidence interval (ICC) of the positive and negative emotion PCA indexes on habituation, treatment, break and final periods of the musical stimulation protocol.	<b>57</b>
<b>Tabla 4</b>	Generalized linear mixed models of the Components in clusters formed by musical pieces.	<b>58</b>

### Capítulo 3.

<b>Tabla 1</b>	Mean, minimum, maximum and standard deviation values of the 39 musical pieces acoustic parameters.	<b>90</b>
<b>Tabla 2</b>	Descriptive analysis of pigs' scores (in cm) based on emotional states used for the QBA [mean, standard deviations (SD), maximum (max), minimum (min), and coefficient of variation (CV)] n=50.	<b>91</b>
<b>Tabla 3</b>	Principal component analysis of QBA. Terms with loadings greater than 0.6 are bolded and were used to define the indexes identified in the analysis.	<b>92</b>
<b>Tabla 4</b>	Results to the Generalized Additive Model (GAM) on associations between emotional index and acoustic parameters.	<b>94</b>

### Capítulo 4.

<b>Tabla 1</b>	Descriptive analysis for adjectives based on emotional states used for the QBA [mean, standard deviations (SD), maximum (max), minimum (min) and coefficient of variation (CV)].	<b>123</b>
<b>Tabla 2</b>	Principal component analysis of QBA. Terms with loadings greater than 0.6 are bolded and were used to define the indexes identified in the analysis	<b>123</b>
<b>Tabla 3</b>	Adjusted means ( $\pm$ SEM) and confidence interval (ICC) of the positive high arousal and low arousal PCA indexes on Enriched and Barren groups.	<b>124</b>
<b>Tabla 4</b>	Proportions of pigs with skin lesions in the experimental groups at the beginning (week 1) and at the end of the experiment (week 10).	<b>125</b>
<b>Tabla 5</b>	Indices of cortisol and salivary amylase curves for enriched and barren (T student) group pigs.	<b>127</b>

## Capítulo 5.

<b>Tabla 1</b>	Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación a las actitudes y empatía hacia los cerdos	<b>160</b>
<b>Tabla 2</b>	Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes en relación a las actitudes hacia los animales.	<b>162</b>
<b>Tabla 3</b>	Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación al apego hacia los animales.	<b>162</b>
<b>Tabla 4</b>	Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación a la empatía hacia los animales.	<b>163</b>
<b>Tabla 5</b>	Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación a las actitudes y empatía hacia los cerdos.	<b>163</b>
<b>Tabla 5</b>	ANOVA Sexo-Edad y Respuestas de Actitud, Apego y Empatía hacia los animales	<b>165</b>

## Lista de figuras

### Capítulo 2.

- Figura 1** A. Plots of loadings for qualitative behavior assessment (QBA). Emotional responses in dimensions PC1 (positive emotions) and PC2 (negative emotions). B. Individual loadings associated with the four evaluated periods. Colors refer to responses on each period: habituation (red), treatment (green), break between musical pieces (blue), and final (purple). Cluster analysis. A. Similarity between musical pieces according to cluster analysis of the k-means method (K=3); each cluster included pieces homogeneous within themselves and heterogeneous among themselves. We recognized three clusters: Group 1 (blue), which includes dissonant pieces; Group 2 (yellow) corresponds to consonant pieces; and Group 3 (brown) corresponds to pieces without harmony. B. Plots of loadings for qualitative behavior assessment (QBA) emotional states in dimensions PC1 and PC2. Musical stimulation protocol. Musical pieces used on “treatment” were randomly presented, followed by a 3 min “Break” period. Each replicate included a 30 min “habituation” period and another 30 min period after the last piece “Final.”
- Figura 2**
- Figura 3**
- 57
- 58
- 63

### Capítulo 3.

- Figura 1** Diferencias en el audiograma del humano y del cerdo 80
- Figura 2** Modelo de procesamiento neurocognitivo de la música. 82
- Figura 3** Modelo de integración de parámetros acústicos y QBA para la evaluación psicoacústica de piezas musicales incluidas en la investigación. 86
- Figura 1** Stimulation protocol. The musical pieces were presented in a random order and considering interspersed rest periods. 90
- Figura 2** Plots of loadings for the 17 evaluated terms of the QBA A. Terms plotted on the first principal components PC1 (positive high arousal index) and PC2 (negative high arousal index). B. Terms plotted on PC1 and PC3 (positive low arousal index). 93
- Figura 3** A. Plots of loadings for the 17 evaluated emotional states of the QBA on the first (PC1: positive high arousal index) and second principal components (PC2: negative index). B. Coordinates of the group (litter) emotional states to each piece of music in the QBA. 93
- Figura 4** Contour plots for the predictive acoustic parameters from GAM model. The purple color suggests the best combination in levels between the parameters to induce emotional responses in the respective index. A. Positive high arousal index. pulse values between 110 and 130 bpm and instrumentation between 3 and 4 instruments in a piece of music, induces more positive responses. B. Negative high arousal index. Combination of low values for HFC and spectral deviation, induce higher responses for this index. C. Positive low arousal index. Pulse values lower 120 bpm and instrumentation 95

between 4 and 6 instruments in a piece of music can be related with emotional responses included in this index.

- Figura 5** Decision tree for emotional indexes. Blue nodes show positive responses (in percentage) and purple nodes, the negative responses associated with the respective index. A. Positive high arousal index. B. Negative high arousal index. C. Positive low arousal index. **96**

#### Capítulo 4.

- Figura 1** Plots of loadings for the terms of the QBA A. Terms plotted on the first principal components PC1 (positive high arousal index) and PC2 (positive low arousal index). B. Coordinates of litter emotional states to each piece of music. **125**

- Figura 2.** A comparison of the frequency of skin lesions presentation between the enriched and barren groups in the weekly evaluation. From week 2 of the experiment, a tendency to decrease in the number of skin lesions was observed in the enriched group. **126**

- Figura 3.** Weekly cortisol curves. A. enriched, B. barren. Salivary cortisol concentrations (mean  $\pm$  sem) measured during 10 diurnal hours, at 15, 16, and 17 weeks. **127**

- Figure 4.** Comparisons of basal salivary cortisol concentrations (mean  $\pm$  sem) measured during 10 h of daytime at 15 (upper panel), 16 (middle panel) and 17 weeks of age (lower panel) for pigs stimulated with music (enriched) and control (barren). **128**

- Figura** Comparative averages of leukocyte lines in both experimental groups at the end of the production cycle. **129**

- Figura 8** A model of the system interactions involved in modulation of music on stress. Note: a. (Blood and Zatorre 2001; Liégeois-Chauvel et al. 1998); b. (Menon and Levitin 2005; Panksepp and Bernatzky 2002) c. (Koelsch et al. 2006) d. (Ulrich-Lai and Herman 2009); e. (Nance and Sanders 2007; ThyagaRajan and Priyanka 2012); f. (Cacioppo and Decety 2009); g. (Cervellin and Lippi 2011; Chanda and Levitin 2013) j. (Andreassi 2013); h.(Ulrich-Lai and Herman 2009); i. (Dhabhar 2014) k. (Khalifa, Bella, and Roy 2003; ThyagaRajan and Priyanka 2012); l. (Goldstein, McEwen, and Section 2002; Tsigos and Chrousos 2002) m. (Anisman and Zacharko 1990; Baron-Cohen 2011; Hendrix, Ovalle, and Troxler 1985). **131**

#### Capítulo 5.

- Figura 1** Matriz de correlación de los ítems incluidos en el cuestionario. **164**

## **Resumen general**

El potencial de la música como herramienta de enriquecimiento ambiental en animales no humanos ha motivado el desarrollo de un campo de investigación que avanza en la comprensión de sus efectos y utilidad para favorecer la salud y el bienestar. En este marco, el objetivo de esta tesis fue evaluar las respuestas emocionales, fisiológicas y neuroendocrinas a la música en cerdos en producción. El abordaje conceptual, metodológico y los resultados obtenidos se presentarán detalladamente a lo largo de los cuatro primeros capítulos de este informe. Inicialmente, se exploró el efecto de música original en la inducción de respuestas emocionales y como estas se relacionan con la estructura acústica (elementos constitutivos espectro-temporales) de las composiciones. Todo lo anterior, permitió el diseño y producción de piezas musicales originales que fueron implementadas como un programa de enriquecimiento ambiental que evaluó el efecto de la música sobre el estrés desde una perspectiva psicofisiológica. Para esto, se realizaron varios experimentos con cerdos de producción y se aplicaron diferentes metodologías de análisis: QBA, técnicas de informática musical, evaluación de biomarcadores (cortisol y AAs), lesiones de piel, parámetros hemáticos y diferentes índices fisiológicos (AUC, AUC, AOC, N:L). Los datos obtenidos fueron evaluados mediante métodos estadísticos como PCA, ANOVA, t-Student, modelo GAM y árboles de decisión. Los resultados demostraron que los cerdos expuestos a la música tienen respuestas emocionales con diferentes valencias (positiva o negativa) e intensidad, que son determinadas por la interacción simultánea e integrada de parámetros acústicos espectro-temporales de las piezas musicales utilizadas. También, se demostró que la música tiene un efecto en la reducción del estrés, con un impacto positivo en la función endocrina y fisiológica. Consecuentemente, la música puede ser diseñada y utilizada para generar emociones positivas en la especie porcina, derivando en procesos fisiológicos, mediados a partir de la regulación neuroendocrina y de esta manera impactar de forma positiva condiciones como el estrés, que es un estado deletéreo y ubicuo en la producción animal, siendo identificado como un cofactor relevante en la presentación de enfermedades. Así, los resultados obtenidos permiten concluir que la música es una herramienta útil en enriquecimiento ambiental de los cerdos, con un potencial terapéutico para el manejo del estrés, pudiendo mejorar las condiciones de salud y bienestar en los sistemas productivos. Esta investigación aborda de forma sistemática e integral el uso de la música en la especie

porcina con un valor traslacional a otras especies animales; resaltando que lo anterior, permitió un desarrollo tecnológico para ser implementado en los sistemas de producción animal porcina, como una herramienta para mejorar las condiciones de bienestar animal desde un enfoque holístico. Finalmente, a partir de la experiencia la investigación y como estrategia de apropiación social del conocimiento, se presenta en el capítulo cinco el planteamiento de una herramienta pedagógica dirigida a niños y jóvenes que tuvo como eje central la promoción del bienestar animal y la empatía y que pretende fortalecer habilidades sociales en las áreas de impacto del sector productivo pecuario y en las comunidades rurales.

## **General Summary**

The potential of music as an environmental enrichment tool in non-human animals has motivated the development of a field of research that advances the understanding of its effects and usefulness to promote health and well-being. Within this framework, the objective of this thesis was to evaluate the emotional, physiological and neuroendocrine responses to music in pigs in production. The conceptual and methodological approach and the results obtained will be presented in detail in the first four chapters of this report. Initially, the effect of original music on the induction of emotional responses and how these are related to the acoustic structure (spectro-temporal constitutive elements) of the compositions was explored. All of the above allowed the design and production of original musical pieces that were implemented as an environmental enrichment program that evaluated the effect of music on stress from a psychophysiological perspective. For this, several experiments were conducted with production pigs and different analysis methodologies were applied: QBA, music informatics techniques, biomarker evaluation (cortisol and AAs), skin lesions, hematic parameters and different physiological indexes (AUC, AUC, AOC, N:L). The data obtained were evaluated using statistical methods such as PCA, ANOVA, t-Student, GAM model and decision trees. The results showed that pigs exposed to music have emotional responses with different valences (positive or negative) and intensity, which are determined by the simultaneous and integrated interaction of spectro-temporal acoustic parameters of the musical pieces used. Also, it was demonstrated that music has an effect on stress reduction, with a positive impact on endocrine and physiological function. Consequently, music can be designed and used to generate positive emotions in the swine species, derived in physiological processes, mediated from neuroendocrine regulation and thus positively impact conditions such as stress, which is a harmful and ubiquitous state in animal production, being identified as a relevant cofactor in the presentation of diseases. Thus, the results obtained allow conclude that music is a useful tool in the environmental enrichment of pigs, with a therapeutic potential for stress management and could improve health and welfare conditions in production systems. This research approaches in a systematic and integral way the use of music in swine species with a translational value to other animal species; highlighting that the above allowed a technological development to be implemented in swine animal production systems, as a tool to improve animal welfare conditions from a holistic approach.

Finally, based on the research experience and as a strategy for the social appropriation of knowledge, chapter five presents the approach of a pedagogical tool aimed at children and young people whose central axis is the promotion of animal welfare and empathy, and which seeks to strengthen social skills in the areas of impact of the livestock production sector and in rural communities.

## **Introducción General**

En la producción animal existen numerosos y complejos retos en términos de producción limpia, salud y bienestar, a los que debe responderse desde un enfoque amplio e integrador, más cuando en la actualidad continua observándose una tecnificación progresiva de los sistemas de producción, con restricciones ambientales y etológicas que tienen importantes repercusiones en el estado de salud y bienestar de los animales (Aguilar Iñigo et al., 2003).

Numerosas investigaciones han demostrado que condiciones de pobre bienestar tienen repercusiones físicas, fisiológicas y emocionales, determinando la presentación de estrés crónico (Grandin, 2017; Hazel y Lloyd, 2015; McEwen, 2008; Proudfoot y Habing, 2015). La experiencia prolongada de estrés se relaciona con efectos negativos sobre los sistemas neuroendocrino e inmunológico (Hazel y Lloyd, 2015); por tanto, se asocia a problemas de salud y bienestar (McEwen, 2008). Como resultado, el desarrollo de enfoques de prevención o manejo del estrés se ha convertido actualmente, en un importante campo de investigación.

El enriquecimiento ambiental basado en estímulos sensoriales es una alternativa para combatir el estrés y las deficiencias de bienestar animal, sin embargo su uso potencial en los sistemas productivos ha sido poco explorado (Burman et al., 2009; Mendl et al., 2009). El enriquecimiento reduce comportamientos anormales o indeseables y refuerza comportamientos naturales o deseables (de Jong et al., 2000; Zebunke et al., 2013) y repercute de manera positiva sobre la salud física y mental de los animales. A este respecto, por ejemplo se ha observado que, cerdos criados bajo condiciones enriquecidas con juguetes y sustratos presentaron menos días de diarrea después del destete, menos lesiones gástricas al beneficio o menor susceptibilidad a infecciones del sistema respiratorio, que cerdos criados de manera convencional (Van Dixhoorn et al., 2016; Moeser et al., 2017; Oostindjer et al., 2010).

La música es una herramienta de enriquecimiento sensorial y afecta beneficiosamente los procesos cognitivos y emocionales, así como, procesos fisiológicos relacionados con el estrés (Khalifa et al., 2003). En los seres humanos se han demostrado efectos positivos al escuchar música, incluida la reducción de la ansiedad, el alivio del dolor y la disminución de los parámetros fisiológicos, como la presión arterial y la frecuencia cardíaca (Cervellin y Lippi,

2011; Mitchell et al., 2007). Se ha documentado que los estímulos musicales modifican los índices de excitación autonómica y neuroquímica, así como la plasticidad sináptica (Chanda y Levitin, 2013). En animales, este abordaje es aún incipiente; sin embargo, se han reportado efectos deseables de la música, tales como: reducción de la agresión y agitación en los chimpancés, disminución de los ladridos y el aumento de los períodos de reposo en los perros, el aumento de la producción de leche en las vacas y el aumento de las tasas de crecimiento en pollos y carpas (Kogan et al., 2012; Uetake et al., 1997; Vasantha et al., 2003). Por esto, se plantea que un enriquecimiento basado en estímulos musicales, podría disminuir el estrés y favorecer el estado de bienestar de los animales en producción.

Las investigaciones previas conducidas sobre los beneficios potenciales del uso de la música en los animales sugieren que puede ser utilizada como una herramienta para mejorar su bienestar, a través del enriquecimiento ambiental, el alivio del estrés y la modificación de la conducta (Alworth y Buerkle, 2013). Sin embargo, los mecanismos por los cuales la música tiene un efecto neuroendocrino e inmunológico no están completamente dilucidados, y los estudios han examinado los biomarcadores de efecto aisladamente y en condiciones de laboratorio, sin tomar en consideración las interacciones ambientales con las dinámicas fisiológicas y metabólicas de los animales, lo que lleva a una comprensión poco clara del impacto que la música puede tener en condiciones de campo. Tampoco se ha determinado con precisión cuáles propiedades de la música son las responsables de los efectos (Bernatzky et al., 2011; Fancourt et al., 2014; Yamasaki et al., 2012).

Por todo lo anterior, se propuso esta investigación con el fin de evaluar el uso del enriquecimiento sensorial con estímulos musicales en el manejo del estrés crónico y las respuestas fisiológicas y neuroendocrinas asociadas, en cerdos en producción. Este estudio pretendió evaluar el diseño y aplicación de estímulos musicales especie-específicos, mediante la evaluación integrada de múltiples parámetros, que incluyen respuestas emocionales, fisiológicas, neuroendocrinas; esto, como una aproximación que aporta a la comprensión de la música como herramienta para el manejo del estrés, aprovechado su potencial como alternativa para mejorar la salud y el bienestar en los sistemas de producción animal.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos musicales sobre las respuestas emocionales, fisiológicas y neuroendocrinas en cerdos en producción.

### **Objetivos Específicos**

1. Evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos musicales sobre el estado emocional en cerdos en producción.
2. Evaluar el efecto de los elementos musicales y acústicos constitutivos de la música sobre el estado emocional en cerdos en producción.
3. Evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con música, en el balance del sistema nervioso autónomo, la función neuroendocrina y el estrés crónico en cerdos en producción
4. Crear un ambiente de aprendizaje a partir de un videojuego que permita incorporar los problemas inherentes al bienestar animal como ejes problematizados para la formación de valores en los niños y jóvenes.

## Referencias

- Aguilar Iñigo, J. M., Arias de Reyna, L., Castro Notario, F., Galka, M., Recuerda F., Gómez-Villamandos, R., Zúñiga, J. M., Montero, C. M., Moyano M. R. (2003). *Bienestar animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos: libro de resúmenes : II curso sobre bienestar animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos, curso de extensión universitaria*. Universidad de Córdoba.
- Alworth, L. C. y Buerkle, S. C. (2013). The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab Animal*. <https://doi.org/10.1038/labam.162>
- Bernatzky, G., Presch, M., Anderson, M. y Panksepp, J. (2011). Emotional foundations of music as a non-pharmacological pain management tool in modern medicine. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(9), 1989–1999. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.06.005>
- Burman, O. H., Parker, R. M., Paul, E. S. y Mendl, M. T. (2009). Anxiety-induced cognitive bias in non-human animals. *Physiology and Behavior*, 98(3), 345–350. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.06.012>
- Cervellin, G., y Lippi, G. (2011). From music-beat to heart-beat: A journey in the complex interactions between music, brain and heart. *European Journal of Internal Medicine*, 22(4), 371–374. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2011.02.019>
- Chanda, M. L. y Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.02.007>
- de Jong, I., PELLE, I., van de Burgwal, J., Lambooi, E., Korte, S., Blokhuis, H. y Koolhaas, J. (2000). Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, memory and circadian rhythms in cortisol in growing pigs.pdf. *Physiology y Behavior*, 68, 571–578. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(99\)00212-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-9384(99)00212-7)
- Fancourt, D., Ockelford, A., y Belai, A. (2014). The psychoneuroimmunological effects of music: A systematic review and a new model. *Brain, Behavior, and Immunity*, 36, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.10.014>
- Grandin, T. (2017). On-farm conditions that compromise animal welfare that can be monitored at the slaughter plant. *Meat Science*, 132(January), 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.004>
- Hazel, S. J. y Lloyd, J. K. F. (2015). The impact of social stress on animal health and welfare. *The Veterinary Journal*, 207, 7–8. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.08.007>
- Khalifa, S., Bella, S. D. y Roy, M. (2003). Effects of relaxing music on salivary cortisol level after psychological stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 021(999), 374–376. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.045>
- Kogan, L. R., Schoenfeld-Tacher, R. y Simon, A. A. (2012). Behavioral effects of auditory stimulation on kennel dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 7(5), 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.11.002>
- McEwen, B. S. (2008). Central effects of stress hormones in health and disease: Understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators. *European Journal of Pharmacology*, 583(2–3), 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2007.11.071>
- Mendl, M., Burman, O. H. P., Parker, R. M. A. y Paul, E. S. (2009). Cognitive bias as an indicator of animal emotion and welfare: Emerging evidence and underlying mechanisms. *Applied Animal Behaviour Science*, 118(3–4), 161–181. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.02.023>
- Mitchell, L. A., MacDonald, R. A. R., Knussen, C. y Serpell, M. G. (2007). A survey investigation

- of the effects of music listening on chronic pain. *Psychology of Music*, 35(I), 37–57.
- Mooser, A. J., Pohl, C. S. y Rajput, M. (2017). Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. *Animal Nutrition*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.003>
- Oostindjer, M., Bolhuis, J. E., Mendl, M., Held, S., Gerrits, W., Van den Brand, H. y Kemp, B. (2010). Effects of environmental enrichment and loose housing of lactating sows on piglet performance before and after weaning. *Journal of Animal Science*, 88(11), 3554–3562. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2940>
- Proudfoot, K. y Habing, G. (2015). Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions. *The Veterinary Journal*, 206(1), 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.05.024>
- Uetake, K., Hurnik, J. F. y Johnson, L. (1997). Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science*, 53(3), 175–182. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01159-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01159-8)
- Van Dixhoorn, I. D. E., Reimert, I., Middelkoop, J., Bolhuis, J. E., Wisselink, H. J., Koerkamp, P. W. G. G. y 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161832>
- Vasanth, L., Jeyakumar, A. y Pitchai, M. A. (2003). Influence of music on the growth of Koi Carp, *Cyprinus carpio* ( Pisces : Cyprinidae ). *NAGA, WorldFish Center Quarterly*, 26(4), 25–26.
- Yamasaki, A., Booker, A., Kapur, V., Tilt, A., Niess, H., Lillemoe, K. D., ... Conrad, C. (2012, November). The impact of music on metabolism. *Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.01.020>
- Zebunke, M., Puppe, B. y Langbein, J. (2013). Effects of cognitive enrichment on behavioural and physiological reactions of pigs. *Physiology and Behavior*, 118, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.05.005>

# **Capítulo 1. Consideraciones Generales: La importancia del bienestar animal en la producción porcina y la música como una herramienta de enriquecimiento ambiental para mejorarlo**

## **Introducción**

La intención del presente capítulo es presentar un marco general de los fundamentos que sustentan el desarrollo de la presente tesis y justificar el direccionamiento y las hipótesis que se irán presentando en los siguientes apartados del documento, facilitando la contextualización en las temáticas que allí se abordarán.

Como punto de partida, es necesario abordar el eje problematizador inicial, que es la relación humana – animal. El estudio de la relación humana con los otros animales es un área emergente, con diversas vertientes que conceptualizan sobre el deber ser de dicha relación, conduciendo a cuestionamientos que involucran dimensiones éticas, sociales, políticas, ambientales y muchas otras. Por un carácter práctico para la escritura y por su amplia aceptación en el campo académico, los planteamientos presentados en el presente documento se harán desde el concepto de bienestar animal. Este se presenta como una visión amplia e integradora que promueve en una medida importante los principios de alteridad y empatía, y constituye un enfoque relevante para replantear las formas en que los seres humanos nos relacionamos con otros animales.

En este marco, nos enfocaremos particularmente en el bienestar de los animales que se utilizan con fines productivos, ya que esta es quizá, una de las formas más debatibles de la relación humano animal. Y es que, las condiciones actuales de la producción animal en general, con la alta tecnificación de los sistemas y prácticas, implican numerosas restricciones ambientales y problemas inherentes al manejo, que tienen importantes repercusiones en el estado de salud y bienestar de los animales (Aguilar Iñigo et al., 2003). Es un escenario retador, donde la ciencia se convierte en un actor fundamental, ya que puede contribuir al desarrollo de estrategias y alternativas que permitan mejorar las condiciones de vida de los animales no humanos y, por tanto, su bienestar.

Para abordar esta perspectiva, se hace necesario iniciar con la definición del concepto de bienestar animal. Sin embargo, esta misma significación es objeto de controversia, en parte porque

su marco de referencia es muy amplio y multidimensional, pero sobre todo por las dificultades inherentes a la objetivación de su evaluación en animales no humanos. No obstante, se destacan definiciones como la de Hughes quien propuso que, el significado del bienestar animal era que el animal estaba en armonía con la naturaleza o con su entorno (Hughes, 1982). Este planteamiento fue importante, porque sugirió una visión “integral” de un individuo involucrando la relación con lo que le rodea. Pese a esto, sentirse en armonía es un estado subjetivo cuya medición científica se encuentra limitada, al menos en los animales no humanos. De ahí que, otras definiciones como la de (Broom, 1986): "el bienestar de un individuo es su estado en lo que respecta a sus intentos de hacer frente a su entorno", puede tener una aceptación más amplia en el campo científico y asienta las bases para la evaluación objetiva. Lo anterior, debido a que las estrategias para hacer frente al entorno son evaluables a partir de parámetros conductuales, fisiológicos, inmunológicos, entre otros; Además, abre la puerta para la evaluación de la emocionalidad en los animales, ya que los sentimientos, como el dolor, el miedo y las diversas formas de placer, también forman parte de las estrategias de afrontamiento y son un componente clave del bienestar (Broom, 1988; Duncan y Petherick, 1991; Pankseep, 2004; Panksepp, 2005). Mas recientemente, también se ha resaltado la estrecha relación entre la salud y el bienestar, reconociéndose una clara correspondencia en doble vía, donde para algunos autores, la salud es la única explicación de bienestar animal (Fraser, 2008; Goldberg, 2016). Todo lo anterior, permite esbozar la complejidad de la evaluación del bienestar en los animales no humanos y permite sugerir que, para llevarla a cabo de forma objetiva, deben considerarse al menos, varios de los parámetros que este integra.

Es necesario destacar que, desde hace décadas se postuló el efecto adverso del estrés sobre el bienestar en animales de producción (Duncan, 2005; Dawkins, 2012), y la evidencia creciente a través de los años, ha convertido esa conjetura en una premisa. Si bien, el bienestar no puede definirse simplemente en términos de estrés (Duncan, 2002) es sin lugar a duda una condición que puede afectarlo de forma crítica. El estrés se asocia principalmente a factores ambientales de naturaleza “negativa”, (Aguilar Iñigo et al., 2003; Paul et al., 2005) causados a menudo por condiciones de alojamiento monótono y empobrecido que inhiben las necesidades etológicas y psicológicas de los animales (Grandin et al., 2015). Esto, tiene repercusiones físicas, fisiológicas, conductuales y emocionales. Particularmente, el estrés de tipo crónico, tiene un efecto deletéreo sobre las funciones orgánicas, alterando la fisiología, con una repercusión negativa sobre la salud

y por tanto, sobre el bienestar (Broom, 2006; McEwen, 2008; Proudfoot y Habing, 2015; Van Dixhoorn et al., 2016).

La producción porcina es una de las prácticas más intensivas en lo que se refiere a animales de producción, el confinamiento, las altas densidades de animales y ambientes altamente restrictivos y monótonos son algunos de sus problemas. Además, hay un asunto particularmente relevante en consideración, y es que involucra una especie especialmente inteligente (Ormandy, 2010), que si bien no debe ser un criterio que determine la aplicación o no de prácticas de bienestar si es un miramiento importante ya que esto exige una mayor atención a los procesos cognitivos de los animales, pues determina la complejidad en cómo estos perciben su mundo, el afrontamiento y la comprensión de las prácticas a las que están sometidos y por tanto, su estado de bienestar y consecuente presentación de estrés.

El enriquecimiento ambiental se ha planteado como un método para combatir el estrés y en consecuencia las deficiencias de bienestar animal (Grimberg-Henrici et al., 2016; Luo et al., 2017); se ha demostrado, que reduce la manifestación de comportamientos anormales o indeseables, refuerza comportamientos y emociones positivas, y ayuda a regular las respuestas fisiológicas, neuroendocrinas e inmunológicas en numerosas especies animales. (Boissy et al., 2007; Casal et al., 2017; de Jong et al., 2000; Fàbrega et al., 2019; Zebunke et al., 2013). En los últimos años, varias investigaciones han explorado el impacto de la estimulación con sonido como un método de enriquecimiento ambiental para animales cautivos y confinados (Silva et al., 2017). Ya existen reportes sobre los beneficios de este tipo de estímulos en animales de laboratorio, mascotas y algunas especies de producción (da Cruz et al., 2011). Y es que, aunque los mecanismos concretos por los cuales la música puede afectar las dinámicas orgánicas, aún no están completamente esclarecidos, ya se reconoce que, su papel trasciende de un simple estímulo físico, con importantes repercusiones en la fisiología (Boso et al., 2006). Así, son muchos los hallazgos que sugieren un efecto potencialmente beneficioso, del uso de enriquecimiento basado en música sobre el comportamiento y el nivel de bienestar animal, lo que debe destacarse en un campo de investigación aún incipiente (p.ej.: Barcellos et al., 2018; Howell et al., 2003; Kogan et al., 2012; Wells, 2009) .

No obstante, y pese a su enorme potencial, en los animales de producción el uso y funciones que se la han otorgado a la música en el enriquecimiento han sido en la mayoría de las ocasiones,

con el enfoque más reduccionista, utilizándola para enmascarar ruidos repentinos que pueden ser estresantes (da Cruz et al., 2011). Sin embargo, y como se expondrá en esta tesis, su uso en la producción animal puede ser más significativo, con un efecto en la regulación de respuestas emocionales, funciones neuroendocrinas e inmunológicas y manejo del estrés. Hasta ahora, esta aplicación en animales de producción ha sido poco explorada, al menos de forma sistemática y con una evaluación integral y rigurosa que permita llegar a conclusiones consistentes.

Por todo lo anterior, se propuso el presente trabajo de investigación, que explora la aplicación de la música en cerdos, evaluando sus propiedades y efectos. Para esta evaluación se consideraron diferentes dominios, incluyendo aspectos críticos del bienestar como es el estado emocional de los animales y su integración con respuestas orgánicas de naturaleza endocrina, valorando la influencia de la música en la respuesta adaptativa de los animales al estrés y el impacto potencial que tiene en el funcionamiento biológico, todo esto en el marco del bienestar animal. El desarrollo será presentado en los capítulos 2, 3 y 4 de este trabajo, en los que se abordarán perspectivas teóricas de los dominios previamente mencionados y se dará cuenta de un producto de investigación aplicada que aporte a la resolución de las diferentes hipótesis que fueron planteadas. Adicionalmente, el capítulo 5 presenta una estrategia de apropiación social de conocimiento orientada a la promoción de la empatía interespecífica en un grupo social, como un esfuerzo dirigido hacia una educación que incorpore consideraciones éticas sobre los animales.

## **Marco conceptual**

El marco conceptual que se presenta a continuación, plantea un contexto general sobre la importancia del bienestar animal en la producción porcina, como uno de los elementos que justifica el enfoque de la tesis, además se introduce a la musicalidad y la biomusicología, perspectivas que sustentan el potencial uso de la música en el enriquecimiento ambiental. Estos elementos hacen parte del ámbito general de la tesis y facilitan el abordaje de los siguientes capítulos.

### **La importancia del bienestar en los animales de producción**

Como se ha mencionado previamente, el bienestar animal es uno de los ejes centrales de esta investigación, por lo que es conveniente resaltar su importancia e implicaciones. Teniendo en cuenta que es un campo amplio para desarrollar, en este apartado se tomará una perspectiva que incluye su interdependencia con el bienestar humano. Esto debido a que, en un mundo interrelacionado y conexo, todas las acciones y prácticas humanas repercuten en los animales; asimismo, los demás animales tienen un papel crítico en la vida humana. Un abordaje aislado no es conveniente desde el punto de vista del autor.

La producción animal y en particular la de tipo intensivo, por la naturaleza intrínseca de los métodos que allí se aplican, limitan en muchas ocasiones las necesidades ecológicas, etológicas de los animales, que repercuten en su bienestar (Aguilar Iñigo et al., 2003). En la actualidad y debido en parte a la creciente aceptación de la sintiencia animal y a una posición más reflexiva sobre las interacciones que como humanos tenemos con los demás animales, se ha generado un interés sobre la producción animal, su huella ecológica, los métodos de crianza, transporte y sacrificio de los animales, exponiendo los problemas éticos que subyacen a las prácticas y volcando a un cada vez más nutrido segmento de la sociedad a replantear con mayor equidad, la relación que como humanos establecemos con los animales, para comprender los deberes de bienestar que tenemos con ellos (Tarazona et al., 2019).

Sin embargo, la importancia del bienestar animal no se limita a aspectos morales o éticos, el efecto de su aplicación trasciende a temas ambientales, sociales o de salud. Así por ejemplo, la organización mundial de salud animal, OIE, a principios de 2004, reconoció que la inclusión del trato que damos a los animales es de primera necesidad para la salud pública, señalando que el

bienestar de los animales, constituye una herramienta para la prevención y el control de enfermedades (Bayvel, 2004).

El bienestar animal aboga por unas mejores condiciones de vida de los animales, con prácticas que pueden disminuir por ejemplo, los niveles de estrés en los sistemas de producción (Broom, 2001). El estrés crónico es un importante desencadenante de infecciones en los humanos y los animales, por su efecto deletéreo sobre el sistema inmune y es uno de los principales problemas de la producción animal intensiva (Martínez-Miró et al., 2016; McEwen, 2008; Tsigos y Chrousos, 2002). El estrés predispone a la presentación de enfermedades, cuya propagación es favorecida en los sistemas de producción intensiva, debido a las altas densidades de animales en espacios reducidos y con poca diversidad genética. Esto puede constituir riesgos importantes para la salud pública, sobre todo si estas infecciones son de naturaleza zoonótica (Tomley y Shirley, 2009). Además, lo anterior también se relaciona con el uso masivo de antibióticos, estos se utilizan como estrategia profiláctica para paliar el riesgo de infecciones y su uso extensivo en los sistemas de producción animal se ha vinculado a la emergente crisis de resistencia (Van Dixhoorn et al., 2016). Se administran regularmente a los animales a través de los alimentos y el agua; derivando en un contacto de los humanos con estos biológicos (Phillips et al., 2004). La mayoría de los antibióticos utilizados para el tratamiento de infecciones en los humanos son los mismos que se utilizan para tratar enfermedades en otros animales (White et al., 2002). Las organizaciones de salud de todo el mundo, incluida la Organización Mundial de la Salud (OMS), consideran que las bacterias resistentes a los antibióticos son una gran amenaza para la salud pública y alertan sobre los riesgos.

En adición, algunas prácticas como la suplementación de hormonas y factores de crecimiento a los animales suponen un estrés fisiológico, poniendo en riesgo la naturaleza biológica y bienestar. Además, existen potenciales efectos secundarios sobre los consumidores humanos. Un ejemplo claro, es el uso de la hormona de crecimiento bovina recombinante (rBGH, por sus siglas en inglés), esta se asocia a un mayor riesgo de mastitis clínica en vacas; y en cerdos, induce cojera, falla en la mineralización ósea, osteocondritis disecante y úlcera gástrica (Kronfeld, 2000, (EFSA), 2009). La hormona se ha utilizado en los Estados Unidos desde su aprobación por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) en 1993, pero su uso no está permitido en la Unión Europea, Canadá, Australia, Japón, Nueva Zelanda e Israel (Sharrat y Tokar, 2001). Cuando

se administra rBGH, el efecto sobre la producción es estimulada por otra hormona conocida como factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1). En humanos, se ha reportado que un aumento de los niveles de IGF-1 puede influir en el desarrollo de ciertos tipos de cáncer, como el de próstata, seno, colorrectal y otros. La American Cancer Society reconoce la preocupación y posibles vínculos con el cáncer, pero no se han tomado acciones contundentes, como se cita en la siguiente declaración: "En este momento, no está claro que beber leche, producida con o sin tratamiento con rBGH, aumente los niveles de IGF-1 en la sangre dentro de un rango que podría ser motivo de preocupación con respecto al riesgo de cáncer u otros efectos sobre la salud" (American Cancer Society, 2014).

Lo anterior, desde un enfoque integrador, expone algunas consideraciones que sirven para ejemplificar la importancia del bienestar animal. Esta perspectiva, se respalda en el concepto holístico de "Una salud" promovido por la OMS; que establece la compleja interconexión de los humanos, los animales de compañía, el ganado, los animales silvestres, el entorno social y ecológico proponiendo enfoques convergentes para la salud humana y animal y sus respectivos contextos sociales y ambientales (Rüegg et al., 2017; Zinsstag et al., 2011). También, se soporta en una iniciativa más reciente, denominada como "Un Bienestar", donde se reconocen las interconexiones entre bienestar animal, el bienestar humano y el medio ambiente, resaltando el impacto del bienestar animal en Una Salud y extendiendo su enfoque (García Pinillos et al., 2016). Con esta nueva óptica, el bienestar se vislumbra como un asunto particularmente relevante en la dinámica de la sociedad.

### **La música como rasgo común entre los animales y el hombre**

A partir de la importancia del bienestar animal, surge la necesidad de explorar estrategias para mejorarlo, es probable que sea necesario replantear muchas de las prácticas de la producción animal, que determinan la forma en actualmente viven estos animales. Sin embargo, y porque estos cambios de perspectiva pueden tomar tiempo, es necesario el desarrollo de estrategias que permitan resolver problemas para las condiciones actuales de la producción intensiva. Entre las numerosas orientaciones que pueden ser asumidas, esta investigación tomó como enfoque la música.

Los efectos de la música sobre el bienestar humano han sido ampliamente descritos (Chanda y Levitin, 2013; Pauwels et al., 2014). Se ha sugerido que en otros animales, puede tener efectos

similares; esto se deduce a partir de los cambios observados en la fisiología, la cognición, la química y morfología del cerebro en modelos animales (Lemmer, 2008; Pankseep, 2004; Wadhwa et al., 1999, Alworth y Buerkle, 2013). Y cambios en el comportamiento como disminución de la ansiedad y los comportamientos agresivos (Patterson-Kane y Farnworth, 2006; Rickard, 2009; Vasantha et al., 2003). Estos hallazgos, suscitan preguntas como: ¿cuál es el valor de la música desde el punto de vista biológico? Y ¿por qué tiene un efecto en los animales?, abordar estos cuestionamientos permitiría justificar su uso para mejorar el bienestar en animales.

La música es considerada como una elaboración humana compleja y hasta hace poco se tuvo una visión de esta, como un producto artístico que se restringe a lo cultural, sin componentes evolutivos ni biológicos en su manifestación (Fitch, 2005). Sin embargo, los enfoques de investigación modernos, interdisciplinarios, han permitido estudiarla desde otras perspectivas como la investigación comparativa, con enfoques neuronales, de desarrollo y cognitivas, permitiendo un acercamiento valioso a la comprensión de la música como un fenómeno profundamente enraizado en la biología (Honing y ten Cate, 2015).

La musicalidad humana se refiere al conjunto de capacidades y tendencias que permiten a nuestra especie generar y disfrutar la música en todas sus formas diversas. Pero la musicalidad en sí misma es un aspecto estable de nuestra biología, puede ser definida como un rasgo natural y espontáneamente desarrollado, basado y limitado por la biología y la cognición (Honing y ten Cate, 2015). Teniendo en cuenta los argumentos que sustentan su naturaleza evolutiva y biológica, la musicalidad no es exclusivamente humana y desde una perspectiva objetiva, puede considerarse que los componentes básicos de la musicalidad, se comparten con animales no humanos (Hoeschele et al., 2015). Este enfoque, incluso, ha dado lugar al surgimiento de una nueva disciplina, la “Biomusicología”, como un campo rico para la investigación interdisciplinaria y comparativa, que permite establecer las bases conceptuales que validan el desarrollo de investigaciones en el marco de los efectos que la música tiene en los animales.

Desde el punto de vista de la biomusicología, entre los animales y el hombre, hay marcadas similitudes en estructuras anatómicas, señales bioquímicas y sus receptores, genes y reacciones comportamentales que en el humano se han asociado a la musicalidad (Hoeschele et al., 2015), por tanto, puede sugerirse que de manera similar a los humanos, los otros animales pueden percibir los componentes básicos de la música de manera similar o al menos muy cercana a los humanos. Así

por ejemplo, se ha documentado la capacidad de sincronización de los movimientos con el ritmo musical, como uno de los signos más visibles de la influencia de la música en varias especies animales (Bryant, 2013; Fitch, 2015). Sin embargo, este nuevo enfoque disciplinar, es relativamente novedoso, existiendo un amplio campo por explorar en la comprensión de la musicalidad desde puntos de vista mecanicistas, ontogenéticos, filogenéticos, funcionales y culturales.

Sin embargo y pese a los avances en el área, algunos autores, por ejemplo, (Peretz, 2006) discuten que en la literatura, la música solo se ve como una invención cultural y su contexto biológico rara vez es estudiado. Quedando aún un gran vacío de conocimiento sobre la biología y la evolución de la música. Aunque todos los mecanismos involucrados en la percepción y producción musical pueden agruparse, por conveniencia, como " la facultad de música " o " la capacidad para la música", es importante recordar que diferentes componentes de esta capacidad pueden tener diferentes historias evolutivas. Así, discutir la "música" como un todo indiferenciado, o como un "módulo" cognitivo unitario, pasa por alto el hecho de que la música integra una amplia variedad de dominios (cognitivo, emocional, perceptual, motor, etc.), puede cumplir una variedad de funciones (vínculo madre-hijo, elección de pareja, cohesión grupal...) y puede compartir componentes clave con otros sistemas como el lenguaje o el habla (Fitch, 2006).

Lo anterior sustenta la importancia de estudios comparativos entre humanos y animales no humanos, que permitan comprender los lazos interespecíficos que existen entre los rasgos biológicos relativos a la musicalidad. Esto es importante, sobre todo cuando se consideran los efectos fisiológicos y psicológicos que la música tiene en humanos, porque puede tener un enorme potencial terapéutico en otras especies, si esta logra inducir respuestas similares. Si bien, ya existen algunos antecedentes en la literatura, que han documentado efectos en animales expuestos a la música (Kogan et al., 2012; Uetake et al., 1997; Vasantha et al., 2003); sus efectos concretos sobre respuestas como el estrés, que involucra aspectos psicobiológicos complejos no han sido bien caracterizados, lo que puede ser particularmente relevante en animales de granja, donde esta condición es un determinante en el estado de bienestar. A partir de esto, se deduce la necesidad de profundizar en la investigación en el campo de la música y sus efectos en animales y justifica el enfoque de la investigación expuesta en esta tesis.

## **Estudios sobre música en animales**

Varios estudios han sido conducidos en el ámbito la de música y sus efectos en los animales. Estos generalmente consideran un abordaje conductual en la evaluación y en muchas ocasiones con resultados contrastantes, incluso en la misma especie. A continuación, se presentan los principales hallazgos sobre este tema.

En primates, se han publicado resultados de la aplicación de música para varias especies. Así, en gorilas se ha informado que la música clásica de tempo lento redujo el comportamiento ansioso (Brooker, 2016), mientras que otros dos estudios no registraron efectos significativos (Robbins y Margulis, 2014; Wells et al., 2006). En otro, la música instrumental aumentó la afiliación mientras que la música vocal redujo el comportamiento agonista (Videan et al., 2007). Otro reporte, que no especifica el tipo de música utilizada informó que su aplicación redujo la agresión y la exploración, y aumentó el acicalamiento y el descanso (Howell et al., 2003). En gibones, se reporta que la música clásica no produjo ningún cambio de comportamiento (Wallace et al., 2013), y un estudio que utilizó música basada en la especie condujo a una mayor actividad (Shepherdson, et al., 1989).

Un estudio de elefantes encontró que la música clásica redujo los estereotipos conductuales (Wells y Irwin, 2008). En perros, se han reportado efectos bastante heterogéneos de la música. Un estudio también aplicando música clásica, reportó un aumento en las conductas de sueño y de descanso, mientras que otros tres estudios, usando música rock informaron una mayor actividad y aumento ladridos (Bowman et al., 2015; Wells et al., 2002). En contraste, otros dos estudios no informaron efectos de la música sobre el comportamiento (Bayvel, 2004; Engler y Bain, 2017).

En animales de granja también se muestran resultados mixtos. En el ganado bovino, la música country mejoró la aproximación voluntaria de los animales a los puestos de ordeño, pero no se probaron otros tipos de música (Uetake et al., 1997). En ponis expuestos a una variedad de géneros musicales no se observaron cambios de comportamiento significativos, pero hubo una tendencia a un mayor consumo de alimento con música country (Haupt et al., 2000). Un estudio en lechones no encontró efectos de la música (Cloutier et al., 2000), mientras que otros dos estudios encontraron que la música de tempo rápido aumentaba la actividad, el juego y el movimiento de la cola (Li et al., 2019; Zhao et al., 2020).

En resumen, los estudios publicados hasta la fecha valorando la música sobre el comportamiento en animales no humanos, evidencian efectos variables dentro y entre especies. Es probable que esto sea consecuencia de deficiencias metodológicas que serán discutidas más adelante en esta tesis y pone en evidencia la necesidad de profundizar en la temática con un abordaje sistemático y consistente, justificando uno de los tópicos que fueron investigados en este trabajo.

### **El cerdo como modelo animal para el estudio de la biomusicología**

La exploración de la música como una herramienta mejorar el bienestar en animales, particularmente en la especie porcina, está muy bien justificada. Como se ha mencionado antes en este documento, el estrés derivado de la producción intensiva y las habilidades cognitivas de la especie (Grandin, 2017; Hazel y Lloyd, 2015; Ormandy, 2010), la convierten en un foco de trabajo pertinente, pero otros aspectos relevantes como modelo de trabajo se presentan a continuación:

En humanos, escuchar música modula la actividad en las regiones cerebrales relacionadas con las emociones e induce cambios en la neurofisiología (Blood y Zatorre, 2001; Brefczynski-Lewis y Lewis, 2017; Uslin y Västfjäll, 2008); por lo que, el abordaje neurocientífico es relevante desde el punto de vista del estudio de sus efectos. El uso de la especie porcina en la investigación biomédica, en particular para la investigación quirúrgica y fisiológica, ya está bien establecida (Tumbleson, 1986) y se ha ido incrementado notablemente en los últimos tiempos, ampliando las posibilidades a áreas relacionadas con la neurociencia. Las ventajas de usar el cerdo para modelar el cerebro humano cada vez son más evidentes. Se tiene un conocimiento creciente, sobre la anatomía del cerebro de los cerdos y la neuroquímica, con ventajas comparativas desde el punto de vista de anatomía, crecimiento y desarrollo frente a otros modelos animales (Lind et al., 2007).

Desde el punto de vista sensorial y cognitivo, las habilidades del cerdo se han examinado en varios estudios, encontrando por ejemplo que los cerdos pueden aprender a discriminar entre objetos, basándose en señales visuales u olfativas (Croney et al., 2003). También son capaces de discriminar entre personas familiares y desconocidas en función de señales visuales, auditivas y olfativas (Tanida y Nagano, 1998). Además, en términos de psicoacústica, poseen, una sensibilidad auditiva similar a la de los primates (Arnfred et al., 2003; Heffner y Heffner, 1990). Con respecto al humano en particular (con un rango auditivo estandarizado 20 Hz a 20 kHz), el marco auditivo

del cerdo (40,5 Hz a 40 kHz), es más cercano en comparación con otros modelos animales usados comúnmente como modelos animales, tal es el caso de ratones (1 Hz a 90 kHz) y ratas (250 Hz a 64 kHz) cuya percepción auditiva se encuentra en rango ultrasónico.

Todas estas características aportan un gran valor traslacional a la especie porcina para estudios comparativos y lo convierten en un excelente modelo para la biomusicología. Sin embargo y pese a este enorme potencial, son escasos los estudios realizados en cerdos con este enfoque y la investigación que será desarrollada a lo largo de los siguientes capítulos buscará aportar información en tal sentido.

### **Definición del enriquecimiento ambiental en animales no humanos**

En años recientes el enriquecimiento ambiental se ha convertido en un tema de creciente interés científico, debido en parte a su relación con el bienestar y a que se presenta como una alternativa con gran potencial para resolver diversos problemas en animales cautivos. Si bien, la conceptualización en torno a su definición ha sido amplia, a continuación se presentarán algunos planteamientos al respecto.

Son varias las definiciones propuestas para el enriquecimiento ambiental. Así por ejemplo, ha sido caracterizado como: “la mejora en el funcionamiento biológico de los animales cautivos, luego de haber introducido modificaciones en su ambiente; entendiendo la mejora del funcionamiento biológico como el éxito en la vida reproductiva y aumento de su eficacia biológica inclusiva y las consecuencias de esto en el mejoramiento de su salud” (Newberry, 1995). Si bien, esta definición es ampliamente aceptada en el ámbito académico, plantea algunos retos en su aplicación para animales de granja, como por ejemplo la necesidad de definir las prácticas y medidas apropiadas del efecto del enriquecimiento en los animales no reproductores. Otra definición propone el enriquecimiento ambiental como: “la provisión de estímulos que promueven la expresión de actividades mentales y de comportamiento apropiadas para la especie en un entorno poco estimulante” (Reinhardt et al., 1998). Sin embargo, la delimitación de un comportamiento “apropiado” puede ser difícil para animales en condiciones de producción intensiva y mantenidos en un ambiente bastante distante al natural para la especie. Por lo anterior, es probable que pueda ser más relevante definir los objetivos del enriquecimiento ambiental que el concepto en sí mismo. En la literatura, se han sugerido objetivos del enriquecimiento, algunos de los cuales pueden ser

considerados para las especies en producción: "(1) Aumentar la diversidad del comportamiento; (2) Reducir las frecuencias del comportamiento anormal; (3) Aumentar la gama de patrones de comportamiento normal (4) Aumentar la utilización positiva del entorno; (5) Aumentar la capacidad de hacer frente a los desafíos de una manera más “normal” (Young 2003).

También con respecto al enriquecimiento, se han llevado a cabo clasificaciones permitiendo definir categorías: social (incluye contacto directo o indirecto con individuos de su misma especie o humanos); ocupacional (provee retos mentales para el animal e incluye actividad física); físico (uso de objetos o sustratos y cambios en el espacio del animal); sensorial (visual, auditivo, olfativo, táctil y gusto); nutricional (presentar una amplia variedad de comida o cambiar su método de presentación) y cognitivo (se refiere al proceso de desafiar y estimular la memoria, la toma de decisiones, el juicio, la percepción, la atención, la resolución de problemas, el funcionamiento ejecutivo, el aprendizaje y las capacidades específicas de un organismo) (Bloomsmith et al., 1991, Maple y Perdue, 2013). Sin embargo, algunos tipos de enriquecimiento podrían clasificarse en más de una categoría y se sugiere la necesidad de incorporarlos todos, de forma sistemática en algún momento de un plan de enriquecimiento. Al hacerlo, se puede crear un entorno complejo y cambiante, en el que el animal tenga mayor control y elección sobre su entorno (Maple and Perdue 2013).

Específicamente en cerdos, los tipos de enriquecedores más usados son el ocupacional y físico, ejemplo de esto son las mejoras en los sistemas de alojamiento de cerdas, el uso de sustratos para que puedan explorar y hozar, y el uso de objetos para que puedan morder (Weerd, A, and Day 2009). Se ha reportado que el uso de enriquecimientos motiva el comportamiento exploratorio, aumenta el comportamiento de juego e interacciones sociales positivas (Casal et al. 2017; Studnitz, Jensen, and Pedersen 2007). También disminuye la respuesta de estrés, mejorando los parámetros productivos y rendimiento de los cerdos (Beattie, O’Connell, and Moss 2000; Casal et al. 2017). De esta manera el enriquecimiento pueden reducir el riesgo de lesiones, los comportamientos redirigidos, la agresividad, canibalismo y estereotipias (Alworth and Buerkle 2013; Beattie et al. 2000; Casal et al. 2017; Fraser et al. 1991).

A propósito del uso de enriquecimiento sensorial de tipo acústico en la especie porcina, son pocos los trabajos reportados en la literatura. Si bien, existen algunos trabajos previos en los que

se ha evaluado su efecto por ejemplo en la mejora de las condiciones de los lechones durante condiciones estresantes (Cloutier, Weary, and Fraser 2000), o en ciertos comportamientos como la actividad, el juego y el movimiento de la cola (Dudink et al. 2006; Li et al. 2019; Zhao et al. 2020), aún existe poca información que sustente su incorporación en los programas de enriquecimiento. Por lo anterior, se plantea como una perspectiva de investigación por desarrollar y justifica la exploración al respecto, que se realiza en el presente trabajo.

## Referencias capítulo 1

- Aguilar Iñigo, J. M., Arias de Reyna, L., Castro Notario, F., Galka, M., Recuerda F., Gómez-Villamandos, R., Zúñiga, J. M., Montero, C. M., Moyano M. R. (2003). *Bienestar animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos: libro de resúmenes : II curso sobre bienestar animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos, curso de extensión universitaria*. Universidad de Córdoba.
- Alworth, L. C., y Buerkle, S. C. (2013, January 22). The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab Animal*. <https://doi.org/10.1038/lab.an.162>
- American Cancer Society. (2014). Recombinant Bovine Growth Hormone. Retrieved from <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/athome/recombinant-bovine-growth-hormone>.
- Annual Report of the EFSA. (2014). *EFSA Supporting Publications*, 11(12). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2014.EN-721>
- Arnfred, S. M., Lind, N. M., Moustgaard, A., Hansen, A. K. y Gjedde, A. (2003). Minipig negative slow wave demonstrates target/nontarget differences in P300 paradigm. *NeuroImage*, 20(1), 587–590. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00314-8](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00314-8)
- Barcellos, H. H. A., Koakoski, G., Chaulet, F., Kirsten, K. S., Kreutz, L. C., Kalueff, A. V. y Barcellos, L. J. G. (2018). The effects of auditory enrichment on zebrafish behavior and physiology. *PeerJ*, 2018(7), 1–17. <https://doi.org/10.7717/peerj.5162>
- Bayvel, A. C. D. (2004). The OIE animal welfare strategic initiative—Progress, priorities and prognosis. In *Proceedings of the Global Conference on animal welfare: an OIE initiative* (pp. 13–17). Citeseer.
- Beattie, V. E., O’Connell, N. E., Kilpatrick, D. J., & Moss, B. W. (2000). Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. *Animal Science*, 70(3), 443–450. <https://doi.org/10.1017/S1357729800051791>
- Beattie, V. E., O’Connell, N. E., & Moss, B. W. (2000). Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science*, 65(1–2), 71–79. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00179-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00179-7).
- Blood, A. J. y Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818–11823. <https://doi.org/10.1073/pnas.191355898>.
- Bloomsmith, M. A., Brent, L. Y., & Schapiro, S. J. (1991). Guidelines for developing and managing an environmental enrichment program for nonhuman primates. *Laboratory Animal Science*, 41(4), 372–377.
- Boissy, A., Arnould, C., Chaillou, E., Greiveldinger, L., Leterrier, C., Richard, S., ... Veissier, I. (2007). Emotions and cognition: a new approach to animal welfare. *Animal Welfare*, 16(2), 37-43.
- Boso, M., Politi, P., Barale, F., y Emanuele, E. (2006). Neurophysiology and neurobiology of the musical experience. *Functional Neurology*, 21(4), 187.
- Bowman, A., Scottish, S. P. C. A., Dowell, F. J., y Evans, N. P. (2015). “Four Seasons” in an animal rescue centre; classical music reduces environmental stress in kennelled dogs. *Physiology and Behavior*, 143, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.02.035>
- Brefczynski-Lewis, J. A., y Lewis, J. W. (2017). Auditory object perception: A neurobiological model and prospective review. *Neuropsychologia*, 105, 223–242. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.04.034>

- Brooker, J. S. (2016). *An investigation of the auditory perception of western lowland gorillas in an enrichment study*. Wiley Online Library.
- Broom, D. (1988). The Scientific Assessment of Animal Welfare. *Applied Animal Behaviour Science Elsevier Science Publishers B.V*, 20, 5–19. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(88\)90122-0](https://doi.org/10.1016/0168-1591(88)90122-0)
- Broom, D. M. (1986). Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, 142(6), 524–526. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(86\)90109-0](https://doi.org/10.1016/0007-1935(86)90109-0)
- Broom, Donald M. (2001). Coping, stress and welfare. *Coping with Challenge: Welfare in Animals Including Humans*, 1–9.
- Broom, Donald M. (2006). Behaviour and welfare in relation to pathology. *Applied Animal Behaviour Science*, 97(1), 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.11.019>
- Bryant, G. A. (2013). Animal signals and emotion in music: Coordinating affect across groups. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00990>
- Casal, N., Manteca, X., Escribano, D., Cerón, J. J., y Fàbrega, E. (2017). Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators (chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- $\alpha$ ) in growing pigs. *Animal*, 11(7), 1228–1236. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002561>
- Chanda, M. L., y Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.02.007>
- Cloutier, S., Weary, D. M., y Fraser, D. (2000). Can Ambient Sound Reduce Distress in Piglets During Weaning and Restraint?. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 3(2), 107–116. [https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0302\\_3](https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0302_3)
- Croney, C. C., Adams, K. M., Washington, C. G., y Stricklin, W. R. (2003). A note on visual, olfactory and spatial cue use in foraging behavior of pigs: indirectly assessing cognitive abilities. *Applied Animal Behaviour Science*, 83(4), 303–308. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00128-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00128-X)
- de Jong, I., Prelle, I., van de Burgwal, J., Lambooi, E., Korte, S., Blokhuis, H., y Koolhaas, J. (2000). Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, memory and circadian rhythms in cortisol in growing pigs.pdf. *Physiology y Behavior*, 68, 571–578. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(99\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(99)00212-7)
- Dawkins, M. (2012). *Animal suffering: the science of animal welfare*. Springer Science y Business Media.
- Dudink, S., Simonse, H., Marks, I., de Jonge, F. H., & Spruijt, B. M. (2006). Announcing the arrival of enrichment increases play behaviour and reduces weaning-stress-induced behaviours of piglets directly after weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 101(1–2), 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.12.008>
- Duncan, I. J., y Petherick, J. C. (1991). The implications of cognitive processes for animal welfare. *Journal of Animal Science*, 69(12), 5017–5022.
- Duncan, I. J. (2005). Science-based assessment of animal welfare: farm animals. *Revue scientifique et technique-Office international des epizooties*, 24(2), 483.
- Engler, W. J., y Bain, M. (2017). Effect of different types of classical music played at a veterinary hospital on dog behavior and owner satisfaction. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 251(2), 195–200.
- Fàbrega, E., Marcet-Rius, M., Vidal, R., Escribano, D., Cerón, J. J., Manteca, X., y Velarde, A. (2019). The effects of environmental enrichment on the physiology, behaviour, productivity and meat quality of pigs raised in a hot climate. *Animals*, 9(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ani9050235>

- Fitch, W. T. (2006). The biology and evolution of music: A comparative perspective. *Cognition*, 100(1), 173–215. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.009>
- Fitch, W. T. (2015). Four principles of bio-musicology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1664), 20140091. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0091>
- Fraser, D., Phillips, P. A., Thompson, B. K., & Tennessen, T. (1991). Effect of straw on the behaviour of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 30(3), 307–318. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1591\(91\)90135-K](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90135-K)
- Fraser, D. (2008). Understanding animal welfare. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50(S1), S1. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-S1-S1>
- García Pinillos, R., Appleby, M. C., Manteca, X., Scott-Park, F., Smith, C., y Velarde, A. (2016). One Welfare - A platform for improving human and animal welfare. *Veterinary Record*, 179(16), 412–413. <https://doi.org/10.1136/vr.i5470>
- Goldberg, A. M. (2016). Farm Animal Welfare and Human Health. *Current Environmental Health Reports*, 3(3), 313–321. <https://doi.org/10.1007/s40572-016-0097-9>
- Grandin, T. (2017). On-farm conditions that compromise animal welfare that can be monitored at the slaughter plant. *Meat Science*, 132(January), 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.004>
- Grimberg-Henrici, C. G. E., Vermaak, P., Elizabeth Bolhuis, J., Nordquist, R. E., y van der Staay, F. J. (2016). Effects of environmental enrichment on cognitive performance of pigs in a spatial holeboard discrimination task. *Animal Cognition*, 19(2), 271–283. <https://doi.org/10.1007/s10071-015-0932-7>
- Hazel, S. J., y Lloyd, J. K. F. (2015). The impact of social stress on animal health and welfare. *The Veterinary Journal*, 207, 7–8. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.08.007>
- Heffner, R. S., y Heffner, H. E. (1990). Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*). *Hearing Research*, 48(3), 231–240. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-5955\(90\)90063-U](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-5955(90)90063-U)
- Hoeschele, M., Merchant, H., y Kikuchi, Y. (2015). Searching for the origins of musicality across species. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 370(1664), 20140094. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0094>
- Honing, H., y ten Cate, C. (2015). Without it no music: Cognition, biology and evolution of musicality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1664). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0088>
- Haupt, K., Marrow, M., y Seeliger, M. (2000). A preliminary study of the effect of music on equine behavior. *Journal of Equine Veterinary Science*, 20(11), 691–737.
- Howell, S., Schwandt, M., Fritz, J., Roeder, E., y Nelson, C. (2003). A Stereo Music System as Environmental Enrichment for Captive Chimpanzees. *Lab Animal*, 32(10), 31–36. <https://doi.org/10.1038/labani1103-31>
- Hughes, B. O. (1982). The historical and ethical background of animal welfare. *How Well Do Our Animals Fare*, 1–9.
- Kogan, L. R., Schoenfeld-Tacher, R., y Simon, A. A. (2012). Behavioral effects of auditory stimulation on kennel dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 7(5), 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.11.002>
- Kronfeld, D. S. (2000). Recombinant bovine somatotropin and animal welfare. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 216(11), 1719–1722. <https://doi.org/10.2460/javma.2000.216.1719>
- Lemmer, B. (2008). Effects of music composed by Mozart and Ligeti on blood pressure and heart rate circadian rhythms in normotensive and hypertensive rats. *Chronobiology International*,

- 25(6), 971–986. <https://doi.org/10.1080/07420520802539415>
- Li, X., Zhao, J. N., Zhao, P., Zhang, X., Bi, Y. J., Li, J. H., ... Bao, J. (2019). Behavioural responses of piglets to different types of music. *Animal*, 13(10), 2319–2326. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000260>
- Lind, N. M., Moustgaard, A., Jelsing, J., Vajta, G., Cumming, P., y Hansen, A. K. (2007). The use of pigs in neuroscience: Modeling brain disorders. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 31(5), 728–751. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2007.02.003>
- Luo, L., Geers, R., Reimert, I., Kemp, B., Parmentier, H. K., y Bolhuis, J. E. (2017). Effects of environmental enrichment and regrouping on natural autoantibodies-binding danger and neural antigens in healthy pigs with different individual characteristics. *Animal*, 1–8. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000635>
- Maple, T., & Perdue, B. M. (2013). *Zoo Animal Welfare* (Vol. 14). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35955-2>
- Martínez-Miró, S., Tecles, F., Ramón, M., Escribano, D., Hernández, F., Madrid, J., ... Cerón, J. J. (2016). Causes, consequences and biomarkers of stress in swine: An update. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0791-8>
- McEwen, B. S. (2008). Central effects of stress hormones in health and disease: Understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators. *European Journal of Pharmacology*, 583(2–3), 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2007.11.071>
- Newberry, R. C. (1995). Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science*, 44(2–4), 229–243. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00616-Z](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00616-Z)
- da Cruz, J. N., de Lima, D. D., Dal Magro, D. D., y da Cruz, J. G. P. (2011). The power of classic music to reduce anxiety in rats treated with simvastatin. *Basic and Clinical Neuroscience*, 2(4), 5. Ormandy, E. (2010). The Lifecycle of the Farm Pig The Lifecycle of the Farm Pig, 8705. <https://doi.org/10.1080/10888705.2010.483898>
- Pankseep, J. (2004). *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford University Press.
- Pankseep, J. (2005). Affective consciousness: Core emotional feelings in animals and humans. *Consciousness and Cognition*, 14(1), 30–80. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2004.10.004>
- Patterson-Kane, E. G., y Farnworth, M. J. (2006). Noise exposure, music, and animals in the laboratory: A commentary based on laboratory animal refinement and enrichment forum (LAREF) discussions. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 9(4), 327–332. [https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904\\_7](https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904_7)
- Paul, E. S., Harding, E. J., y Mendl, M. (2005). Measuring emotional processes in animals: The utility of a cognitive approach. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 29(3), 469–491. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.01.002>
- Pauwels, E. K. J., Volterrani, D., Mariani, G., y Kostkiewics, M. (2014). Mozart, music and medicine. *Medical Principles and Practice*. <https://doi.org/10.1159/000364873>
- Peretz, I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, 100(1), 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.004>
- Phillips, I., Casewell, M., Cox, T., De Groot, B., Friis, C., Jones, R., ... Waddell, J. (2004). Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 53(1), 28–52. <https://doi.org/10.1093/jac/dkg483>
- Proudfoot, K., y Habing, G. (2015). Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions. *The Veterinary Journal*, 206(1), 15–21.

- <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.05.024>
- Reinhardt, V., Reinhardt, A., & Seelig, D. (1998). *Environmental Enrichment for Nonhuman Primates: An Annotated Bibliography for Animal Care Personnel*. Animal Welfare Institute.
- Rickard, N. S. (2009). Defining the Rhythmicity of Memory-Enhancing Acoustic Stimuli in the Young Domestic Chick (*Gallus gallus*). *Journal of Comparative Psychology*, *123*(2), 217–221. <https://doi.org/10.1037/a0015117>
- Robbins, L., y Margulis, S. W. (2014). The effects of auditory enrichment on gorillas. *Zoo Biology*, *33*(3), 197–203.
- Rüegg, S. R., McMahan, B. J., Häsler, B., Esposito, R., Nielsen, L. R., Ifejika Speranza, C., Lindberg, A. (2017). A Blueprint to Evaluate One Health. *Frontiers in Public Health*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00020>
- Sharratt, L., y Tokar, B. (2001). No to Bovine Growth Hormone: Ten Years of Resistance in Canada (pp. 385–396). McGill-Queen's University Press. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/j.ctt130hff4.36>
- Silva, F., Miranda, K., Piedade, S. M., y Salgado, A. (2017). Effect of Auditory Enrichment (Music) in Pregnant Sows Welfare. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, *37*(2), 215–225. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n2p215-225/2017>
- Shepherdson, D., Bemment, N., Carman, M., y Reynolds, S. (1989). Auditory enrichment for Lar gibbons *Hylobates lar* at London Zoo. *International Zoo Yearbook*, *28*(1), 256–260.
- Studnitz, M., Jensen, M. B., & Pedersen, L. J. (2007). Why do pigs root and in what will they root?. A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. *Applied Animal Behaviour Science*, *107*(3–4), 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.11.013>
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., y Broom, D. M. (2019). Human Relationships with Domestic and Other Animals: One Health, One Welfare, One Biology. *Animals*, *10*(1), 43. <https://doi.org/10.3390/ani10010043>
- Tanida, H., y Nagano, Y. (1998). The ability of miniature pigs to discriminate between a stranger and their familiar handler. *Applied Animal Behaviour Science*, *56*(2), 149–159. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00095-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00095-6)
- Tomley, F. M. y Shirley, M. W. (2009). *Livestock infectious diseases and zoonoses*. The Royal Society.
- Tsigos, C. y Chrousos, G. P. (2002). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*, *53*(4), 865–871. [https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(02\)00429-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00429-4)
- Tumbleson, M. E. (1986). *Swine in biomedical research*. V. 2. United States: Plenum Press, New York, NY. Retrieved from <https://www.osti.gov/servlets/purl/6917526>
- Uetake, K., Hurnik, J. F., y Johnson, L. (1997). Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science*, *53*(3), 175–182. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01159-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01159-8)
- Uslin, P., y Västfjäll, D. (2008). No Title. *Emotional Responses to Music: The Need to Consider Underlying Mechanisms.*, *31*(5), 559–575.
- Van Dixhoorn, I. D. E., Reimert, I., Middelkoop, J., Bolhuis, J. E., Wisselink, H. J., Koerkamp, P. W. G. G., ... 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161832>

- Vasantha, L., Jeyakumar, A., y Pitchai, M. A. (2003). Influence of music on the growth of Koi Carp, *Cyprinus carpio* ( Pisces : Cyprinidae ). *NAGA, WorldFish Center Quarterly*, 26(4), 25–26.
- Videan, E. N., Fritz, J., Howell, S., y Murphy, J. (2007). Effects of two types and two genre of music on social behavior in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 46(1), 66–70.
- Wadhwa, S., Anand, P., y Bhowmick, D. (1999). Quantitative study of plasticity in the auditory nuclei of chick under conditions of prenatal sound attenuation and overstimulation with species specific and music sound stimuli. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 17(3), 239–253. [https://doi.org/10.1016/S0736-5748\(99\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0736-5748(99)00005-2)
- Wallace, E. K., Kingston-Jones, M., Ford, M., y Semple, S. (2013). An investigation into the use of music as potential auditory enrichment for moloch gibbons (*Hylobates moloch*). *Zoo Biology*, 32(4), 423–426. <https://doi.org/10.1002/zoo.21074>
- Weerd, van de., A, H., & Day, J. E. L. (2009). A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(1), 1–20.
- Wells, D L, Graham, L., y Hepper, P. G. (2002). The influence of auditory stimulation on the behaviour of dogs housed in a rescue shelter. *Animal Welfare*, 11(4), 385–393.
- Wells, Deborah L. (2009). Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 118(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.01.002>
- Wells, Deborah L, Coleman, D., y Challis, M. G. (2006). A note on the effect of auditory stimulation on the behaviour and welfare of zoo-housed gorillas. *Applied Animal Behaviour Science*, 100(3–4), 327–332.
- Wells, Deborah L, y Irwin, R. M. (2008). Auditory stimulation as enrichment for zoo-housed Asian elephants (*Elephas maximus*). *Animal Welfare*, 17(4), 335–340.
- White, D. G., Zhao, S., Simjee, S., Wagner, D. D., y McDermott, P. F. (2002). Antimicrobial resistance of foodborne pathogens. *Microbes and Infection*, 4(4), 405–412. [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(02\)01554-X](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(02)01554-X)
- Young, R. J. (2003). *Environmental enrichment for captive animals*. Blackwell Science, Oxford.: John Wiley & Sons.
- Zebunke, M., Puppe, B., y Langbein, J. (2013). Effects of cognitive enrichment on behavioural and physiological reactions of pigs. *Physiology and Behavior*, 118, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.05.005>
- Zhao, P., Zhao, J., Liu, H., Zhang, R., Li, J., Zhang, M., ... Yi, R. (2020). Effects of long-term exposure to music on behaviour, immunity and performance of piglets. *Animal Production Science*, 61(5), 532–539.
- Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., y Tanner, M. (2011). From “one medicine” to “one health” and systemic approaches to health and well-being. *Preventive Veterinary Medicine*, 101(3–4), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.07.003>

## **Capítulo 2. La música y las emociones en los animales no humanos**

### **Introducción**

Este capítulo presenta un abordaje teórico, contextual y de investigación sobre las emociones inducidas por la música en los animales no humanos, adoptando una perspectiva biológica y comparativa. La fundamentación sobre esta temática es necesaria debido a que hasta hace muy poco la música y las emociones musicales, no se consideraban funciones biológicas. De ahí que su efecto en la modulación de la emocionalidad en los animales sea apenas un campo de investigación en desarrollo, dejando una brecha de conocimiento aún para explorar, y que justificó el producto de investigación que será presentado también, más adelante en este mismo capítulo.

Desde sus inicios, el estudio de las emociones ha sido objeto de controversias, pero es en el campo de las emociones de los animales no humanos donde encontramos más desavenencias. Esto debido en parte, a que algunos investigadores se han mostrado reacios a atribuir emociones a los animales, limitando cualquier comportamiento, a interpretaciones meramente funcionales. Sin embargo, en las últimas décadas, la investigación ha arrojado una cantidad considerable de datos que inducen a replantear estas consideraciones. Darwin, fue el primero en exponer que la emoción y el comportamiento expresivo asociado, son filogenéticamente antiguos y hacen parte de un conjunto de mecanismos que los humanos comparten con una multitud de otros animales; desde entonces, un grupo nutrido de científicos del comportamiento animal ha abogado por el reconocimiento de la emocionalidad, facilitando la aceptación de etiquetar ciertas acciones animales como "emocionales" (Marler y Evans, 1997; Panksepp, 1982, 2004; Paul et al., 2005; Seyfarth y Cheney, 2003); esto sumado a los avances en áreas como la neurofisiología y neuroimagen que permiten el estudio de la actividad e interacciones neurológicas durante la exposición a diversos estímulos y develando los profundos cimientos biológicos de la emocionalidad (Koelsch y Siebel, 2005; Panksepp, 2011; Panksepp y Bernatzky, 2002; Peretz, 2006).

El reconocimiento de las emociones en los animales es de gran importancia para el estudio del bienestar. Un Informe publicado por Brambell en 1965 ya reconocía el papel de los procesos mentales en el bienestar, presentando la siguiente definición: “bienestar es un término amplio que abarca tanto el bienestar físico como mental del animal. Cualquier intento de evaluarlo, por tanto,

debe tener en cuenta la evidencia científica disponible sobre los sentimientos de los animales que pueden derivarse de su estructura y funciones y también de su comportamiento” (Brambell y Systems, 1965). Este tipo de planteamientos fomentaron un interés sobre la emoción como componente fundamental del bienestar; como lo constatan los avances posteriores que llevaron al surgimiento de disciplinas como la neurociencia afectiva (Panksepp, 2004) y la psicología positiva que exploran las emociones, su origen y significado, además de su papel como componentes primarios del bienestar subjetivo (Diener y Lucas, 2000).

La música logra evocar diversas emociones en los seres humanos y una respuesta similar podría ser observada en los otros animales. Esto ha motivado a los investigadores a explorar los orígenes de la música y examinar las relaciones causales entre las características acústicas de la música y las respuestas emocionales asociadas (Bryant, 2013). Varias teorías han sido sugeridas y múltiples hipótesis se han planteado desde enfoques funcionales, mecanicistas, ontogénicos, entre otros. Se ha propuesto por ejemplo, una relación entre la música y el lenguaje: “la evolución de las formas físicas de las señales, está determinada por sus respectivas funciones comunicativas” (Morton, 1977; Owren y Rendall, 1997). Esta conjetura indica que, la producción de una señal está necesariamente ligada a una respuesta sistemática de los oyentes y que la estructura física de las formas musicales debe estar relacionada de manera importante con las percepciones y las respuestas conductuales a esta. Alternativamente, también se ha planteado que las respuestas emocionales a la música son producto de una variedad de procesos cognitivos. Asimismo, que la música puede tener acceso a los sistemas emocionales de manera bastante directa sin ser procesada proposicionalmente (desde un significado específico e intencional). Sin embargo, este es un campo de investigación aún incipiente y quizá un solo abordaje no sea suficiente para la comprensión de la biología y la evolución de la música.

Cualquiera que sea la presunción del origen y carácter funcional de la música, se reconoce una relación natural entre música y emoción, bien sea desde la suposición de que constituye una señal moldeada por la selección para afectar el comportamiento de los oyentes y transmitir información adaptativa a sus congéneres; o porque tenga, por ejemplo, un rol funcional, relevante en las estrategias de selección de pareja o para otras dinámicas sociales como las que implican cohesión.

La música desde múltiples perspectivas se considera un estímulo que resuena en los sistemas emocionales básicos. En la experiencia humana, se observa que muchos procesos de naturaleza psicológica (por ejemplo, nuestros sentimientos internos profundos) que son difíciles de comunicar con simples palabras pueden expresarse con mayor facilidad en la música (Langer, 1942; Panksepp y Bernatzky, 2002). Así, no es de extrañar que se considere que “la música es el lenguaje de las emociones”.

La música constituye entonces una poderosa herramienta de comunicación emocional y es posible que tenga un efecto transespecífico. Por definición, la música es entendida como un producto de creación humana, que corresponde a eventos acústicos, no lingüísticos, creados intencionalmente, estructurados en el tiempo y producidos en contextos sociales (Grewe, 2005). Sin embargo, este concepto no considera sus profundos cimientos biológicos y no incorpora el alcance de sus atributos. Algunos hallazgos recientes y perspectivas teóricas indican que diversas áreas cerebrales que pueden ser críticas para el procesamiento y apreciación afectivo-emocional de la música, las compartimos de manera homóloga con todos los demás mamíferos (Blood y Zatorre, 2001; Panksepp, 2004). En cualquier caso, los análisis comparativos examinando señales acústicas en animales no humanos pueden arrojar luz sobre los fundamentos biológicos de la música.

En este sentido, algunos autores como (Fitch, 2005; Hauser y McDermott, 2003; Snowdon y Teie, 2013) ya han esbozado algunas teorías de los orígenes emocionales de la música desde comparaciones interespecíficas y a partir de perspectivas como la biología evolutiva. Sin embargo, muchas de las investigaciones que examinan la emoción en la música no suelen establecer conexiones explícitas con la respuesta emocional de los animales, ni se han logrado establecer relaciones causales entre las características acústicas y las respuestas afectivas. Lo anterior, condicionó el desarrollo del presente capítulo, En el que, en primer lugar, se revisará el estado del conocimiento sobre las emociones en los animales no humanos y los fundamentos que sustentan el uso de la música para modularlas, así como una contextualización sobre la herramienta utilizada para su evaluación; en segundo lugar, se presentarán resultados originales en este ámbito.

## **Marco conceptual**

### **Las emociones en los animales no humanos**

Como punto de partida para el desarrollo del ámbito de este capítulo es necesario plantear un contexto sobre la definición de la emoción en los animales no humanos. Esta cuestión es importante porque involucra por un lado ampliar la perspectiva de aspectos neuropsicológicos que se han considerado exclusivamente humanos, y en un marco más amplio, es un elemento clave para el estudio y la práctica del bienestar animal, ya que la capacidad de un animal para experimentar malestar, sufrimiento o las emociones contrastantes, son la base para la preocupación por el bienestar.

Todavía hay poco acuerdo sobre si la palabra "emoción" debería definirse para su uso en el contexto de especies no humanas. Para muchos de los primeros etólogos y psicólogos experimentales, la emoción era demasiado humana y demasiado subjetiva para incorporarla a la investigación científica de los animales. Sin embargo, en las últimas décadas ha aumentado el interés, desde la etología y también desde la neurociencia, en la temática y cómo se puede estudiar de forma traslacional tanto en humanos como en otros animales (p.ej.: Anderson y Adolphs, 2014; de Waal, 2011; Lang, 2010; LeDoux, 2012; Rolls, 2014).

Desde una perspectiva descriptiva, el término "emoción" puede ser definido como: "Una respuesta multicomponente (subjetiva, fisiológica, neural, cognitiva) a la presentación de un estímulo o evento. El componente consciente y subjetivo de una emoción generalmente se considera su característica central y clave; siempre tiene valencia (es decir, positiva o negativa), puede ser intensa o leve; de larga duración o breve. El tipo exacto de emoción experimentada (por ejemplo, tristeza, dolor, remordimiento) dependerá de la naturaleza precisa del evento emotivo (que produce la emoción). Un evento emotivo puede ser externo o interno (es decir, las emociones pueden ser generadas por la imaginación y el recuerdo, así como por eventos que ocurren en el entorno). Un evento emotivo (es decir, que produce emociones) suele ser uno que, de alguna manera es importante para los objetivos o relevante para el bienestar del individuo. Si un evento emotivo se predice de manera confiable, esa predicción también generará a menudo una respuesta emocional" (Paul y Mendl, 2018). Aunque detallada, este tipo de definición es considerada por algunos autores una construcción cultural, y no necesariamente representativa de estructuras o

procesos biológicos básicos. Al respecto, LeDoux (2016) comenta: “este tipo de abordaje es simplemente demasiado centrado en el ser humano y subjetivo para ser aplicado sin ambigüedad a los animales no humanos”. Y autores como Barrett (2006), sugieren la necesidad de otro tipo de definiciones objetivas para identificar, catalogar y estudiar las estructuras y procesos centrales de la emoción, que puedan ser aplicados a los animales no humanos.

En este marco, varios investigadores han formulado definiciones centrándose en aspectos concretos y objetivamente identificables del procesamiento emocional en especies no humanas (p.ej.: Berridge y Kringelbach, 2008; Panksepp, 1982). Al respecto se resalta lo planteado por Anderson y Adolphs (2014), estos autores definen la emoción de manera muy amplia como "un estado interno del SNC que da lugar a respuestas fisiológicas, conductuales, cognitivas (y subjetivas)". Manteniendo la palabra "subjetivo" entre paréntesis para indicar que no esperan que todos los animales produzcan necesariamente este componente. Con esta definición, proponen el estudio de las “emociones primitivas” en animales no humanos, proponiéndolas como similares, pero no necesariamente homólogas, con las emociones humanas. Es decir, aceptan que diferentes phylum y diferentes especies dentro de esos phylum pueden haber desarrollado estrategias muy diferentes para interactuar con sus congéneres, el ambiente u otros animales.

De los abordajes mencionados se resume que lo que los humanos denominamos 'emoción' es parte de la conceptualización humana y que los demás animales tienen capacidades emocionales en ocasiones similares o a veces diferentes a las nuestras, basadas sobre todo en los sistemas neuronales de respuesta y anticipación que están profundamente especializados para los nichos que ocupan esos animales (p. ej.: Macphail, 1982; Pearce, 2013). Esto será importante y relevante, no solo para nuestra comprensión de los animales y su bienestar, sino también para nuestra comprensión de los seres humanos y los fundamentos conductuales, fisiológicos y neurales de las emociones que experimentamos. Así, el abordaje comparativo de la emoción no debe ignorar o disminuir las variaciones en el procesamiento emocional y la función entre especies, más bien debe reconocerlas e investigarlas.

El desafío entonces para el estudio de la emoción es contar con mayor cantidad de investigación en este ámbito. Este es un problema que también acosa a la investigación cognitiva comparativa, y solo puede superarse mediante la generación de más datos, de múltiples

investigadores, adoptando muchos enfoques metodológicos diferentes. En este marco, el desarrollo del producto de investigación relacionado a este capítulo puede constituir un aporte, evidenciando, como se verá más adelante, el efecto de un estímulo que desde la perspectiva humana tiene un valor emocional intrínseco: la música, en la modulación de respuestas emocionales en cerdos.

### **La música es el lenguaje de las emociones**

En este apartado, se planteará una breve conceptualización sobre las emociones en el ámbito concreto de la música, exponiendo algunos de los planteamientos que atribuyen a este tipo de estímulos propiedades psicológicas y justifican su aplicación exploratoria en la modulación de las emociones en animales, lo que constituye el foco del presente capítulo.

La música puede ser definida como una construcción humana de sonidos encauzados; la cual, mediante instrumentos finamente ajustados y una expresión motora optimizada, se constituye en un estímulo sonoro espaciotemporalmente organizado que resulta en una percepción auditiva compleja al estar dotada de estados emocionales y figurativos conscientes estéticamente significativos y culturalmente valorados (Díaz, 2010). En este sentido, una pieza musical es una elaboración compleja, que requiere de una estructura y que posee un sentido inherente, fundamentado en una emoción, que es percibida por el oyente, y de esta manera, es un lenguaje para comunicar las emociones.

La comprensión de cómo la música despierta los procesos emocionales/afectivos del cerebro es actualmente un amplio campo de investigación, que incluye diversas áreas como la biología evolutiva, la neuropsicología, la neurofisiología, entre otras, y ha permitido el surgimiento de áreas de estudio interdisciplinarias como la biomusicología. Esto se debe en parte, a que hay una cantidad creciente de conocimiento acerca de los procesos emocionales del cerebro humano (Toga y Mazziotta, 2002) y las imágenes cerebrales modernas están comenzando a revelar los profundos fundamentos cerebrales de las experiencias musicales, que además compartimos de manera homóloga con otros mamíferos (Blood y Zatorre, 2001).

Desde tiempos inmemoriales existe una relación muy estrecha entre los seres humanos y la música, con argumentos que trascienden de un rol netamente cultural, a funciones evolutivas y biológicas. Hay evidencia de que la música estaba presente desde los albores de la era prehistórica, es decir, durante las culturas de cuevas de Cro-Magnon y Neandertal (Cervellin y Lippi, 2011). A

partir de la evidencia de actividad musical desde hace al menos 45.000 años, es necesario considerar que la música ha existido tiempo suficiente para tener un papel en la evolución humana.

Charles Darwin formuló hace décadas la hipótesis que la música pudo ser un protolenguaje en la antigüedad. Recientemente, otros autores han sugerido al respecto que la musicalidad es una capacidad antiquísima, anterior al lenguaje humano e incluso fue un precursor esencial de él (Mithen et al., 2006). Y que la música se ha construido sobre los mecanismos prosódicos del hemisferio derecho que permiten la comunicación emocional afectiva a través de entonaciones vocales (Panksepp y Bernatzky, 2002); este es un enfoque funcional, asignando a la música como un rol comunicativo y elemental en la evolución del lenguaje. En contraste, autores como (Meyer, 2008) se inclinan por comprender la música con un enfoque cognitivo, con argumentos como el siguiente: "Un mismo estímulo puede excitar la emoción en una persona, pero no en otra. Sin embargo, la diferencia tampoco se encuentra en la respuesta individual; el mismo individuo puede responder emocionalmente al estímulo dado en una situación, pero no en otra. La diferencia radica en la relación entre el estímulo y la persona que responde". Este enfoque sugiere que la respuesta a la música está influenciada por la experiencia individual, a partir de aprendizajes e incluso que existe un efecto cultural, pero estos argumentos surgen de estudios focalizados en la música en sí, ignorando sustratos cerebrales de naturaleza neuroquímica que influyen en la experiencia emocional dejando por fuera la posibilidad de identificar los antecedentes 'causales' de los estados afectivos. Otros autores (p.ej.: Kivy, 1990)) incluso sugieren que las emociones inducidas por la música son fundamentalmente diferentes de las emociones reales. Alternativamente, algunos autores presentan una posición más integradoras como (Panksepp y Bernatzky, 2002) que sugieren que la música deriva su carga afectiva directamente desde aspectos dinámicos de los sistemas cerebrales que normalmente controlan las emociones reales y que son distintas, aunque altamente interactivas con procesos cognitivos. Es decir, que la experiencia de la música es altamente dinámica y que puede involucrar simultáneamente aspectos cognitivos como la memoria, la experiencia, pero también en sí, puede ser causal de un estado afectivo.

Particularmente, esta última perspectiva, más integradora, se sustenta ampliamente por la evidencia científica, así por ejemplo, a partir de lo observado en individuos con daños cerebrales (Peretz, 1998), o lo obtenido mediante las técnicas modernas de imágenes cerebrales (Blood et al, 1999). Estos estudios soportan, que si bien la apreciación de la música involucra las vías cognitivas corticales también afecta regiones subcorticales de nuestros cerebros relacionadas con las

inducción de emociones (Blood y Zatorre, 2001). Hay distintos sistemas cerebrales que median emociones como la ira, el miedo, la alegría y la tristeza (Panksepp, 1982), así como una variedad de otras emociones sociales (Panksepp, 2004), y hay evidencias cada vez mayores de que la música puede activar el cuerpo "simbólicamente" en el marco de una emoción específica (Nyklíček et al., 1997). La música tiene un efecto multidimensional en el que participan muchas áreas cerebrales ampliamente distribuidas para su procesamiento (Blood y Zatorre, 2001; Halpern y Zatorre, 1999; Liégeois-Chauvel et al., 1998), y tiene la capacidad de estimular funciones y sistemas neuroendocrinos, mediados por sustancias como la norepinefrina (NE) y la serotonina que regulan las respuestas emocionales (Panksepp, 1986).

A pesar de la evidencia científica que empieza a dilucidar cómo la dinámica afectiva de la música modifica directamente las actividades del cerebro, aún están siendo estudiadas las características estructurales de la música que transmiten las emociones (Clynes, 1995; Gabrielsson y Juslin, 1996; Peretz, 1998), es decir, aún es necesaria una mayor evidencia que permita entender las relaciones causales de la música y sus efectos. Por ejemplo, hay trabajos que han explorado como las propiedades afectivas de la música inciden en cambios en el electroencefalograma humano (Hodges, 2006; Schmidt y Trainor, 2001), y otras técnicas de neuroimagen y neurofisiología, que monitorean las variables cerebrales correlacionadas con las actividades neuronales han sido aplicadas para evaluar los sistemas subcorticales, también relevantes en la emoción. La evidencia más reciente ha resaltado la excitación de regiones subcorticales aún más primitivas del cerebro, que se han relacionado con experiencias afectivas humanas (p.ej.: Blood y Zatorre, 2001)) con un aumento del flujo sanguíneo en el cuerpo estriado ventral, la amígdala y otros regiones asociadas con la emoción y la recompensa. También, se ha demostrado el papel de la liberación de dopamina, mostrando que el pico de excitación emocional durante la escucha de música está asociado con la liberación simultánea de dopamina en el cuerpo estriado bilateral dorsal y ventral (Salimpoor et al., 2013). Sin embargo, es un fenómeno muy complejo, porque son muchas las propiedades estructurales de la música que deben ser evaluadas y el abordaje sistemático de este análisis requiere un enfoque integrador y multidimensional, que involucre los diferentes enfoques, que no son contradictorios y parecen coexistir en relativa independencia.

Por todo lo anterior, es posible sugerir que el abordaje científico de la música y las emociones no es sencillo, y se enfrenta a numerosas dificultades teóricas y conceptuales. Sin embargo, la exquisita sensibilidad de nuestra especie a los sonidos y las emociones que evocan,

parece estar profundamente enraizada en la biología evolutiva. Por ejemplo, puede ser que podamos transmitir rápidamente niveles de amor, devoción y empatía a través de la música que serían difíciles de lograr con cualquier otro modo de comunicación, excepto tal vez por el contacto físico en sí (y debemos recordar que el sonido es una especial forma de contacto) (Panksepp y Bernatzky, 2002). Desde esta perspectiva, no es de extrañar que los humanos, ya sean adultos o niños, puedan distinguir fácilmente las emociones básicas dentro de la música (Dolgin y Adelson, 1990; Terwogt y Van Grinsven, 1991). No obstante, y aunque ya se han develado muchos de los mecanismos mediante los cuales una pieza musical se adentra en las dimensiones afectivas de nuestras mentes, este es un proceso tan complejo, que aún hay un debate abierto sobre en qué medida los cambios emocionales se deben a atributos musicales específicos como el ritmo y la melodía, o están asociados a experiencias personales y dimensiones culturales (Panksepp y Bernatzky, 2002). Todavía no es claro en qué grado estos y muchos otros factores influyen en el impacto emocional que tiene la música, pero es claro que depende de interacciones muy complejas, que apenas empezamos a dilucidar y reviste de importancia y pertinencia la investigación en el campo de la relación música-emoción.

### **La neurofisiología de las emociones musicales**

Como se ha discutido previamente, la música bien construida parece ser un estímulo especialmente eficaz para resonar con nuestros sistemas emocionales básicos, dando vida a muchas tendencias afectivas que pueden codificarse, dentro de los circuitos neuronales antiguos cimentados por nuestros genes, muchos de los cuales compartimos homológamente con otros mamíferos (Panksepp y Bernatzky, 2002). El cerebro es en consecuencia, el foco para el estudio de los efectos emocionales de la música. A continuación, en este apartado se amplía un poco el conocimiento en esta área, además una perspectiva más detallada se presenta también en los siguientes capítulos de esta tesis.

Los trabajos iniciales sobre la neurología de la música (p.ej.: Critchley y Henson, 1977; Steinberg, 1995) destacaron el papel crítico del hemisferio derecho "prosódico" en la apreciación musical afectiva (Zatorre, 1984) y la expresión (Marin y Perry, 1999), mientras que muchos de los componentes analíticos fueron relacionados más con el lado izquierdo del cerebro (Peretz, 1990; Sergent et al., 1992). Este simple hecho de que la sensibilidad emocional y afectiva se asociara con más fuerza en el hemisferio derecho (Peretz, 1990; Zatorre, 1984) sugirió una relación íntima entre

los procesos afectivos y musicales en el cerebro. Sin embargo, más adelante se reconoció que algunos de los aspectos afectivos positivos de la apreciación musical activan áreas frontales izquierdas, mientras que emociones negativas activan áreas frontales derechas (Schmidt y Trainor, 2001), evidenciando complejas interacciones neuronales en el procesamiento de la música.

Por otra parte, además de los efectos emocionales específicos directos, se ha demostrado el efecto de la música sobre sistemas de control de la excitación, tales como los basados en la norepinefrina (NE) y la serotonina que regulan las respuestas emocionales (Panksepp, 1986). Además, de los circuitos de dopamina (DA) (Ikemoto y Panksepp, 1999; Pankseep, 2004), y con el sistema nervioso autónomo, con consecuentes efectos sistémicos. Una gran cantidad de estudios de imágenes y estudios de pacientes con lesiones cerebrales han contribuido a esta comprensión. Cuando un oyente escucha un sonido, la corteza auditiva funciona para el procesamiento inicial de los diversos componentes. Las regiones frontales se activan para procesar la estructura y las expectativas musicales, incluido cualquier grado de pensamiento consciente, como la comprensión de las letras; luego, el flujo sanguíneo aumenta en gran parte de la vía mesolímbica o recompensa (Menon y Levitin, 2005). También se ha reportado activación de la amígdala, el cuerpo estriado ventral y el hipocampo (Blood y Zatorre, 2001; Koelsch y Siebel, 2005), en respuesta a estímulos musicales. La liberación de dopamina se ha registrado en respuesta a piezas placenteras (Salimpoor et al., 2011) y se han registrado liberaciones de cortisol en respuesta a todo tipo de música (Thoma et al., 2013). Los hallazgos de algunos estudios indican que el cerebelo y los ganglios basales se activan, procesando el ritmo y el métrica (Menon y Levitin, 2005); así como el hipotálamo, región que controla gran parte del sistema nervioso autónomo (SNA), incluida la frecuencia cardíaca y la respiración (Menon y Levitin, 2005).

De esta manera la música constituye un estímulo físico, en cuya percepción están involucradas de forma simultánea diversas áreas y componentes que determinan a su vez importantes efectos emocionales y fisiológicos. Si bien la neurofisiología de las emociones en respuesta a la música en un campo de investigación aún en desarrollo, y ha tenido un enfoque predominantemente al estudio en humanos, lo informado hasta ahora en la literatura justifica la exploración del uso de la música en la modulación de respuestas emocionales en otras especies animales.

## **La emocionalidad como componente de la evaluación del bienestar en los animales**

Como se mencionó en el capítulo previo, el bienestar es un estado que involucra de manera simultánea aspectos físicos y emocionales en un individuo. Sin embargo, en la literatura relativa al bienestar animal, se observa un marcado desbalance en el estudio y desarrollo de herramientas que permitan la evaluación integral del bienestar, con un sesgo evidente hacia medidas de evaluación física y una consecuente falta de investigación y estrategias dirigidas de aspectos psicológicos. La evaluación del bienestar en animales, particularmente de producción se ha enfocado principalmente en la evaluación de los recursos disponibles para el animal y en la valoración de medidas de bienestar deficiente, como lesiones, afecciones corporales, etc., sin considerar que, en ausencia de estos indicadores, el bienestar de un animal no es necesariamente bueno. Sin embargo, existe un consenso entre los investigadores de que, si bien este enfoque es una buena manera de minimizar el riesgo de un bienestar deficiente, no son herramientas que permitan evaluar el estado de bienestar positivo.

Todavía no hay medidas completamente estandarizadas y de uso generalizado que indiquen un buen bienestar, pero indiscutiblemente este tipo de medidas debe depender de medidas basadas en los animales (Blokhuys et al., 2003). En este sentido, la aplicación de la observación y de la semiología pueden ser muy útiles. Sabemos por ejemplo que comportamientos como el juego se asocian con un estado afectivo positivo y, un puede ser un indicador de emociones positivas que cualquier observador, incluso los no profesionales pueden leer con facilidad (Boissy et al., 2007). También es relativamente fácil reconocer comportamientos afiliativos, como aquellos que un animal solo realizará cuando se sienta seguro, por ejemplo, el acicalamiento. Así, existen ciertos comportamientos relativos a estados emocionales positivos que también pueden ser reconocidos y definidos mediante términos como "relajado" o "afectuoso", y que pueden ser incluidos en una evaluación objetiva de un estado de bienestar positivo. En ese sentido, se han propuesto métodos de evaluación "cualitativos" como una forma de caracterizar los efectos expresivos globales en animales utilizando métodos como el QBA (Qualitative behaviour assessment) que considera términos incluidos por observadores en varios estudios, (Rutherford et al., 2012a; Wemelsfelder y Lawrence, 2001) o el enfoque de perfil de libre elección (Rutherford et al., 2012b). Estas herramientas han sido correlacionadas con otras medidas fisiológicas, con resultados muy consistentes, lo que ha promovido su uso y creciente aceptación en el campo del bienestar.

Adicionalmente, estudios sobre vocalizaciones en animales de granja podrían conducir a la identificación de marcadores vocales confiables de estados positivos en estas especies domésticas. Estos marcadores representarían herramientas fáciles y convenientes para evaluar experiencias positivas en animales de granja. Aunque solo se deben incluir medidas válidas en los sistemas de monitoreo, puede ser que estas sean las medidas más válidas disponibles actualmente si queremos incluir medidas basadas en animales de estados afectivos positivos en condiciones comerciales.

En conclusión, existe un amplio campo por explorar en el aspecto emocional del bienestar animal. En el desarrollo de estrategias de evaluación es conveniente integrar los avances tecnológicos actuales como, por ejemplo, la inteligencia artificial y las redes neuronales, que permitan identificar gestos, posturas y otros indicadores basados en el animal, que puedan ser implementadas como evaluación sistemática del bienestar en las granjas.

### **El QBA (Qualitative behaviour assessment) para el estudio de las emociones en cerdos**

Aunque el estudio del bienestar animal es un campo de rápido crecimiento, enfrenta grandes retos, como la evaluación objetiva del estado emocional de los animales frente a determinada práctica o método. Esto ha llevado a la búsqueda y desarrollo de estrategias como la evaluación cualitativa del comportamiento animal (QBA, por sus siglas en inglés). Esta es una metodología integradora del "animal completo" basada en la interpretación cualitativa del estilo dinámico en el que los animales interactúan con su entorno. En otras palabras, no describe "qué" hacen los animales, sino "cómo" hacen lo que hacen (Hinde y Stevenson-Hinde, 1987). Este método se basa en la capacidad de los observadores humanos para integrar los detalles percibidos del comportamiento y su contexto a partir del "lenguaje corporal" de los animales, utilizando descriptores como "calma", "tenso" o "contento". Dichos términos tienen una connotación emocional y expresiva, y proporcionan información relevante para la evaluación del bienestar animal y pueden complementar otros indicadores de naturaleza cuantitativa (Rutherford et al., 2012a; Wemelsfelder, 1997; Wemelsfelder y Lawrence, 2001).

Si bien el QBA se basa principalmente en la percepción humana, está destinado a ser utilizado como una herramienta de evaluación en ciencia animal. La metodología consiste en solicitar a los observadores que caractericen el comportamiento de los animales, a partir de términos emocionales (adjetivos como feliz, activo, temeroso) que califican a partir del lenguaje

corporal expresivo. Dichos términos se aplican de manera individual a cada animal y podrían proporcionar información útil sobre su estado de bienestar (Wemelsfelder, 1997). Investigando la validez científica de QBA, una variedad de estudios han encontrado una alta confiabilidad interobservador e intraobservador en cerdos y otras especies, y reportaron correlaciones buenas y significativas con medidas de comportamiento basadas en etogramas e indicadores fisiológicos de estrés (p.ej.: Napolitano et al., 2010; Stockman et al., 2012; Velarde et al., 2015; Wemelsfelder y Lawrence, 2001; Wemelsfelder et al., 2009)).

En el pasado, las metodologías cualitativas han sido criticadas por estar basadas en evaluaciones subjetivas y poco confiables, sin embargo, recientemente su validez ha ganado interés (Gröer et al., 2010; Whitham y Wielebnowski, 2009). Hasta la fecha, el QBA ha sido aplicado a especies de animales de granja como cerdos, (Wemelsfelder y Lawrence, 2001; Wemelsfelder et al., 2009) ganado bovino (Rousing y Wemelsfelder, 2006), animales de compañía como caballos (Napolitano et al., 2010) y perros en albergues (Walker et al., 2010). Específicamente en cerdos, (Rutherford et al., 2012b) demostró que el QBA era altamente sensible (en un ensayo ciego), con cerdos crecimiento, observados en diferentes situaciones de prueba, y que habían sido tratados con azaperona, un medicamento que controla la ansiedad vs solución salina. En general, estos estudios apoyan que la evaluación del comportamiento animal a través de QBA puede brindar información valiosa a los estudios en animales, identificando diferencias en la valencia emocional que pueden ser difíciles de evaluar cuantitativamente.

## Resultados

Como primer resultado del desarrollo de esta tesis, y respondiendo al desarrollo del objetivo específico 1: “Evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos musicales sobre el estado emocional en cerdos en producción.”, se presenta el artículo original, que fue publicado en la revista Scientific Reports (factor de impacto Q1).

Zapata Cardona, J., Ceballos, M. C., Tarazona Morales, A. M., David Jaramillo, E., y Rodríguez, B. de J. (2022). Music modulates emotional responses in growing pigs. *Scientific Reports*, 12(1), 3382. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07300-6>

## Artículo 1

### Music modulates emotional responses in growing pigs

Juliana Zapata Cardona<sup>1</sup>; Maria Camila Ceballos<sup>2</sup>; Ariel Marcel Tarazona Morales<sup>3</sup>; Edimer David Jaramillo<sup>4</sup>; Berardo de Jesús Rodríguez<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación QUIRON, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia. Tel: 57(4)2199124. Email: [juliana.zapata9@udea.edu.co](mailto:juliana.zapata9@udea.edu.co)

<sup>2</sup>Department of Production Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, University of Calgary, Clinical Skills Building, 11877–85th Street NW, Calgary, AB T3R 1J3, Canada. Email: [mariacamila.ceballos@ucalgary.ca](mailto:mariacamila.ceballos@ucalgary.ca)

<sup>3</sup>Grupo de investigación BIOGEM. Departamento de producción animal, Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Cra. 65 No. 59A - 110, Medellín, Colombia. Email: [amtarazonam@unal.edu.co](mailto:amtarazonam@unal.edu.co)

<sup>4</sup>Grupo de Investigación Nutri-Solla, SOLLA S.A. Carrera 42 # 33 – 80. Itagüí, Colombia. Email: [edavid@solla.com](mailto:edavid@solla.com)

<sup>5</sup>Grupo de Investigación QUIRON, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia. Tel: 57(4)2199124. Email: [berardo.rodriguez@udea.edu.co](mailto:berardo.rodriguez@udea.edu.co)

Corresponding author. Email: [juliana.zapata9@udea.edu.co](mailto:juliana.zapata9@udea.edu.co)

## ABSTRACT

There is a lack of clarity on whether pigs can emotionally respond to musical stimulation and whether that response is related to music structure. Qualitative Behavioral Assessment (QBA) was used to evaluate effects of 16 distinct musical pieces (in terms of harmonic structure) on emotional

responses in nursery pigs (n=30) during four periods: “habituation,” “treatments,” “breaks,” and “final”. Data were evaluated using Principal component analysis (PCA). Two principal components (PC) were considered in the analysis: PC1, characterized as a positive emotions index, included the emotional responses content, playful, sociable, and happy, whereas PC2, characterized as a negative emotions index, included fearful, inquisitive, and uneasy with positive loadings, and relaxed and calm with negative loadings. Musical stimulation (treatment) increased ( $P < 0.01$ ) both emotional indices, compared to other periods and this response was influenced by harmonic characteristics of the music. We concluded that pigs have a wide variety of emotional responses, with different affective states related to the music structure used, providing evidence of its potential use as environmental enrichment for this species.

**Keywords:** animal welfare; biomusicology; environmental enrichment; swine.

## INTRODUCTION

The use of music and its effects on emotions has been broadly studied in humans, with indications that the type of acoustic stimulation influences both mood<sup>1,2</sup> and behavior<sup>3,4</sup>, inducing a wide variety of affective experiences in humans<sup>5</sup>. Thus, music has been recognized as a powerful emotional communication tool<sup>6</sup>. However, with scientific recognition of sentience in animals<sup>7</sup> the need for research in non-human models has emerged, to understand emotions from biological and evolutionary perspectives<sup>8,9</sup>.

Auditory signals in animals are useful to communicate with recipients<sup>10,11</sup> or to manipulate their behavior<sup>11,12</sup>. Studies on the effect of music on biological responses have been performed, reporting increased milk production in cows<sup>13</sup> and growth rates in carp<sup>14</sup>. Other studies focusing on behavioural responses have reported various effects, including decreased abnormal behaviors including fewer stereotypies in elephants<sup>15</sup> and reduction of aggression and agitation in chimpanzees<sup>16</sup>; decreased anxious behavior in gorillas<sup>17</sup>; and reduction of barking and increased periods of resting in dogs<sup>18</sup>. Furthermore, depending on the music presented, changes in activity have been reported in pigs<sup>19</sup> and tamarins<sup>20</sup>. However, to our knowledge, there are no studies on non-human animals focusing on evaluation of emotional responses to music.

Previous studies demonstrated that specific acoustic features are effective to induce behavioral or physiological effects in non-human animals<sup>21,22</sup>. An important principle is that music constitutes a signal comprised of multiple space-time acoustic elements and non-human animals can differentiate basic structural components of music, e.g., tempo, rhythm, and tonality<sup>23–25</sup>, with important differences between species in their perception of various acoustic parameters<sup>26</sup>. In humans, consistent emotional responses to music can be achieved through harmony, a structural property considered as "an emotional characteristic"<sup>27,28</sup>. Neuropsychological studies supported this hypothesis, associating this musical characteristic with specific brain activity in areas related to processing various emotions<sup>29</sup>. Harmony is defined as consonant or dissonant. Consonant patterns lead to calmness and relaxation feelings, whereas dissonance induces anger or fear feelings<sup>22</sup>. It has been hypothesized that the understanding of those patterns is also present in non-human animals<sup>30,31</sup>. Although research in this field in non-human animals is still scarce, a predilection for consonant music has been suggested in some primates and chickens<sup>32,33</sup>. Therefore, the importance of the type of music<sup>34</sup> and aspects like the harmonic structure have been raised as a determinant in the potential effects of music in animals<sup>22</sup>.

There is a knowledge gap about the effects of specific music characteristics, e.g., harmony, on animals' emotions. Therefore, in this study, we exposed nursery pigs to various types of music (in terms of harmony), and compared emotional states with periods without music using QBA. Thus, we evaluated effects of musical stimulation and the influences of its structure on the modulation of emotional responses. Our results are expected to provide a basis for the design and application of music as environmental enrichment for animals.

## RESULTS

### Emotional responses to musical stimulation

The states frustrated, apathetic, distressed, and bored were not observed during any period of the stimulation protocol and therefore not included in analyses. The state fearful was exclusively observed during treatment periods. States agitated and inquisitive were reported only during treatment and breaks, with no presentation during other periods. Uneasy was not observed during the habituation period. The distribution of emotional responses at various periods are presented (Table 1).

**Table 1.** Descriptive data of pigs' scores (in cm) to each QBA emotional state [mean, standard deviations (SD), maximum (max), minimum (min) and coefficient of variation (CV)] during each period of the musical stimulation protocol.

Emotional response	Moments																			
	Habituation				Treatment					Break				Final						
	Mean	±	Min	Max	CV	Mean	±	Min	Max	CV	Mean	±	Min	Max	CV	Mean	±	Min	Max	CV
Active	4.1 ± 1.7	2.5	7	41.7	6.9 ± 3.5	0.5	12.5	50.2	3.9 ± 1.7	1.0	7.0	41.6	2.0 ± 1.5	0.5	4	76.5				
Relaxed	3.3 ± 2.3	0.0	5.6	69.3	2.6 ± 2.7	0.0	11.0	101.9	3.4 ± 1.7	0.4	5.3	49.3	4.6 ± 2.1	1.5	6.7	44.6				
Fearful	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8 ± 1.5	0.0	6.4	192.2	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Agitated	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3 ± 3.6	0.0	12.1	154.3	0.1 ± 0.3	0.0	1.5	42.5	0.0	0.0	0.0	0.0				
Calm	3.6 ± 0.9	2.3	4.8	27.1	2.4 ± 2.9	0.0	12.0	117.2	3.4 ± 1.3	1.0	5.0	37.5	4.3 ± 1.2	2.8	5.8	28.7				
Content	1.2 ± 0.6	0.6	2	49.2	3.5 ± 3.5	0.0	9.5	98.3	1.4 ± 0.8	0.4	3.4	54.3	0.7 ± 0.5	0.0	1.4	79.4				
Indifferent	4.0 ± 0.7	3	5	17.8	0.9 ± 2.0	0.0	8.0	232.6	1.1 ± 0.9	0.0	2	77.3	1.8 ± 2.0	1.0	2	25				
Friendly	1.3 ± 1.2	0.4	2.9	90.2	3.2 ± 3.3	0.0	10.5	105.1	1.5 ± 0.9	0.0	3.4	64.7	0.9 ± 1.0	0.0	2.6	111.1				
Playful	1.3 ± 0.9	0.4	2.5	67.2	3.5 ± 3.5	0.0	11.5	100	1.1 ± 0.8	0.0	2.7	74.3	0.7 ± 0.8	0.0	2	123.5				
Positively occupied	2.6 ± 0.9	1.2	3.4	36.9	3.4 ± 2.6	0.0	11.5	74.8	3.9 ± 1.3	1.5	6.0	32.7	2.3 ± 1.9	0.7	4.5	85.1				
Lively	2.8 ± 0.5	2	3.2	16.9	5.4 ± 2.73	0.0	5.45	50.1	3.5 ± 1.1	1.2	5.0	32.7	1.5 ± 1.9	0.0	4.5	128.6				
Inquisitive	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6 ± 3.4	0.0	10.5	132.6	0.4 ± 0.8	0.0	2.5	190.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
Irritable	0.3 ± 0.6	0.0	1.3	223.1	0.6 ± 1.1	0.0	4.8	183.6	0.2 ± 0.4	0.0	1.4	262.5	0.0	0.0	0.0	0.0				
Uneasy	0.0	2.3	4.8	27.1	0.7 ± 1.7	0.0	12	117.2	0.1 ± 0.4	1.0	5.0	37.5	0.2 ± 0.4	2.8	5.8	28.7				
Sociable	1.5 ± 0.7	0.7	2.5	46.7	3.2 ± 3.2	0.0	11	98.8	1.5 ± 0.8	0.0	3.0	55.9	1.0 ± 0.9	0.0	2.5	96				
Happy	0.8 ± 0.2	0.6	1.0	20.0	3.3 ± 3.2	0.0	12	97.6	0.9 ± 0.7	0.0	2.4	66.3	0.6 ± 0.4	0.0	0.8	58.3				

States active, fearful, agitated, calm, content, friendly, playful, lively, inquisitive, sociable, and happy had higher averages during the treatment period compared to habituation, breaks, and final periods. States calm and relaxed had the highest averages in the final period. Indifferent had a higher average during habituation and positively occupied during breaks. In general, standard deviations reported for various states were higher during treatments, indicating a wide range in the rating of emotional responses during exposure to music.

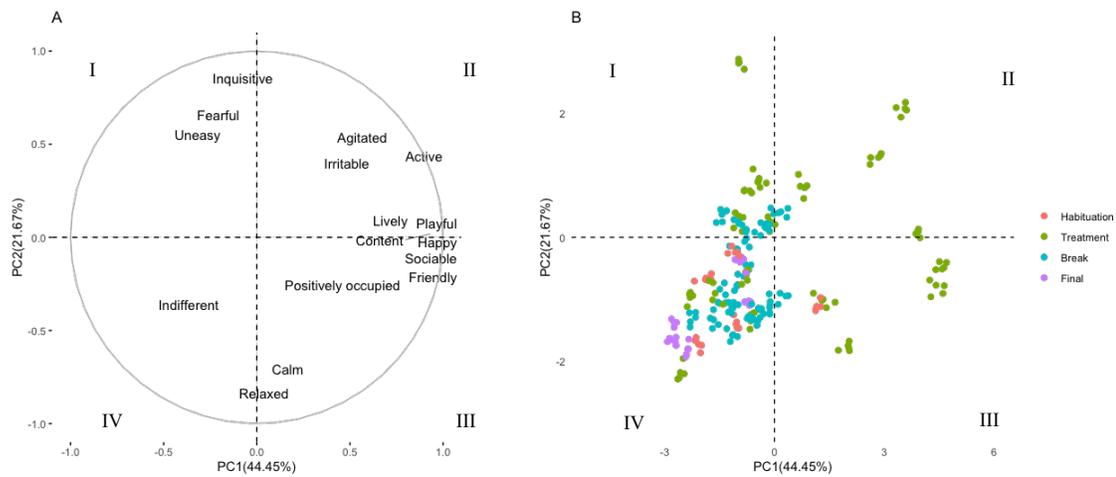
PCA generated two principal components (PC) with eigenvalues exceeding 1.5. These PC explained a total of 66.12% of the variance among variables. In the first principal component

(covering 44.45% of the variance), states active, agitated, content, friendly, playful, positively occupied, lively, sociable, and happy had positive loadings above 0.6, and this factor was characterized as a positive emotions index. In the second component (explaining 21.67% of the variance), two states (relaxed and calm) had negative loadings above 0.6, and three states (fearful, inquisitive and uneasy) had positive loadings above 0.6, and this factor was characterized as a negative emotions index, as the higher this index, the more negative emotions the pigs had (Table 2).

**Table 2.** Principal component analysis. Loadings for the 16 emotional states of qualitative behavior assessment (QBA). Loadings greater than 0.6 are bolded and were used to define the indexes identified in the analysis.

Emotional response	PC1	PC2
	Positive emotions index	Negative emotions index
Active	<b>0.84</b>	0.38
Relaxed	0.09	<b>-0.79</b>
Fearful	-0.15	<b>0.71</b>
Agitated	<b>0.62</b>	0.48
Calm	0.11	<b>-0.78</b>
Content	<b>0.94</b>	0.02
Indifferent	-0.42	-0.41
Friendly	<b>0.90</b>	-0.15
Playful	<b>0.95</b>	0.02
Positively occupied	<b>0.73</b>	-0.19
Lively	<b>0.82</b>	0.04
Inquisitive	-0.13	<b>0.79</b>
Irritable	0.43	0.35
Uneasy	-0.26	<b>0.60</b>
Sociable	<b>0.91</b>	-0.14
Happy	<b>0.95</b>	-0.07
% of variance	44.45	21.67

During treatment, both positive and negative emotions were expressed and widely distributed in the four PCA quadrants. In contrast, responses for breaks, habituation, and final periods were densely grouped, with little variability, occupying mostly a single quadrant (IV) and occasionally quadrant I (see Figure 1B). Furthermore, the location of these observations indicated that during these periods, the emotional responses were predominantly calm, relaxed, and indifferent (see Figure 1A). Figure 1 summarizes PCA results and displays the relationship between the states contributing to each component and individual responses for all evaluated periods.



**Figure 1.** A. Plots of loadings for qualitative behavior assessment (QBA). Emotional responses in dimensions PC1 (positive emotions) and PC2 (negative emotions). B. Individual loadings associated with the four evaluated periods. Colors refer to responses during each period: habituation (red), treatment (green), break between musical pieces (blue), and final (purple).

Positive and negative emotion indexes differed ( $P < 0.05$ ) between evaluated periods. Treatment differed from habituation ( $P = 0.005$ ), breaks ( $P = 0.005$ ) and final ( $P = 0.0003$ ) periods in the positive emotions index, with higher values for treatment. There were no differences ( $P > 0.05$ ) among other periods. Similarly, in the negative emotions index, treatment period differed from others ( $P$  values = 0.00009, 0.001, and 0.0002, respectively), with higher values, but there were no differences among other periods ( $P > 0.05$ ) (Table 3).

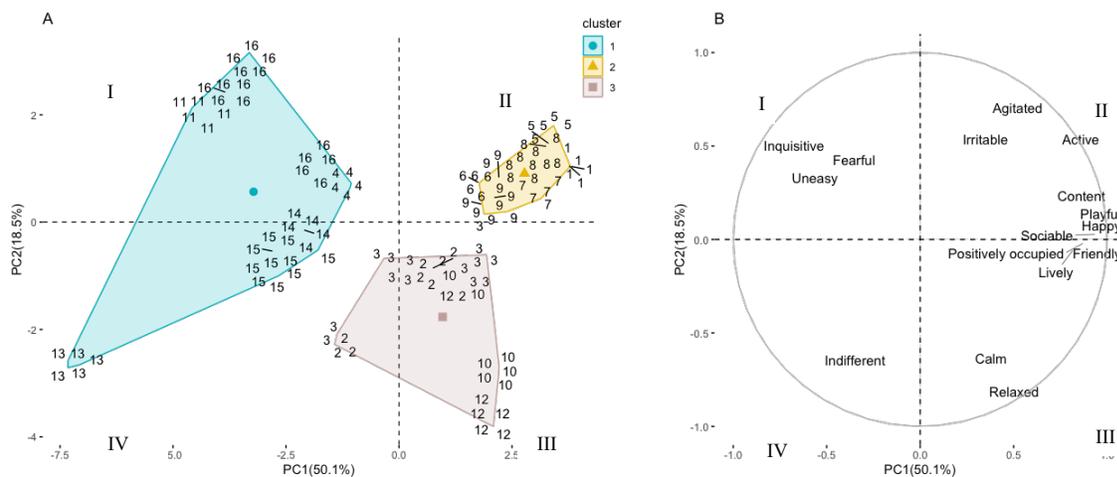
**Table 3.** Adjusted means ( $\pm$  SEM) and confidence interval (ICC) of the positive and negative emotion PCA indexes on habituation, treatment, break and final periods of the musical stimulation protocol.

Index	Periods								Difference between periods $p$ -value
	Habituation		Treatment		Break		Final		
	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	
Positive emotions	-1.60 <sup>b</sup> $\pm$ 0.45	[-1.98, -0.13]	1.22 <sup>a</sup> $\pm$ 0.31	[0.58, 1.86]	-0.97 <sup>b</sup> $\pm$ 0.23	[-1.44, -0.49]	-1.99 <sup>b</sup> $\pm$ 0.45	[-2.92, -1.07]	<0.001
Negative emotions	-1.01 <sup>b</sup> $\pm$ 0.33	[-1.66, 0.36]	0.91 <sup>a</sup> $\pm$ 0.14	[0.63, 1.19]	-0.66 <sup>b</sup> $\pm$ 0.17	[-0.98, -0.33]	-1.27 <sup>b</sup> $\pm$ 0.33	[-1.92, -0.62]	<0.001

<sup>ab</sup> Within a row, means without a common superscript differed ( $P < 0.05$ ).  
SEM: Standard Error of the Means  
ICC: Confidence interval

## Music type effect

A cluster analysis was conducted to evaluate the relationship between musical pieces and animals' emotional responses (Figure 2). Three clusters were selected with the k-means method. Pieces that conformed to each cluster coincided with the different musical groups of compositional harmonic characteristics. Cluster 1 (pieces 4, 11, 13, 14, 15 and 16), coincided with dissonant harmonic structure (Group 1); Cluster 2 (pieces 1, 5, 6, 7, 8 and 9) corresponded to consonant harmony (Group 2); and Cluster 3 (pieces 2, 3, 10, and 12) corresponded to pieces without harmony (Group 3).



**Figure 2.** Cluster analysis. A. Similarity between musical pieces according to cluster analysis of the k-means method (K=3); each cluster included pieces homogeneous within themselves and heterogeneous among themselves. We recognized three clusters: Group 1 (blue), which includes dissonant pieces; Group 2 (yellow) corresponds to consonant pieces; and Group 3 (brown) corresponds to pieces without harmony. B. Plots of loadings for qualitative behavior assessment (QBA) emotional states in dimensions PC1 and PC2.

Positive and negative emotion indexes differed ( $P < 0.0001$ ) between evaluated clusters (Table 4). Consonants pieces were grouped in Cluster 2 (quadrant II, see Figure 2A and 2B), and had higher values for the positive emotions index compared to cluster 1 ( $P < 0.0001$ ) and Cluster 3 ( $P < 0.0001$ ), that did not differ ( $P = 0.07$ ). In contrast, dissonant pieces grouped in Cluster 1, had the highest values for the negative emotion index compared to Cluster 2 ( $P = 0.0059$ ) and Cluster 3 ( $P = 0.0002$ ), that did not differ ( $P = 0.13$ ). Consistently, when contrasting Cluster 1 with the PCA plot, they were located mainly in quadrant I with observed states such as fearful and uneasy (see Figure 2A and 2B). Pieces without harmony (Group 3) were located in quadrants III and IV and related with emotional responses calm, relaxed, and indifferent.

**Table 4.** Generalized linear mixed models of the Components in clusters formed by musical pieces.

Index	Cluster						Difference between clusters p-value
	1		2		3		
	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	
Positive emotions	-2.74 <sup>b</sup> $\pm$ 0.31	[-3.37, -2.11]	1.74 <sup>a</sup> $\pm$ 0.26	[1.20, 2.28]	-1.10 <sup>b</sup> $\pm$ 0.43	[-1.99, -0.21]	<0.001
Negative emotions	0.65 <sup>a</sup> $\pm$ 0.26	[0.11, 1.19]	-0.10 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	[-0.50, 0.29]	-0.92 <sup>b</sup> $\pm$ 0.37	[-1.68, -0.15]	<0.001

<sup>ab</sup> Within a row, means without a common superscript differed ( $P < 0.05$ ).  
SEM: Standard Error of the Means

## DISCUSSION

Pigs are able to discriminate familiar people, strangers, and objects based on visual, auditory, and olfactory signals<sup>35,36</sup>. In addition, pigs have auditory sensitivity similar to primates, being able to distinguish between tones of different frequencies<sup>37</sup>. These cognitive and sensory characteristics make the species particularly interesting as a model for studying effects of music on emotions. Furthermore, results obtained herein provided additional evidence on the ability of pigs

to emotionally respond to musical stimulation and the potential of various musical characteristics to induce different emotional responses in animals.

### **Emotional responses to musical stimulation**

Emotionality seems to be the natural way to evaluate effects of music, at least in humans; although music affects cortical cognitive pathways, it also affects subcortical regions of our brains, related to induction of emotions<sup>38</sup>. Furthermore, various brain systems mediate emotions such as anger, fear, joy, sadness<sup>39</sup>, and a variety of social emotions<sup>40</sup>, and there is evidence that music can activate the body within the framework of a specific emotion<sup>41</sup>. Several studies reported heterogeneous results in the evaluation of effects of music on behavioral responses and productive indicators in various species, including nonhuman primates, dogs, cows, chickens, carps, elephants, tamarins and pigs<sup>13–20,42,43</sup>. However, there is a lack of studies assessing emotional responses. Therefore, the evaluation carried out herein focused on affective responses. We evaluated four experimental periods (with and without musical stimulation) and their effects on emotional responses in pigs, demonstrating remarkable differences.

During the treatment period, the mean for each QBA emotional response (except for relaxed, calm, indifferent, and uneasy) was higher compared to periods without music, and also had a greater standard deviation; therefore, we inferred that expression of emotional responses in the pigs was more intense and diverse during exposure to music. Even negative states like fearful were exclusive to treatment periods, absent even in breaks, which immediately followed a musical piece, so its presentation was directly attributed to musical stimulation.

Based on PCA analysis, according to emotional valences there was a clear separation of QBA states into two groups: positive and negative emotional indexes. There were significant differences during the music exposition in states of positive and negative emotion indexes compared to other periods. Based on our results, we inferred that pigs responded to a piece of music. There is evidence and theoretical perspectives indicating that various brain areas may be critical for processing and appreciate music emotionally, and we (humans) share them in a homologous way with all other mammals<sup>6,38,40</sup>. Our findings are novel because effects of musical exposure on the emotion of domestic pigs have not been investigated, and the few existent reports on the species have focused on behavior, with inconsistent results. Studies have reported music-induced behavioral changes in resting or exploration<sup>19,44</sup>; however, another study did not report any effect<sup>45</sup>.

There was a higher level of relaxation in the pigs once musical stimulation was finished; this was explained by increased activity during treatments, where they were busy performing social behaviors, including play. Similar results during exposure to music have been reported. Pigs exposed to musical stimulation after weaning affected “resting;” therefore, music influenced playing behavior at the expense of resting<sup>44</sup>. This was relevant due to the importance of increased activity in response to environmental enrichment. For example, pigs negatively affected by environmental husbandry conditions were less active<sup>46</sup>. Negative emotional states in pigs are accompanied by reduced activity and exploration, with greater resting<sup>47</sup>. In addition, previous studies report that an enriched environment (although not with music, but with extra space, peat, and straw in a rack, or herbal compound supplementation) increased exploratory behavior in pigs<sup>48,49</sup>. This behavior is natural and motivated in pigs<sup>50</sup>, and therefore, increased exploration

activity is a sign of positive emotions<sup>51</sup>. The state positively occupied was related to exploratory behavior in our study, and an increase in this emotional response was observed during treatment and breaks (the period immediately after stimulation). Therefore, music can generate mood swings that can be sustained after stimulation.

Music is one of the most effective mood induction procedures in experimental psychology<sup>2,46,52</sup>. Additionally, the study of emotions in animals has become a relevant topic, especially for animal welfare. Indeed, animal welfare is defined as "its state as regards its attempts to cope with its environment,"<sup>53</sup> and as "its emotional evaluation of the outcome."<sup>54</sup> In addition, in a review paper on environmental enrichment, the author stated that most studies investigating potential benefits of music on welfare lacked biological relevance, functional meaning, or behavioral control and consequently could not be adequately interpreted<sup>55</sup>. This situation raised doubts about the use of music as a tool for environmental enrichment. However, the present research provided relevant information about the potential use of music and justified the need for further research to verify or contradict previous assumptions.

### **Music type effect**

Cluster analysis was conducted to identify emotional responses according to the characteristic of the musical stimuli. The number and conformation of each cluster corresponded with harmonic structure considered in the piece's composition. Therefore, we inferred that these structural elements had an emotional influence on pigs. Although we only considered one of numerous compositional features that can exist in music, in this study, there was a significant relationship with both positive and negative emotions. When using inferential statistics, Cluster 1 (dissonant harmonic structure) was associated with the negative emotional index, whereas Cluster 2 (consonant structure) was associated with the positive emotional index. Cluster 3 (absence of dissonant or consonant structure) did not differ statistically from Cluster 2 in the positive index or from Cluster 1 in the negative index.

Music is comprised of multiple space-time acoustic elements. Neurocognitive processing is required to induce a response in the listener, and the interaction of multiple neuropsychological and emotional functions is required<sup>56,57</sup>. Hence, specific mechanisms that explain how music induces its effects are not completely elucidated. Based on recent findings and theoretical perspectives, various brain areas may be critical for the affective-emotional processing and appreciation of music could be shared in a homologous way with all other mammals<sup>38,40</sup>. Many studies on the processing of musical stimuli have focused mainly on aspects such as rhythm, tone, melody, and harmony<sup>56,58,59</sup>. What was clear from these studies was that many areas of the brain were involved in music processing<sup>60,61</sup>. In this sense, depending on the aspect, quality, or component of the music that is being analyzed (tone, temporal organization, timbre, harmony, melody, etc.), different brain areas will intervene in their interpretation and analysis, making analysis very complex. A variety of research related to both the effects of musical features and the influences of individual differences on human emotional responses has been performed<sup>38,62,63</sup>. Researchers studying emotional impacts of music have not traditionally been concerned with the relationship between the structure of music and its effects on mood in animals. However, musical and acoustic structures of musical forms are importantly related to the perception of emotions<sup>23</sup>;

therefore, research on this topic in non-human animals is relevant to understanding emotions related to music.

In this study, we corroborated that music with harmonic structure is related in meaningful ways to pig's emotions. Thus, dissonant music (characteristic of the pieces included in Cluster 1) was related to negative emotions, whereas consonant music (Cluster 2) was associated with positive emotional responses. In the neurocognitive field, potential parallels and differences between harmonic structures have been studied for decades. Theories suggest an implicit effect of hierarchy and structure, tension-relaxation system, and generation of expectations in human listeners<sup>64</sup>. In humans there is a degree of agreement that highly dissonant music tends to be unpleasant and there is a wealth of literature available on musical and psychoacoustic cognition dealing with these issues<sup>65</sup>. In contrast, consonant music was associated with more positive responses; this is not surprising to human listeners, exposed to the Western tonal idiom, a phenomenon that presumably internalized tonal rules of music in their culture<sup>66</sup>. However, in non-human animals, although research in this field is still scarce and mechanisms underlying this type of preference have not yet been clarified, a predilection for consonant music has been suggested in chimpanzees and chickens<sup>32,33</sup> and current results also indicated it. An adaptive answer to these signals could be suggested as co-evolutionary processes, but this hypothesis would have to be corroborated. Regardless, our results suggest a relevant effect of the harmonic structure of music in non-human animals and, in agreement with what was observed in humans, it may be a prominent element in the design of stimuli and provide information that warrants future research on effects of various types of music, as valuable information that can shed light on biological foundations of music.

The pieces included in Cluster 3 (without harmony), were monodic (1 instrument), and did not generate differentiable emotional responses with other clusters. This presumes remarkable differences between emotional responses and the amount of information that pieces of music contain. The greater quantity of information the pieces had, such as polyphonies with 2 or more instruments (characteristics of the pieces included in Clusters 1 and 2), was related to differentiated emotional responses. A comparative approach with human music perception could provide explanations. For humans, the interest in music is closely related to the speed that one can make sense of what we are hearing. Following music means being able to orient yourself, understand what has been heard, and have a prediction, or an expectation, of where it is going. If our understanding increases proportionally with the speed of musical information, we consider we have enough knowledge to stay current as it unfolds, and we have some confidence that we can anticipate upcoming musical events<sup>67</sup>. High information requires more effort because it has a greater uncertainty<sup>68,69</sup>. In contrast, excessive predictability in musical pieces can induce a lack of interest and attention in the process because they offer no new information<sup>70-72</sup>, which can explain the observations in the emotional responses associated with pieces with a single instrument, corresponding to Cluster 3.

Based on our findings, pigs can respond emotionally to musical stimuli and our data supported the hypothesis that music is a valuable tool for environmental enrichment in animals<sup>73</sup>. However, the influence of constitutive elements of music such as rhythm, melody, or other acoustic parameters on the observed results was not evaluated, and further research is needed to establish the most appropriate musical and acoustic characteristics for acoustic environmental enrichment in pigs. Furthermore, development of effective musical stimuli as an environmental enrichment program requires adaptation of musical pieces to the auditive characteristics and the

communication codes of the species of interest, resulting in neurocognitive processing that translates into desired emotional and behavioral responses, based on the premise that enrichment should promote improvements in the quality of life by satisfying behavioral needs.

## **Conclusion**

Our results demonstrated that nursery pigs exposed to music displayed a wide variety of emotional responses with various affective valences, depending on the harmonic structure of the stimulus. This provided evidence of the potential use of music as an environmental enrichment strategy for this species.

## **METHODS**

### Ethical considerations

All experiments were carried out in compliance with the ARRIVE guidelines (<https://arriveguidelines.org>), and all methods were performed in accordance with relevant guidelines and regulations. The Ethics Committee in Animal Experimentation of the Universidad de Antioquia (CEEA) authorized all procedures on animals reported herein (Act No. 16, April 10, 2018).

### Study location

The study was conducted at the experimental pig farm of the Universidad of Antioquia (6° 26 '59.606 N 75° 32 '37.088 W BH-Mb), Province of Antioquia – Colombia, at an altitude of 2,350 m, with average ambient temperatures of 15°C, and relative humidity of 70%.

### Litters

Six commercial crossbreed (C29 × PIC 410) litters of 10 to 12 piglets were used as the source of animals, and each litter was considered a replication. Five piglets from each litter were randomly selected for evaluation (n=30, equal numbers of males and females). At the start of the experiment, piglets were 7 to 9 wk old and  $6.5 \pm 0.5$  kg body weight. They were marked on the back and follow-up evaluations were done without separating them from their group.

### Facilities

Evaluations were performed during the nursery phase. On average, piglets were weaned at 28 d and immediately placed in nursery facilities, housed in 2.5 × 3.0 m pens, with a slightly raised floor of plastic slats and metal bar-walls between pens. Each pen had two nipple drinkers and one hopper feeder. Water and feed were available ad libitum. Lights stayed on from 7:00 to 16:00, and the environmental temperature was ~ 25 °C.

### Musical pieces

A total of 16 (duration, 3 to 5 min each) instrumental original musical pieces were developed for this research. We focused on harmonic structure (a spectral musical feature), as the specific compositional characteristic of each piece. Therefore, the composition of the musical pieces was

made determining them as being dissonant, consonant harmonic configuration or absence of harmony.

- Dissonant pieces: we included modal compositions that had a tonal center (i.e., root note) and used Dorian and Phrygian modes. In this system, chords do not have a function; therefore, all chords were equal.
- Consonant pieces: the composition used minor and major tonality, functional harmony, and tonal center (i.e., root note). In tonal harmony, each chord had a function as predominant, dominant or tonic. The function of a predominant chord was to guide towards the dominant chord; therefore, harmony (i.e., the chords) was “functional”. The tonic chord was the “tonal center;” that is, the “center of gravity” around which the other chords gravitated and resolved.
- Pieces without harmony: we included compositions with a single musical instrument.

Therefore, in terms of harmony, pieces were allocated to the following three types:

Group 1. Six dissonant pieces

Group 2. Six consonant pieces.

Group 3. Four pieces without harmony.

For the composition, musical pieces were recorded in MIDI format in the DAW Ableton live 10 suites, using an Ableton Push 2 controller and a Fishman Triple play MIDI controller device coupled to an electric guitar. The improvisations were then reconfigured and adjusted to musical features, and the scores were written in Sibelius Ultimate® software (AVID 2019). The pieces were exported in MIDI language to the Ableton Live10 suite program. Then, plugins and native virtual instruments and the Kontakt 6 library (Native Instruments) were used. No equalizers, compressors, or spatial effects were considered.

### Experimental design

To avoid habituation to the music, six replications were done, using separate litters for each replication, with a 1-mo interval between them. Pigs spent at least 3 wk in the nursery facilities prior to musical treatments. In each replicate, 30 min before stimulation, a Bose SoundLink Air Digital loudspeaker was installed on-site (this period was considered “habituation”). Then, 4 to 6 musical pieces were randomly presented, including at least one piece of each harmony category, and this was considered the “treatment” period. Between each musical piece, a 3-min interval without music was presented, denominated “break”. The evaluation was extended to 30 min after the exposure to the last musical piece, denominated “Final” period. This arrangement, called a musical stimulation protocol (summarized in Figure 3), had a maximum duration of 90 min and was started between 9:00 and 10:00 am. Musical pieces for each replicate were randomly selected.

**Figure 3.** Musical stimulation protocol. Musical pieces used on “treatment” were randomly presented, followed by a 3 min “Break” period. Each replicate included a 30 min “habituation” period and another 30 min period after the last piece “Final.”



## Evaluation of emotional responses

All repetitions were recorded in videos, the segments of each period (“Habituation,” “Treatments,” “Breaks” and “Final”) were separated and, and the animals' emotional responses were evaluated using the Qualitative Behavioral Assessment (QBA)<sup>74</sup>, a method that has been successfully used for the evaluation of emotions in several species, including horses<sup>75</sup>; pigs<sup>76</sup>; buffalos<sup>77</sup>; sheep<sup>78</sup>; dogs<sup>79</sup>; and elephants<sup>80</sup>. This method is mainly used to evaluate animals' emotions by integrating their body language information. It captures how individuals interact with their environment by recording “how the animal behaves” instead of “what the animal does.”<sup>81</sup> Twenty QBA emotional states were initially included (active, relaxed, fearful, agitated, calm, content, indifferent, frustrated, friendly, bored, playful, positively occupied, lively, inquisitive, irritable, uneasy, sociable, apathetic, happy, distressed). Each state was quantified along a 125 mm visual analog scale that indicated the intensity of each behavioral expression. Then, distances (in mm) from the left margin (minimum) up to the observer's mark for each adjective were measured, thus defining the numeric scores. Video analysis was blind to the observer, with evaluations in randomized order and without sound. To ensure that the observation was blind, for the "habituation" and "final" periods, which had longer recorded time (30 min), a 5-min video fragment (between Minutes 10 and 30 of the period) was taken to be evaluated. Five marked pigs of the litter were selected in each repetition (litter) evaluation, with a total of 30 pigs in the study (n = 30). Each video watching session lasted 3 h. The observer evaluated one video session with an interval of 4 d.

## Intra- and Inter-observer reliability

The general evaluation rating was conducted by only one trained observer, who performed a test-retest reliability evaluation using video clips from a subsample of 20 videos (average of 20 s each). Pearson's correlation coefficient was used to evaluate intra-observer reliability. Intra-observer reliability for each emotional state obtained high values for most of them ( $r \geq 0.90$ ; active, fearful, agitated, calm, content, friendly, playful, lively, inquisitive, sociable, happy, uneasy) and moderate ( $0.50 \geq r < 0.80$ ) for relaxed, positively occupied, irritable and indifferent. It was also performed an inter-observer reliability with the same subsample, using Pearson's correlation among two trained observers. Values for all positive emotional states (active, content, friendly, playful, lively, calm, sociable, happy, relaxed, positively occupied) ranged from 0.79 to 0.92, and negative states (inquisitive, fearful, agitated, irritable, uneasy) ranged from 0.85 to 0.92, with all values significant at  $P < 0.001$ . Thus, the observers reached excellent agreement ( $r > 0.80$ ) on their scores. The remaining four states (frustrated, apathetic, distressed, bored) were not observed in any evaluation, obtaining a score of "0;" therefore, it was not possible to analyze their correlation coefficients.

## Statistical analyses

Descriptive analyses were obtained for each QBA emotional response using mean and standard deviation. Then, all QBA emotional states were analyzed by applying a principal

component analysis (PCA, with correlation matrix and without rotation). This reduced the number of variables by examining the matrix of correlation coefficients between all measurements and infers components, which may help classify the data. To analyze the variation of each PC (emotional index) along the evaluated periods, a general linear mixed model (GLMM) with repeated measures was fitted, including periods (“Habituation”, “Treatments”, “Breaks” and “Final”) as fixed effects.

A cluster analysis was applied to segment musical pieces in groups, according to the emotional responses. A K-means clustering technique was used and supposes that pieces grouped in the same cluster share characteristics between them and differ from pieces grouped in other clusters. To evaluate the variation of emotional indexes (each PC) by the type of music (cluster), a general linear mixed model (GLMM) was fitted, including type of music (cluster) as a fixed effect. The mathematical assumptions about model residuals, specifically normality and homoscedasticity, were tested through visual inference (residual graphs) and hypothesis testing (Shapiro Wilk test and Bartlett or Levene test). A probability level of  $P < 0.05$  was chosen as the limit for statistical significance. All analyses were done with R<sup>®</sup> software (version 4.0.2) through the RStudio integrated development environment. Libraries used for analyses were tidyverse, FactoMineR, factoextra, effectsize, emmeans.

## ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to John P. Kastelic (University of Calgary) for his help with the English grammar and style corrections. This work was supported by Minciencias (Programa de Becas de Excelencia Doctoral del Bicentenario - proyecto formación de alto nivel Universidad de Antioquia BPIN 2019000100017), and also by Comité para el desarrollo de la investigación – CODI (grant # 2018-23050) at Universidad de Antioquia.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS STATEMENT

J.Z. wrote the main manuscript text. E.D. and J.Z. conducted the statistical analyses. B.R. composed the musical pieces used in the study. J.Z., M.C., A.T., B.R. were involved in the writing and correction of the manuscript. All authors reviewed the manuscript.

## DATA AND CODE AVAILABILITY STATEMENT

The datasets generated during the current study and code implemented for its analysis are available at <https://github.com/Julianazapata/Nature-Scientific-Reports>.

## ADDITIONAL INFORMATION

Competing Interests Statement: none.

## REFERENCES

1. McCraty, R., Atkinson, M., Tiller, W. A., Rein, G. y Watkins, A. D. The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. *Am. J. Cardiol.* **76**, 1089–1093 (1995).
2. Sousou, S. D. Effects of Melody and Lyrics on Mood and Memory. *Percept. Mot. Skills* **85**, 31–40 (1997).

3. Ragneskog, H., Kihlgren, M., Karlsson, I. y Norberg, A. Dinner Music for Demented Patients. *Clin. Nurs. Res.* **5**, 262–277 (1996).
4. Yalch, R. F. y Spangenberg, E. R. The Effects of Music in a Retail Setting on Real and Perceived Shopping Times. *J. Bus. Res.* **49**, 139–147 (2000).
5. Gabrielsson, A. y Juslin, P. N. Emotional Expression in Music Performance: Between the Performer's Intention and the Listener's Experience. *Psychol. Music* **24**, 68–91 (1996).
6. Panksepp, J. y Bernatzky, G. Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behav. Processes* **60**, 133–155 (2002).
7. Ceballos, M. C. y Sant'Anna, A. C. Evolução da ciência do bem-estar animal: Aspectos conceituais e metodológicos. *Rev. Acad. Ciênc. Anim* **16**, 1–24 (2018).
8. Paul, E. S., Harding, E. J. y Mendl, M. Measuring emotional processes in animals: The utility of a cognitive approach. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **29**, 469–491 (2005).
9. Panksepp, J. The basic emotional circuits of mammalian brains: Do animals have affective lives? *Neurosci. Biobehav. Rev.* **35**, 1791–1804 (2011).
10. Morton, E. S. On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some bird and mammal sounds. *Am. Nat.* **111**, 855–869 (1977).
11. Owren, M. J. y Rendall, D. Sound on the rebound: Bringing form and function back to the forefront in understanding nonhuman primate vocal signaling. *Evol. Anthropol.* **10**, 58–71 (2001).
12. Owren, M. J. y Rendall, D. An affect-conditioning model of nonhuman primate vocal signaling. in *Communication* 299–346 (Springer, 1997).
13. Uetake, K., Hurnik, J. F. y Johnson, L. Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **53**, 175–182 (1997).
14. Vasantha, L., Jeyakumar, A. y Pitchai, M. A. Influence of music on the growth of Koi Carp, *Cyprinus carpio* ( Pisces : Cyprinidae ). *NAGA, WorldFish Cent. Q.* **26**, 25–26 (2003).
15. Wells, D. L. y Irwin, R. M. Auditory stimulation as enrichment for zoo-housed Asian elephants (*Elephas maximus*). *Anim. Welf.* **17**, 335–340 (2008).
16. Howell, S., Schwandt, M., Fritz, J., Roeder, E. y Nelson, C. A Stereo Music System as Environmental Enrichment for Captive Chimpanzees. *Lab Anim. (NY)*. **32**, 31–36 (2003).
17. Brooker, J. S. *An investigation of the auditory perception of western lowland gorillas in an enrichment study.* (Wiley Online Library, 2016).
18. Kogan, L. R., Schoenfeld-Tacher, R. y Simon, A. A. Behavioral effects of auditory stimulation on kennel dogs. *J. Vet. Behav.* **7**, 268–275 (2012).
19. Li, X. *et al.* Behavioural responses of piglets to different types of music. *Animal* **13**, 2319–2326 (2019).
20. Snowdon, C. T. y Teie, D. Affective responses in tamarins elicited by species-specific music. *Biol. Lett.* **6**, 30–32 (2010).
21. Snowdon, C. T. Cognitive Components of Vocal Communication: A Case Study. *Animals* **8**, (2018).
22. Snowdon, C. T. Animal signals, music and emotional well-being. *Animals* **11**, (2021).
23. Bryant, G. A. Animal signals and emotion in music: Coordinating affect across groups. *Front. Psychol.* **4**, 1–13 (2013).
24. Fitch, W. T. Four principles of bio-musicology. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **370**, 20140091 (2015).
25. Wells, D. L. Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **118**, 1–11 (2009).
26. Patterson-Kane, E. G. y Farnworth, M. J. Noise exposure, music, and animals in the

- laboratory: A commentary based on laboratory animal refinement and enrichment forum (LAREF) discussions. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* **9**, 327–332 (2006).
27. Brattico, E. y Pearce, M. The neuroaesthetics of music. *Psychol. Aesthetics, Creat. Arts* **7**, 48 (2013).
  28. Kim, S. G., Mueller, K., Lepsien, J., Mildner, T. y Fritz, T. H. Brain networks underlying aesthetic appreciation as modulated by interaction of the spectral and temporal organisations of music. *Sci. Rep.* **9**, 1–15 (2019).
  29. Koelsch, S. *Brain and music*. (John Wiley y Sons, 2012).
  30. Altenmüller, E., Kopiez, R. y Grewe, O. A contribution to the evolutionary basis of music: lessons from the chill. *Evol. Emot. Commun. from sounds Nonhum. Mamm. to speech Music man* **313**, (2013).
  31. Snowdon, C. T., Zimmermann, E. y Altenmüller, E. Music evolution and neuroscience. *Prog. Brain Res.* **217**, 17–34 (2015).
  32. Sugimoto, T. *et al.* Preference for consonant music over dissonant music by an infant chimpanzee. *Primates* **51**, 7–12 (2010).
  33. Chiangetti, C. y Vallortigara, G. Chicks like consonant music. *Psychol. Sci.* **22**, 1270–1273 (2011).
  34. Akiyama, K. y Sutoo, D. Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neurosci. Lett.* **487**, 58–60 (2011).
  35. Tanida, H. y Nagano, Y. The ability of miniature pigs to discriminate between a stranger and their familiar handler. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **56**, 149–159 (1998).
  36. Croney, C. C., Adams, K. M., Washington, C. G. y Stricklin, W. R. A note on visual, olfactory and spatial cue use in foraging behavior of pigs: indirectly assessing cognitive abilities. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **83**, 303–308 (2003).
  37. Heffner, R. S. y Heffner, H. E. Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*). *Hear. Res.* **48**, 231–240 (1990).
  38. Blood, A. J. y Zatorre, R. J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **98**, 11818–11823 (2001).
  39. Panksepp, J. Toward a general psychobiological theory of emotions. *Behav. Brain Sci.* **5**, 407–422 (1982).
  40. Panksepp, J. *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. (Oxford University Press, 2004).
  41. Nyklíček, I., Thayer, J. F. y Van Doornen, L. J. P. Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions. *J. Psychophysiol.* **11**, 304–321 (1997).
  42. Videan, E. N., Fritz, J., Howell, S. y Murphy, J. Effects of two types and two genre of music on social behavior in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.* **46**, 66–70 (2007).
  43. Wallace, E. K., Kingston-Jones, M., Ford, M. y Semple, S. An investigation into the use of music as potential auditory enrichment for moloch gibbons (*Hylobates moloch*). *Zoo Biol.* **32**, 423–426 (2013).
  44. de Jonge, F. H., Boleij, H., Baars, A. M., Dudink, S. y Spruijt, B. M. Music during play-time: Using context conditioning as a tool to improve welfare in piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **115**, 138–148 (2008).
  45. Cloutier, S., Weary, D. M. y Fraser, D. Can Ambient Sound Reduce Distress in Piglets During Weaning and Restraint?. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* **3**, 107–116 (2000).
  46. Leliveld, L. M. C., Düpjan, S., Tuchscherer, A. y Puppe, B. Behavioural and physiological

- measures indicate subtle variations in the emotional valence of young pigs. *Physiol. Behav.* **157**, 116–124 (2016).
47. Reimert, I., Bolhuis, J. E., Kemp, B. y Rodenburg, T. B. Indicators of positive and negative emotions and emotional contagion in pigs. *Physiol. Behav.* **109**, 42–50 (2013).
  48. Beattie, V. E., O’Connell, N. E. y Moss, B. W. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livest. Prod. Sci.* **65**, 71–79 (2000).
  49. Casal, N., Manteca, X., Escribano, D., Cerón, J. J. y Fàbrega, E. Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators (chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- $\alpha$ ) in growing pigs. *Animal* **11**, 1228–1236 (2017).
  50. Donald, R. D., Healy, S. D., Lawrence, A. B. y Rutherford, K. M. D. Emotionality in growing pigs: Is the open field a valid test? *Physiol. Behav.* **104**, 906–913 (2011).
  51. Studnitz, M., Jensen, M. B. y Pedersen, L. J. Why do pigs root and in what will they root?. A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **107**, 183–197 (2007).
  52. Terwogt, M. M. y Van Grinsven, F. Musical Expression of Moodstates. *Psychol. Music* **19**, 99–109 (1991).
  53. Broom, D. M. Indicators of poor welfare. *Br. Vet. J.* **142**, 524–526 (1986).
  54. Puppe, B. Wohlbefinden bei Nutztieren: eine verhaltensbiologische Übersicht. *Biol. Zent. Bl.* **115**, 3–15 (1996).
  55. Newberry, R. C. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **44**, 229–243 (1995).
  56. Peretz, I. y Zatorre, R. J. Brain organization for music processing. *Annu. Rev. Psychol.* **56**, 89–114 (2005).
  57. Peretz, I. Music and emotion: perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition* **68**, 111–141 (1998).
  58. Schellenberg, E. G., Krysciak, A. M. y Campbell, R. J. Perceiving Emotion in Melody: Interactive Effects of Pitch and Rhythm. *Music Percept.* **18**, 155–171 (2000).
  59. Krumhansl, C. L. Rhythm and pitch in music cognition. *Psychol. Bull.* **126**, 159–179 (2000).
  60. Samson, S. y Zatorre, R. J. Learning and retention of melodic and verbal information after unilateral temporal lobectomy. *Neuropsychologia* **30**, 815–826 (1992).
  61. Schmidt, L. A. y Trainor, L. J. Frontal brain electrical activity ( EEG ) distinguishes valence and intensity of musical emotions valence and intensity of musical emotions. *Cogn. Emot.* **15**, 487–500 (2001).
  62. Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P. y Evans, A. C. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nat. Neurosci.* **2**, 382–387 (1999).
  63. Koelsch, S. y Siebel, W. A. Towards a neural basis of music perception. *Trends Cogn. Sci.* **9**, 578–584 (2005).
  64. Tillmann, B. *et al.* Cognitive priming in sung and instrumental music: Activation of inferior frontal cortex. *Neuroimage* **31**, 1771–1782 (2006).
  65. Handel, S. Listening as introduction to the perception of auditory events. *Ear Hear.* **11**, 243 (1990).
  66. Krumhansl, C. L. An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Can. J. Exp. Psychol. Can. Psychol. expérimentale* **51**, 336–353 (1997).
  67. Huron, D. *Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation.* (The MIT Press,

- 2006).
68. Barry, B. R. *Musical Time: the sense of order*. (Pendragon Press, 1990).
  69. Pearce, M. T. y Wiggins, G. A. Auditory expectation: the information dynamics of music perception and cognition. *Top. Cogn. Sci.* **4**, 625–652 (2012).
  70. Kang, M. J. *et al.* The wick in the candle of learning: Epistemic curiosity activates reward circuitry and enhances memory. *Psychol. Sci.* **20**, 963–973 (2009).
  71. Abuhamdeh, S. y Csikszentmihalyi, M. Attentional involvement and intrinsic motivation. *Motiv. Emot.* **36**, 257–267 (2012).
  72. Gold, B. P. *et al.* Predictability and uncertainty in the pleasure of music: A reward for learning? *J. Neurosci.* **39**, 9397–9409 (2019).
  73. Bowman, A., Dowell, F. J. y Evans, N. P. The effect of different genres of music on the stress levels of kennelled dogs. *Physiol. Behav.* **171**, 207–215 (2017).
  74. Quality Welfare. Welfare Quality® Assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). *Welf. Qual. Consortium, Lelystad, Netherlands*. 1–123 (2009).
  75. Fleming, P. A., Paisley, C. L., Barnes, A. L. y Wemelsfelder, F. Application of Qualitative Behavioural Assessment to horses during an endurance ride. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **144**, 80–88 (2013).
  76. Rutherford, K. M. D., Donald, R. D., Lawrence, A. B. y Wemelsfelder, F. Qualitative Behavioural Assessment of emotionality in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **139**, 218–224 (2012).
  77. Napolitano, F., De Rosa, G., Grasso, F. y Wemelsfelder, F. Qualitative behaviour assessment of dairy buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* **141**, 91–100 (2012).
  78. Phythian, C., Michalopoulou, E., Duncan, J. y Wemelsfelder, F. Inter-observer reliability of Qualitative Behavioural Assessments of sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **144**, 73–79 (2013).
  79. Arena, L., Wemelsfelder, F., Messori, S., Ferri, N. y Barnard, S. Application of Free Choice Profiling to assess the emotional state of dogs housed in shelter environments. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **195**, 72–79 (2017).
  80. Pollastri, I. *et al.* Emotional States of African Elephants (*Loxodonta africana*) Kept for Animal–Visitor Interactions, as Perceived by People Differing in Age and Knowledge of the Species. *Animals* **11**, 826 (2021).
  81. Wemelsfelder, F., Hunter, E. A., Mendl, M. T. y Lawrence, A. B. The spontaneous qualitative assessment of behavioural expressions in pigs: first explorations of a novel methodology for integrative animal welfare measurement. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **67**, 193–215 (2000).

## LEGENDS

**Table 1.** Descriptive data of pigs’ scores (in cm) to each QBA emotional state [mean, standard deviations (SD), maximum (max), minimum (min) and coefficient of variation (CV)] during each period of the musical stimulation protocol.

**Table 2.** Principal component analysis. Loadings for the 16 emotional states of qualitative behavior assessment (QBA). Loadings greater than 0.6 are bolded and were used to define the indexes identified in the analysis.

**Table 3.** Adjusted means ( $\pm$  SEM) and confidence interval (ICC) of the positive and negative emotion PCA indexes on habituation, treatment, break and final periods of the musical stimulation protocol.

**Figure 1.** A. Plots of loadings for qualitative behavior assessment (QBA). Emotional responses in dimensions PC1 (positive emotions) and PC2 (negative emotions). B. Individual loadings associated with the four evaluated periods. Colors refer to responses on each period: habituation (red), treatment (green), break between musical pieces (blue), and final (purple).

**Figure 2.** Cluster analysis. A. Similarity between musical pieces according to cluster analysis of the k-means method ( $K=3$ ); each cluster included pieces homogeneous within themselves and heterogeneous among themselves. We recognized three clusters: Group 1 (blue), which includes dissonant pieces; Group 2 (yellow) corresponds to consonant pieces; and Group 3 (brown) corresponds to pieces without harmony. B. Plots of loadings for qualitative behavior assessment (QBA) emotional states in dimensions PC1 and PC2.

**Figure 3.** Musical stimulation protocol. Musical pieces used on “treatment” were randomly presented, followed by 3 min “Break” period. Each replicate included a 30 min “habituation” period and another 30 min period after the last piece “Final”.

## Referencias capítulo 2

- Anderson, D. J., y Adolphs, R. (2014). A framework for studying emotions across species. *Cell*, 157(1), 187–200.
- Berridge, K. C., y Kringelbach, M. L. (2008). Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals. *Psychopharmacology*, 199(3), 457–480.
- Blokhuis, H. J., Jones, R. B., Geers, R., Miele, M., y Veissier, I. (2003). Measuring and monitoring animal welfare: transparency in the food product quality chain. *Animal Welfare*, 12(4), 445–455. Retrieved from [https://www.academia.edu/download/37050103/Measuring\\_and\\_Monitoring\\_Animal\\_Welfare\\_Blokhuis\\_et\\_al\\_2003.pdf](https://www.academia.edu/download/37050103/Measuring_and_Monitoring_Animal_Welfare_Blokhuis_et_al_2003.pdf)
- Blood, A. J., y Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818–11823. <https://doi.org/10.1073/pnas.191355898>
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., y Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2(4), 382–387. <https://doi.org/10.1038/7299>
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M. B., Moe, R. O., Spruijt, B., Keeling, L. J., ... Aubert, A. (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology and Behavior*, 92(3), 375–397. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.02.003>
- Brambell, F. W. R., y Systems, T. C. to E. into the W. of A. kept under I. L. H. (1965). *Report of the Technical Committee... Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems*. HM Stationery Office.
- Bryant, G. A. (2013). Animal signals and emotion in music: Coordinating affect across groups. *Frontiers in Psychology*, 4(DEC), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00990>
- Cervellin, G., y Lippi, G. (2011). From music-beat to heart-beat: A journey in the complex interactions between music, brain and heart. *European Journal of Internal Medicine*, 22(4), 371–374. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2011.02.019>
- Clynes, M. (1995). Microstructural musical linguistics: composers' pulses are liked most by the best musicians. *Cognition*, 55(3), 269–310. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)00650-A](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)00650-A)
- Díaz, J. L. (2010). Música, lenguaje y emoción: Una aproximación cerebral. *Salud Mental*, 33(6), 543–551.
- Diener, E., y Lucas, R. E. (2000). *Subjective emotional well-being* (2nd ed.). Handbook of emotions.
- Dolgin, K. G., y Adelson, E. H. (1990). Age Changes in the Ability to Interpret Affect in Sung and Instrumentally-Presented Melodies. *Psychology of Music*, 18(1), 87–98. <https://doi.org/10.1177/0305735690181007>
- Fitch, W. T. (2005). The evolution of music in comparative perspective. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 29–49. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.004>
- Gabrielsson, A., y Juslin, P. N. (1996). Emotional Expression in Music Performance: Between the Performer's Intention and the Listener's Experience. *Psychology of Music*, 24(1), 68–91. <https://doi.org/10.1177/0305735696241007>
- Grewe, O. (2005). How Does Music Arouse “Chills”? Investigating Strong Emotions, Combining Psychological, Physiological, and Psychoacoustical Methods. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060(1), 446–449. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.041>
- Griffin, D. R. (1992). *Animal minds*. University of Chicago Press, Chicago.

- Gröer, M., Meagher, M. W., y Kendall-Tackett, K. (2010). An overview of stress and immunity. *The Psychoneuroimmunology of Chronic Disease - Exploring the Links between Inflammation, Stress, and Illness*, 9–22. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/12065-001>
- Halpern, A. R., y Zatorre, R. J. (1999). When That Tune Runs Through Your Head: A PET Investigation of Auditory Imagery for Familiar Melodies. *Cerebral Cortex*, 9(7), 697–704. <https://doi.org/10.1093/cercor/9.7.697>
- Hauser, M. D., y McDermott, J. (2003). The evolution of the music faculty: A comparative perspective. *Nature Neuroscience*, 6(7), 663–668. <https://doi.org/10.1038/nn1080>
- Hinde, R. A., y Stevenson-Hinde, J. (1987). Interpersonal relationships and child development. *Developmental Review*, 7(1), 1–21. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0273-2297\(87\)90002-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0273-2297(87)90002-5)
- Hodges, D. A. (2006). *The musical brain*. Oxford University Press.
- Ikemoto, S., y Panksepp, J. (1999). The role of nucleus accumbens dopamine in motivated behavior: a unifying interpretation with special reference to reward-seeking. *Brain Research Reviews*, 31(1), 6–41. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(99\)00023-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-0173(99)00023-5)
- Kivy, P. (1990). *Music alone: Philosophical reflections on the purely musical experience*. Cornell University Press.
- Koelsch, S., y Siebel, W. A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 578–584. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.001>
- Langer, S. K. (1942). *Philosophy in a New Key*. Cambridge, Massachusetts.
- Liégeois-Chauvel, C., Peretz, I., Babai, M., Laguitton, V., y Chauvel, P. (1998). Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain: A Journal of Neurology*, 121(10), 1853–1867. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/brain/121.10.1853>
- Low, P., Panksepp, J., Reiss, D., Edelman, D., Van Swinderen, B., y Koch, C. (2012). The Cambridge declaration on consciousness. In *Francis crick memorial conference, Cambridge, England* (pp. 1–2).
- Marin, O. S. M., y Perry, D. W. (1999). Neurological Aspects of Music Perception and Performance. In D. B. T.-T. P. of M. (Second E. Deutsch (Ed.), *Cognition and Perception* (pp. 653–724). San Diego: Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012213564-4/50018-4>
- Marler, P., y Evans, C. S. (1997). Communication signals of animals: Contributions of emotion and reference. In *Nonverbal Communication: Where Nature Meets Culture*. (pp. 151–170). Lawrence Erlbaum Assoc.
- Menon, V., y Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *NeuroImage*, 28(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.05.053>
- Meyer, L. B. (2008). *Emotion and meaning in music*. University of Chicago Press.
- Mithen, S., Morley, I., Wray, A., Tallerman, M., y Gamble, C. (2006). The Singing Neanderthals: The Origins of Music, Language, Mind and Body. *Cambridge Archaeological Journal*, 16(1), 97–112. <https://doi.org/10.1017/S0959774306000060>
- Morton, E. S. (1977). On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some bird and mammal sounds. *The American Naturalist*, 111(981), 855–869.
- Napolitano, F., Grasso, F., F, S., Pasquale, M., A, B., Corrado, P., y Rosa, G. (2010). *Grazing behaviour of buffalo heifers*. *Italian Journal of Animal Science* (Vol. 6). <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.1256>
- Nyklíček, I., Thayer, J. F., y Van Doornen, L. J. P. (1997). Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions. *Journal of Psychophysiology*, 11(August 2014), 304–321.

- Owren, M. J., y Rendall, D. (1997). An affect-conditioning model of nonhuman primate vocal signaling. In *Communication* (pp. 299–346). Springer.
- Pankseep, J. (2004). *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford University Press.
- Pankseep, J. (1982). Toward a general psychobiological theory of emotions. *Behavioral and Brain Sciences*, 5(3), 407–422.
- Pankseep, J. (1986). The neurochemistry of behavior. *Annual Review of Psychology*, 37(1), 77–107.
- Pankseep, J. (2004). *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. Oxford university press. ISO 690.
- Pankseep, J. (2011). The basic emotional circuits of mammalian brains: Do animals have affective lives? *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 35(9), 1791–1804. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.08.003>
- Pankseep, J., y Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioural Processes*, 60(2), 133–155. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(02\)00080-3](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(02)00080-3)
- Paul, E. S., Harding, E. J., y Mendl, M. (2005). Measuring emotional processes in animals: The utility of a cognitive approach. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 29(3), 469–491. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.01.002>
- Paul, E. S., y Mendl, M. T. (2018). Animal emotion: Descriptive and prescriptive definitions and their implications for a comparative perspective. *Applied Animal Behaviour Science*, 205(May 2017), 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.01.008>
- Pearce, J. M. (2013). *Animal learning and cognition: an introduction*. Psychology press.
- Peretz, I. (1990). *Processing of local and global musical information by unilateral brain-damaged patients*. *Brain: a journal of neurology* (Vol. 113 ( Pt 4)). <https://doi.org/10.1093/brain/113.4.1185>
- Peretz, I. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 68(2), 111–141. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(98\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(98)00043-2)
- Peretz, I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, 100(1), 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.004>
- Rutherford, K. M. D., Donald, R. D., Lawrence, A. B., y Wemelsfelder, F. (2012a). Qualitative Behavioural Assessment of emotionality in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 139(3–4), 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.004>
- Rutherford, K. M. D., Donald, R. D., Lawrence, A. B., y Wemelsfelder, F. (2012b). Qualitative Behavioural Assessment of emotionality in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 139(3–4), 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.004>
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A., y Zatorre, R. J. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. In *Nature Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/nn.2726>
- Salimpoor, V. N., van den Bosch, I., Kovacevic, N., McIntosh, A. R., Dagher, A., y Zatorre, R. J. (2013). Interactions Between the Nucleus Accumbens and Auditory Cortices Predict Music Reward Value. *Science*, 340(6129), 216–219. <https://doi.org/10.1126/science.1231059>
- Schmidt, L. A., y Trainor, L. J. (2001). Frontal brain electrical activity ( EEG ) distinguishes valence and intensity of musical emotions valence and intensity of musical emotions. *Cognition and Emotion*, 15(4), 487–500. <https://doi.org/10.1080/02699930126048>
- Sergent, J., Ohta, S., y Macdonald, B. (1992). *Functional Neuroanatomy of Face and Object Processing – a Positron Emission Tomography Study*. *Brain: a journal of neurology* (Vol.

- 115 Pt 1). <https://doi.org/10.1093/brain/115.1.15>
- Seyfarth, R. M., y Cheney, D. L. (2003). Signalers and Receivers in Animal Communication. *Annual Review of Psychology*, 54(1), 145–173. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.54.101601.145121>
- Snowdon, C. T., y Teie, D. (2013). Emotional communication in monkeys: music to their ears? *The Evolution of Emotional Communication: From Sounds in Nonhuman Mammals to Speech and Music in Man*, 133–151.
- Stockman, C. A., McGilchrist, P., Collins, T., Barnes, A. L., Miller, D., Wickham, S. L., ... Fleming, P. A. (2012). Qualitative Behavioural Assessment of Angus steers during pre-slaughter handling and relationship with temperament and physiological responses. *Applied Animal Behaviour Science*, 142(3), 125–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.10.016>
- Terwogt, M. M., y Van Grinsven, F. (1991). Musical Expression of Moodstates. *Psychology of Music*, 19(2), 99–109. <https://doi.org/10.1177/0305735691192001>
- Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., y Nater, U. M. (2013). The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070156>
- Toga, A. W., y Mazziotta, J. C. (2002). *Brain Mapping: The Methods*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-693019-1.X5000-X>
- Velarde, A., Fàbrega, E., Blanco-Penedo, I., y Dalmau, A. (2015). Animal welfare towards sustainability in pork meat production. *Meat Science*, 109, 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.010>
- Walker, J., Dale, A., Waran, N., Clarke, N., Farnworth, M., y Wemelsfelder, F. (2010). The assessment of emotional expression in dogs using a free choice profiling methodology. *Animal Welfare*, 19(1), 75–84.
- Wemelsfelder, Françoise. (1997). The scientific validity of subjective concepts in models of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 53(1), 75–88. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01152-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01152-5)
- Wemelsfelder, Françoise, y Lawrence, A. B. (2001). Qualitative assessment of animal behaviour as an On-Farm Welfare-monitoring tool. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*, 51, 21–25. <https://doi.org/10.1080/090647001300004763>
- Wemelsfelder, Françoise, Nevison, I., y Lawrence, A. B. (2009). The effect of perceived environmental background on qualitative assessments of pig behaviour. *Animal Behaviour*, 78(2), 477–484. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.005>
- Whitham, J. C., y Wielebnowski, N. (2009). Animal-based welfare monitoring: using keeper ratings as an assessment tool. *Zoo Biology*, 28(6), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/zoo.20281>
- Zatorre, R. J. (1984). Musical Perception and Cerebral Function: A Critical Review. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 2(2), 196–221. <https://doi.org/10.2307/40285291>

## **Capítulo 3. El análisis psicoacústico como herramienta para el diseño de música especie específica**

### **Introducción**

Este capítulo presenta una continuación al análisis de la música como estímulo modulador de la emocionalidad en los animales, con un enfoque particular desde la psicoacústica, para identificar las relaciones existentes entre las características físicas de los estímulos sonoros y las respuestas de carácter psicológico o emocional que el mismo provoca en los animales.

La psicoacústica se define como el estudio de las respuestas de los oyentes a los sonidos. Esta disciplina busca establecer relaciones causales entre ciertas propiedades físicas de los sonidos y las respuestas que estos inducen, particularmente de naturaleza psicológica, con la hipótesis de que las propiedades físicas y psicológicas se corresponden (Schäfer y Mehlhorn, 2017). Teniendo en cuenta que, su fundamento es la audición, en el concepto se entrevé un componente biológico y, por tanto, es natural que la investigación psicoacústica involucre, desde sus propios inicios a humanos y animales no humanos, esto con un gran valor traslacional interespecífico. Sin embargo, y pese a que los parámetros auditivos han sido definidos para un gran número de especies, es evidente la escasez general de estudios sistemáticos que aporten datos auditivos psicobiológicos para estos animales.

La investigación psicoacústica en animales no humanos, es sumamente importante porque puede proporcionar un marco o contexto biológico dentro del cual se pueda comprender mejor la música y la audición en su contexto evolutivo, permitiendo también estudios comparativos. Autores como Fay Richard pioneros en la psicoacústica comparativa, han reconocido importantes similitudes entre los mamíferos más comúnmente utilizados en la investigación auditiva: “Aunque los humanos escuchan en un ancho de banda significativamente más estrecho en comparación con otros mamíferos, las capacidades auditivas humanas parecen ser sólidamente "mamíferas" en los principales aspectos” (Fay, 1988); los umbrales de detección y discriminación humana parecen caer justo en el borde "inferior" de la distribución de los umbrales de los mamíferos. Este enfoque, reconoce la audición como un fenómeno biológico general, encontrando similitudes importantes en las capacidades auditivas y abre la puerta a la exploración de la estimulación acústica en animales no humanos a partir de estímulos como la música que tiene unos efectos psicobiológicos ya reconocidos ampliamente en humanos.

Todas las especies utilizan información acústica, que tiene relevancia desde el punto de vista neurofisiológico y cuyo efecto se manifiesta a nivel etológico. La comunicación acústica es vital para cualquier ser vivo, muchas funciones biológicas dependen de ella, la atracción de pareja, los rituales de cortejo, el reconocimiento de la descendencia, la territorialidad, la resolución de conflictos, la coordinación de cacerías y la señalización mediante alarmas (Bradbury y Vehrencamp, 2011). Adicionalmente, existe una forma especialmente diseñada de comunicación acústica, cuya relevancia al menos en los humanos ha sido ampliamente reconocida: la música. Según la Real Academia de la Lengua, música significa ‘melodía, ritmo y armonía, combinados’. En este sentido, se entiende que lo que consideramos música constituye una elaboración organizada, un lenguaje con elementos básicos estructurados, y por supuesto constituye información de tipo auditivo. En este sentido, no es de extrañar que los animales la perciban e interpreten. Sin embargo, la percepción animal sigue siendo un desafío en el campo de la investigación (Shofner y Niemiec, 2012) principalmente cuando nos referimos a estímulos musicales. Hay numerosas preguntas que pueden plantearse con respecto al mundo perceptivo musical de los animales, como: ¿qué percibe un animal no humano? ¿Puede un animal percibir la música de forma similar a como lo hacen los humanos? ¿Cuáles son sus preferencias musicales? ¿pueden los animales no humanos identificar elementos constitutivos de una pieza musical y responder a ella? Para el campo de la psicoacústica comparada, este tipo de cuestionamientos siguen siendo un desafío.

La música está constituida por múltiples elementos acústicos espacio-temporales, su comprensión requiere un procesamiento neurocognitivo y supone la interacción de múltiples funciones neuropsicológicas y emocionales. Muchos estudios sobre el procesamiento de los estímulos musicales se han centrado principalmente en aspectos como el ritmo, el tono, la melodía y la armonía. Lo que resulta claro en estos estudios es que muchas áreas del cerebro, están involucradas en el procesamiento de la música (Samson y Zatorre, 1992; Schmidt y Trainor, 2001). En este sentido, según el aspecto, cualidad o componente de la música que se esté analizando (tono, organización temporal, timbre, armonía, melodía etc.), intervienen distintas áreas cerebrales, en su interpretación y análisis. Muchos aspectos del procesamiento melódico dependen de la función de cortezas temporales y frontales superiores (Blood et al., 1999). El cerebelo y los ganglios basales son activados durante el procesamiento del ritmo y la métrica (Menon y Levitin, 2005), así como el hipotálamo (Menon y Levitin, 2005). Las regiones de la corteza auditiva dentro de la

circunvolución temporal superior derecha están específicamente involucradas en el análisis del tono y el timbre (Zatorre, 1988). La actividad en regiones paralímbicas y neocorticales han sido correlacionadas con el grado de disonancia musical; también, se ha reportado que el flujo sanguíneo aumenta en gran parte de la vía mesolímbica o recompensa (Menon y Levitin, 2005) y la activación de la amígdala, el cuerpo estriado ventral y el hipocampo (Blood y Zatorre, 2001; Koelsch y Siebel, 2005), en respuesta a estímulos musicales. Así como, liberación de dopamina y de cortisol en respuesta a diferentes tipos de música (Thoma et al., 2013). De esta manera, la música tiene un efecto neurofisiológico que determina respuestas multiorgánicas y conductuales.

La investigación psicoacústica permite profundizar en los aspectos estructurales básicos musicales y en las respuestas que se generan mediante la interacción de diferentes aspectos cerebrales (estructura, química, vías fisiológicas, etc.) y puede contribuir enormemente a la comprensión de los mecanismos por medio de los cuales la música puede inducir respuestas emocionales específicas. Si bien, la música es una elaboración humana, es especialmente eficaz para resonar con los sistemas emocionales básicos, dando vida a muchas tendencias afectivas que pueden codificarse, dentro de los circuitos neuronales antiguos cimentados por los genes, muchos de los cuales se comparten homológamente entre mamíferos y otras especies. (Panksepp y Bernatzky, 2002).

Todo lo anterior, sustenta el desarrollo del presente capítulo, en el que se evalúa desde un enfoque psicoacústico el efecto de estímulos musicales en la especie permitiendo definir algunas de las propiedades acústicas relevantes para la especie porcina desde el punto de vista perceptivo, relativos al ritmo, tono, frecuencia, intensidad, entre otros aspectos, que influirán en las respuestas psicofisiológicas y comportamentales de los animales. Esta información podrá ser aprovechada para realizar ajustes especie específicos a estímulos musicales, obteniendo resultados adicionales que se presentarán más adelante en el capítulo 4 de esta tesis.

## **Marco conceptual**

El marco conceptual que se presenta a continuación expone un contexto general de la psicoacústica y algunos de los fundamentos de la percepción musical y su evaluación en animales, como bases teóricas para el desarrollo del producto de investigación relacionado con este capítulo y que es presentado en la sección de resultados.

## **La psicoacústica comparada**

La psicoacústica es el estudio de la respuesta perceptiva y psicológica ante un estímulo físico sonoro en la que interviene el cerebro como analizador de estos estímulos y generador de respuestas mentales y corporales (Segura, 2019). Su desarrollo ha derivado naturalmente en áreas como la psicoacústica comparada, cuya finalidad es la aplicación de técnicas conductuales al estudio del procesamiento auditivo en animales, teniendo en consideración que los humanos no son la única especie que utiliza información acústica. Este enfoque ha sido productivo, ya se ha obtenido conocimiento valioso a partir de la aplicación de estas técnicas en animales no humanos. Autores como Fay (1994), hicieron importantes aportes en este sentido, definiendo dos objetivos importantes de la investigación en psicoacústica comparada. El primero es facilitar el desarrollo de "modelos animales" para la audición humana, ya que, el conocimiento detallado de especies destinadas a la modelación experimental mejora la interpretación de datos que permitan explicar el comportamiento auditivo humano.

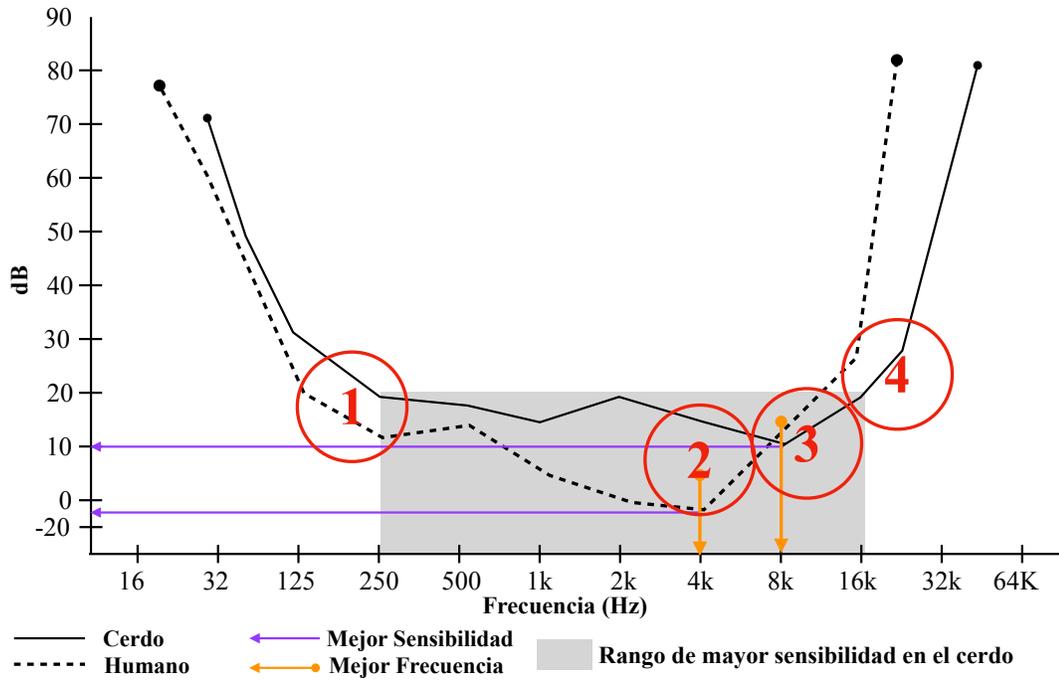
El segundo objetivo busca estudiar la audición en animales no humanos en un esfuerzo por entender la audición como un "fenómeno biológico general". Enfocando el interés de los estudios en psicoacústica animal hacia la comprensión de la biología evolutiva y la neurociencia que subyacen al fenómeno de la audición. Es en este último objetivo que coincidimos, justificando el análisis psicoacústico animal como un componente crítico en el estudio de los efectos potenciales de la música en animales, como una herramienta metódica, que puede aportar a la comprensión de los orígenes y mecanismos involucrados en el procesamiento y uso potencial de este tipo de estímulos. Hay más en la audición de los vertebrados de lo que hasta ahora reconocemos. Al igual que los oyentes humanos, los animales utilizan sus sistemas auditivos en la adquisición de información acústica, la audición implica detectar, identificar y dar la respuesta conductual adecuada a un sonido (Dent, 2017). Un enfoque psicoacústico puede proporcionar información

importante sobre el procesamiento musical, no solo para los oyentes humanos, sino para todos los animales vertebrados (Shofner y Niemiec, 2012).

El audiograma es una de las herramientas fundamentales para el análisis psicoacústico, ya que sirve como referencia sobre el marco de audición en los animales. Este ha mostrado la enorme variabilidad que existe en el rango auditivo entre las diferentes especies, identificando entre muchas otras características, el intervalo de frecuencias en las escuchan mejor, su sensibilidad, la frecuencia más alta y más baja a la que pueden percibir los sonidos y cuántas frecuencias escuchan (Patterson-Kane y Farnworth, 2006). Así, por ejemplo, se ha evidenciado que la mayor sensibilidad en las diferentes especies, suele estar correlacionada con las frecuencias contenidas en sus vocalizaciones (Bohn et al., 2006; Dooling, 2004; Haack et al., 2009), y que los rangos auditivos se relacionan con funciones biológicas, como la ecolocalización en murciélagos para la navegación y captura de presas (Abbate et al., 1997). Depredadores como los gatos y las lechuzas tienden a oír en un rango más amplio que sus presas (Dooling, 1986; Neff y Hind, 1955; Walker, 1964) y los animales más grandes tienden a tener una mejor audición de baja frecuencia que los animales más pequeños como los ratones (Ehret, 1975; Heffner, Heffner et al., 1994).

Las características del audiograma de la especie porcina ya han sido descritas (Heffner y Heffner, 1990), para facilitar su interpretación, en la Figura 1, se expone comparativamente con el audiograma del humano (Bryant, 2013; Heffner y Heffner, 1990), resaltando los límites y áreas de mayor sensibilidad. El cerdo presenta un rango auditivo inclinado levemente a hacia la izquierda, es decir hacia frecuencias más altas, indicando una mayor sensibilidad en la percepción de este tipo de señales. En contraste el humano, es ligeramente más sensible a frecuencias más bajas. El punto marcado con el número 1, corresponde a 20 dB (que es considerado un nivel de ruido bajo, lo equivalente por ejemplo a una conversación tranquila en una biblioteca) a este nivel, el humano detecta frecuencias a partir de 125 Hz, mientras que el cerdo lo hace a partir de 250 Hz. El número 2 marca el punto (4 KHz) de mayor sensibilidad en el humano, percibiendo sonidos con un mínimo de decibeles, en este punto se presenta una diferencia de casi 20 dB con respecto al cerdo. El número 3, indica el punto de mayor sensibilidad para la especie porcina (8 KHz), que perciben sonidos con un mínimo 10 dB y una diferencia de 3 decibeles con respecto a la sensibilidad del humano en los mismos decibeles. Finalmente, el número 4, marca el límite (16 KHz) de buena

sensibilidad para el cerdo a un nivel de 20 dB, el humano a esta frecuencia ya tiene una baja sensibilidad y requiere al menos 30 dB para percibir el estímulo.



**Figura 1.** Diferencias en el audiograma del humano y del cerdo

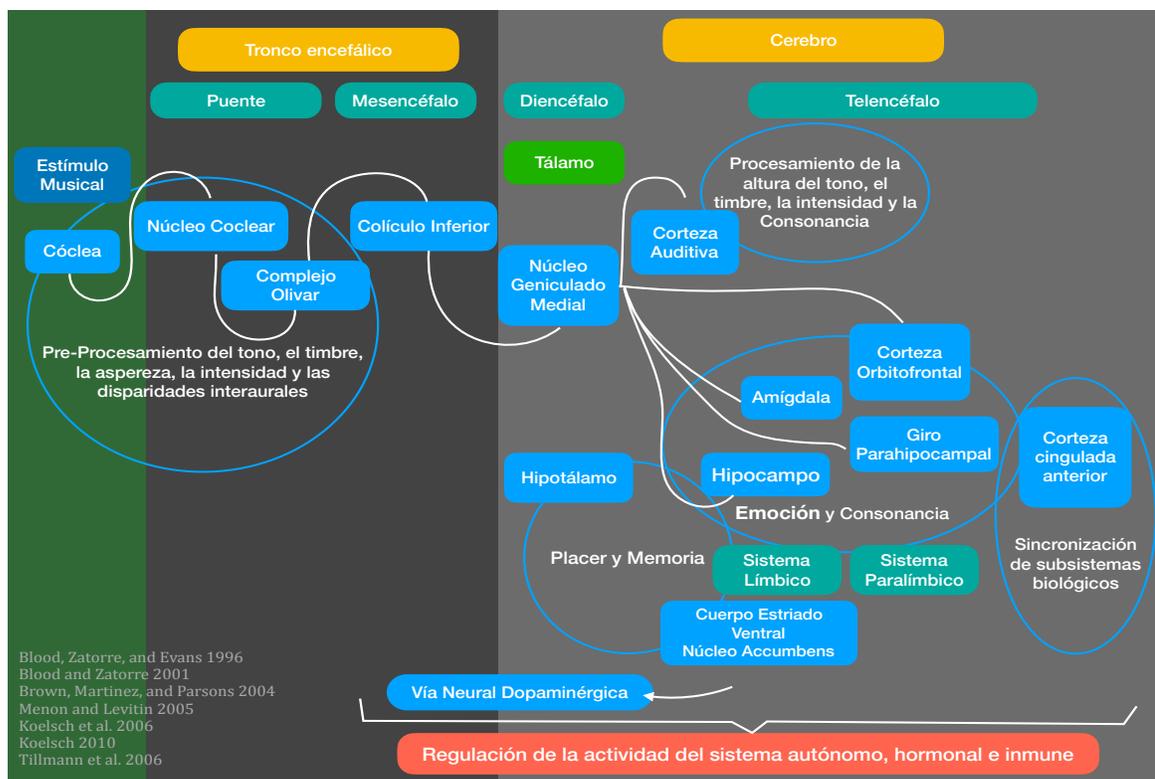
Lo anterior plantea diferencias perceptivas que deben ser tenidas en cuenta para la composición y aplicación de estímulos auditivos en la especie porcina. Se ha planteado la importancia del tipo de música y los ajustes especie específicos como determinantes en los efectos potenciales de la música en los animales. (Akiyama y Sutoo, 2011). Por ejemplo, todos los estudios que examinan los efectos fisiológicos de la música en ratas, hasta la fecha, utilizaron estímulos que no han sido ajustados a estas características de la comunicación social en esta especie que se produce en el rango ultrasónico (Patterson-Kane y Farnworth, 2006). Por tanto, no es adecuado sugerir que las especies disfrutan de la música humana cuando sus propios métodos de comunicación varían tanto de los nuestros (Panksepp y Bernatzky, 2002). Y es posible que muchas de las investigaciones en el área, conducidas hasta la fecha tengan deficiencias metodológicas con respecto al tipo de música utilizada para estimular los animales. A partir de esto, se plantea la importancia del estudio psicoacústico como fundamento para el ajuste especie específico de piezas musicales, aplicación que será desarrollada más adelante en el capítulo 4 de la presente tesis.

## **Bases del procesamiento cognitivo de la música**

La música es un estímulo complejo que como se ha mencionado previamente en este documento, es capaz de interactuar con múltiples funciones neuropsicológicas y emocionales. Es una elaboración organizada, un lenguaje con elementos básicos estructurados y, por tanto, pueden ser analizada mediante modelos psicoacústicos. La música, tal como la conocemos hoy en día, es un sistema estructuralmente complejo de notas, acordes, tiempos, temas y variaciones, con una complejidad que algunos autores sienten que la hace similar al lenguaje (Menon y Levitin, 2005). Es decir, posee una estructura subyacente que incluye numerosos componentes espacio-temporales. Entender la relación entre estos aspectos estructurales y las respuestas que inducen requiere un abordaje neurocognitivo. Así, muchos estudios sobre el procesamiento de los estímulos musicales se han centrado principalmente en aspectos cognitivos como el ritmo, el tono, la melodía y la armonía. Lo que resulta claro de estos estudios es que muchas áreas del cerebro, incluidas las regiones frontal, temporal y parietal, están involucradas en el procesamiento de la música (Samson y Zatorre, 1992; Schmidt y Trainor, 2001).

En este sentido y a partir de estudios en humanos se ha logrado definir que, según el aspecto, cualidad o componente de la música que se esté analizando (tono, organización temporal, timbre, armonía, melodía etc.), intervienen distintas áreas cerebrales, no sólo corticales, sino también de los ganglios basales o el cerebelo en su interpretación y análisis. La música puede activar zonas diferentes del cerebro según se trate de una música agradable (núcleo accumbens, ‘el núcleo del placer’) o desagradable (amígdala, ‘el núcleo del displacer’) (Soria-Urios et al., 2011). Muchos aspectos del procesamiento melódico dependen de la función de cortezas temporales y frontales superiores (Blood et al., 1999). Estudios de imagen funcional indican que las regiones de la corteza auditiva dentro de la circunvolución temporal superior derecha están específicamente involucradas en el análisis del tono y el timbre (Zatorre, 1988). La actividad en regiones paralímbicas y neocorticales han sido correlacionadas con el grado de disonancia musical. También, estudios en humanos utilizando técnicas de imágenes como la resonancia magnética funcional (fMRI) y la tomografía por emisión de positrones (PET) han proporcionado evidencia de que escuchar música percibida como agradable activa las regiones específicas del cerebro humano involucradas en el procesamiento de recompensa, motivación, emoción y excitación (Blood y Zatorre, 2001), así como áreas del cerebro que regulan las respuestas autonómicas y fisiológicas a estímulos gratificantes y emocionales (Menon y Levitin, 2005). Todo esto ha facilitado la caracterización de

la base neuronal para las respuestas emocionales a la música. Varias de las interacciones descritas para el procesamiento de la música a nivel cerebral se describen en la figura 2.



**Figura 2. Modelo de procesamiento neurocognitivo de la música**

Profundizar en los aspectos estructurales básicos musicales y en su interacción con diferentes aspectos cerebrales (estructura, química, vías fisiológicas, etc.) desde un enfoque neurocognitivo puede contribuir enormemente a la comprensión del potencial de la música en la inducción de respuestas neurofisiológicas específicas. Aunque los estudios con este enfoque, en animales no humanos, son escasos, los hallazgos permiten sugerir que la música puede tener un efecto similar. Por ejemplo, las áreas de procesamiento de recompensa del cerebro se asocian con la transmisión de dopamina, así, la liberación de dopamina puede usarse como indicador de la percepción de la música como una recompensa. Se ha demostrado que después de la exposición a la música los niveles de dopamina aumentan en el cerebro de los pollos (Panksepp y Bernatzky, 2002), lo que indica que la música puede activar el circuito de recompensa y de esta manera actuar como un regulador del estrés en animales.

También y considerando que los cambios comportamentales y fisiológicos son una consecuencia de un procesamiento cognitivo de un estímulo, estudios conducidos en roedores han

mostrado que la música, incluso sin un ajuste acústico óptimo (como reproducción de los estímulos en un rango de audición humana estandarizado que es de 20 Hz a 20 kHz), logra tener efectos en el comportamiento (Morton et al., 2001; Rauscher et al., 1998), la función cerebral (Morton et al., 2001; Sutoo y Akiyama, 2004), la inmunidad (Núñez et al., 2002) y la presión arterial (Akiyama y Sutoo, 2011). Efectos sobre el comportamiento también han sido reportados en otras especies como perros, vacas y cerdos (Bowman et al., 2017; de Jonge et al., 2008; Kogan et al., 2012; Li et al., 2019; Uetake et al., 1997).

De lo anterior, se deduce que hay un campo de investigación por explorar en lo que respecta a la comprensión del procesamiento neurocognitivo de la música en animales y el enfoque de la presente tesis busca justificar este tipo de abordajes, ampliando el conocimiento que se tiene de la musicalidad (concepto que se ha abordado previamente en el capítulo 1) como un rasgo biológico conservado en las diferentes especies animales lo que aportaría a la comprensión de los mecanismos involucrados en los efectos de la música en el cerebro.

### **Las bases de la preferencia musical y el QBA integrado al análisis psicoacústico**

Las preferencias son en general, vistas como el componente principal de la experiencia estética de la música. La preferencia se refiere a la cantidad de agrado o desagrado consciente que manifiesta el individuo a cierto estímulo. Por lo general, se asocia con una experiencia subjetiva de una emoción. Es complejo definir las razones por las cuales una estructura musical es responsable de una emoción determinada. Al tratar sobre la emoción musical y sus causas hay que considerar lo previamente abordado sobre el procesamiento neurocognitivo y que la música debe incidir de alguna manera en el cerebro para producir estados emocionales particulares en los escuchas (Díaz, 2010).

En los humanos, las dos dimensiones principales de la emoción son la valencia y la intensidad, y hay numerosas investigaciones que han incorporado este abordaje en el estudio de las preferencias musicales. La preferencia a menudo se cuantifica pidiendo a los sujetos que califiquen el grado de valencia (positiva o negativa), es decir, el atractivo/agradabilidad o aversión/desagrado asociado con una pieza musical (p.ej.: Scherer y Zentner, 2001) y la intensidad de la percepción (es decir, excitación frente a la calma). Incluso se han encontrado asociaciones entre la valencia

emocional de diferentes extractos musicales y actividad cerebral específica (Schmidt y Trainor, 2001).

Adicionalmente se han considerado múltiples determinantes y condicionantes de la preferencia musical, como la edad, el género, la cultura/tradición, la educación musical entre otras variables, son con frecuencia asociadas a ciertas tendencias y estilos musicales. También hay una idea intuitiva de que las preferencias musicales, reflejan la personalidad de un individuo, esto es basado en una idea interaccionista en psicología que sostiene que los individuos buscan y dan forma a medioambientes que pueden llenar sus expectativas y necesidades psicológicas. Sin embargo este enfoque es muy limitado, porque son pequeñas las correlaciones entre la personalidad y las preferencias de estilo musical, por lo que no se puede establecer una relación directa (Schäfer, 2016).

Sin embargo, estos determinantes en la preferencia no pueden ser evaluados en los animales por la obvia razón de que no podemos preguntarles directamente sobre la valoración de sus preferencias. En este sentido, la aplicación del QBA, aparece como una opción viable de evaluación permitiendo una evaluación cualitativa del comportamiento animal en respuesta al estímulo presentado. Si bien existen varias metodologías para este tipo de valoraciones, es el QBA una de las más ampliamente utilizadas. En la literatura consultada hasta la fecha, no existen antecedentes específicos de la aplicación del QBA para evaluar respuestas emocionales a la música, sin embargo este método, si ha sido ampliamente utilizado para valorar el enriquecimiento ambiental y el bienestar en animales y específicamente en cerdos (p. Ej., Wemelsfelder et al., 2000; Wemelsfelder et al., 2009).

El QBA como se ha descrito previamente en el capítulo 2, se basa en la capacidad de los observadores humanos para integrar los detalles percibidos del comportamiento y su contexto en los juicios del "lenguaje corporal" de los animales, utilizando términos con una connotación emocional como "calma", "tenso", "ansioso" o "contento". Esta herramienta ha demostrado una buena confiabilidad intra e interobservador (p. Ej., (Rousing y Wemelsfelder, 2006; Walker et al., 2010; Wemelsfelder y Lawrence, 2001; Wemelsfelder et al., 2009), y ha sido validado en términos de correlación con evaluaciones de comportamiento basadas en etogramas (Minero et al., 2009; Napolitano et al., 2008) e indicadores de estrés fisiológico (Stockman et al., 2012). Este

instrumento puede brindar información valiosa a los estudios en animales, identificando diferencias en la valencia emocional que pueden ser difíciles de evaluar cuantitativamente.

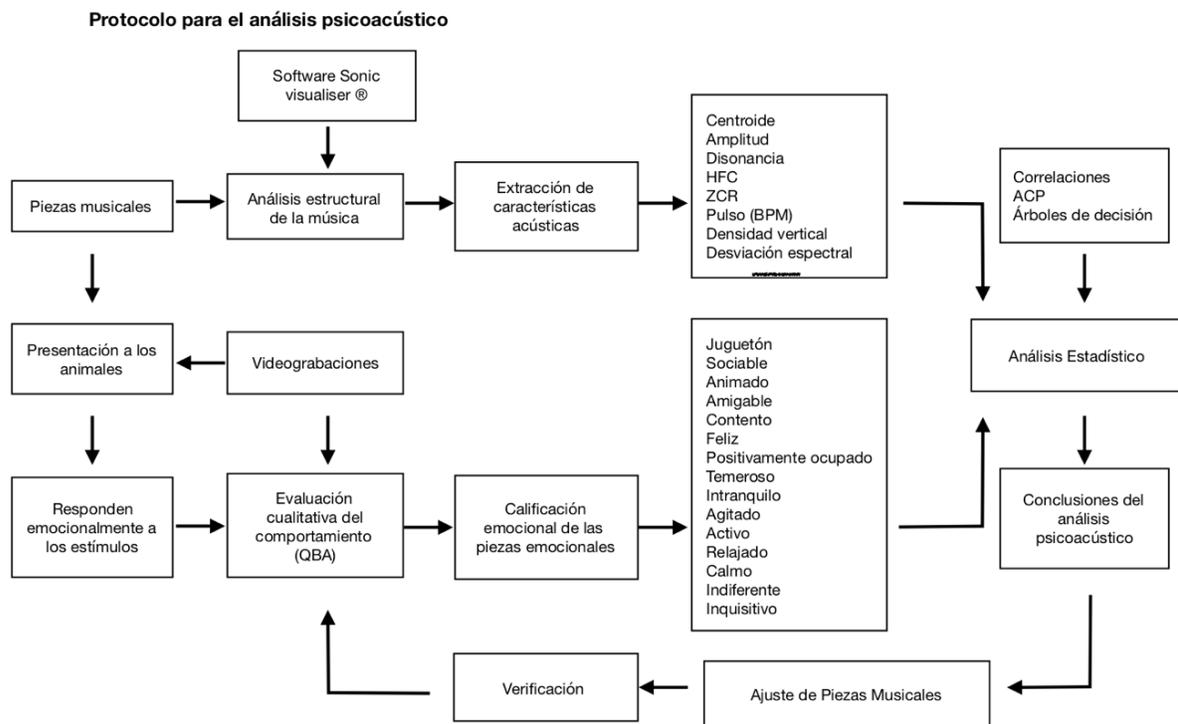
### **Análisis estructural de la música**

En esta investigación, se llevó a cabo un análisis cuantitativo de la música basado en computadora. Este tipo de evaluaciones también conocidas como análisis digital de la música, se han utilizado durante más de una década (Knox et al., 2011). Consisten en extraer información de piezas musicales digitalizadas, con la consecuente obtención de parámetros psicoacústicos. Múltiple softwares tienen desarrollos en este sentido (p.ej.: MATLAB®) (Lartillot y Toivainen, 2007; Olivier et al., 2008). En el presente trabajo, se utilizó el software Sonic Visualizer ® (2018, Chris Cannam and Queen Mary, University of London), programa que permite la exploración de datos de audio para el análisis semántico de la música. El análisis de sonidos por sus características acústicas incluyen entre muchos otros parámetros frecuencias, niveles de distorsión, presencia de fluctuaciones y aleteo, amplitud y relaciones de volumen. En nuestro caso, el análisis examinó la música con respecto a características como pulso, contenido de alta frecuencia y centroide y otras, que son características numéricas, a las que se pueden aplicar a análisis estadísticos. Este método está en línea con los enfoques publicados en varios estudios (Mathews et al., 2001; Priest et al., 2004), El propósito de dicha evaluación fue definir objetivamente los parámetros acústicos de la música útiles para ser correlacionados con otros análisis como el QBA y desarrollar así, una mayor comprensión de la selección de música para el enriquecimiento ambiental.

Los parámetros seleccionados se listan a continuación, para su definición se tuvieron en cuenta los trabajos realizados por Couprie et al., 2017; Peeters, 2004:

- Centroid: medida que indica dónde está el "centro de masa" del espectro, tiene una conexión con la brillantez de un sonido y por lo tanto el timbre.
- Amplitud: revela la distancia que existe entre el pico de la onda (el valor más alto) y su base, midiéndose en decibeles. A medida que crece la amplitud de onda, aumentan los decibeles, lo que refleja un crecimiento de la intensidad (el volumen) del sonido
- Disonancia: la disonancia sensorial (que debe distinguirse de la disonancia musical o teórica) de una señal de audio dados sus picos espectrales mide la rugosidad perceptiva del sonido y se basa en la rugosidad de sus picos espectrales

- High frequency content (HFC): contenido de alta frecuencia de un espectro de sonido
- Zero Crossing Rate (ZCR): densidad de puntos de "cruce por cero" en una onda de audio. Las señales ruidosas tienden a tener una mayor tasa de cruce de cero
- Pulso (BPM): se refiere al ritmo de la música, medido por la cantidad de latidos que ocurren en 60 segundos
- Densidad vertical: es el número de instrumentos musicales que se presentan simultáneamente en un fragmento o pieza musical.
- Desviación espectral: medida estándar de la desviación de frecuencia alrededor del centroide espectral.
- Los datos obtenidos de los parámetros acústicos de las piezas musicales utilizadas en el estudio y de la evaluación de las respuestas emocionales, es analizada minuciosamente con varias técnicas estadísticas (p.ej.: análisis distribuciones, análisis de componentes principales (ACP), análisis de correlaciones, análisis de clúster), para establecer efectos y asociaciones. Dando lugar a un modelo de evaluación psicoacústico que se describen en la figura 3.



**Figura 3. Modelo de integración de parámetros acústicos y QBA para la evaluación psicoacústica de piezas musicales incluidas en la investigación.**

## Resultados

Como segundo resultado del desarrollo de esta tesis, y respondiendo al desarrollo del objetivo específico 2: “Evaluar el efecto de los elementos musicales y acústicos constitutivos de la música sobre el estado emocional en cerdos en producción”. Se presenta un artículo, que está en proceso de publicación.

### Artículo 2

#### **Spectro-temporal acoustic elements of music interact in an integrated way in the modulation of emotional responses in pigs**

Juliana Zapata Cardona<sup>1</sup>; Maria Camila Ceballos<sup>2</sup>; Ariel Marcel Tarazona Morales<sup>3</sup>; Edimer David Jaramillo<sup>4</sup>; Berardo de Jesús Rodríguez<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Patobiología QUIRON, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia. Tel: 57(4)2199124. Email: [juliana.zapata9@udea.edu.co](mailto:juliana.zapata9@udea.edu.co)

<sup>2</sup>Faculty of Veterinary Medicine, University of Calgary, Clinical Skills Building, 11877–85th Street NW, Calgary, AB T3R 1J3, Canada. Email: [mariacamila.ceballos@ucalgary.ca](mailto:mariacamila.ceballos@ucalgary.ca)

<sup>3</sup>Grupo de investigación BIOGEM. Departamento de producción animal, Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Cra. 65 No. 59A - 110, Medellín, Colombia. Email: [amtarazonam@unal.edu.co](mailto:amtarazonam@unal.edu.co)

<sup>4</sup>Grupo de Investigación Nutri-Solla, SOLLA S.A. Carrera 42 # 33 – 80. Itagüí, Colombia. Email: [edimerfrv@gmail.com](mailto:edimerfrv@gmail.com)

<sup>5</sup>Grupo de Investigación Patobiología QUIRON, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia. Tel: 57(4)2199124. Email: [berardo.rodriguez@udea.edu.co](mailto:berardo.rodriguez@udea.edu.co)

Corresponding author. Email: [juliana.zapata9@udea.edu.co](mailto:juliana.zapata9@udea.edu.co)

### ABSTRACT

Music is a complex stimulus, with different spectro-temporal acoustic elements which are perceived holistically, determining one of the most important attributes of music, elicit emotions. In non-human animals the effect of various musical acoustic elements on emotions, using an integrated approach, has not been studied. This knowledge is important for the design of species-specific stimuli, which can be used for environmental enrichment. Thirty-nine instrumental musical pieces were composed and used to analyze the effect of various of its acoustic parameters on emotional responses in farm pigs. Video recordings of pigs in the nursery phase (n=50) were gathered and the emotional responses induced by the stimuli were evaluated using the Qualitative Behavioral Assessment (QBA). Non-parametric Statistical models (GAM

and decision trees) were applied and compared to evaluate the relationship between acoustic parameters and the observed emotional responses in animals. We concluded that musical structure had an effect on the emotional responses of pigs. The valence of the emotions induced depends on the integrated and simultaneous interaction of spectral and temporal structural components that can be modulated in the composition of the music. This knowledge will allow the design of musical stimuli, that can be incorporated into environmental enrichment protocols for non-human animals.

**Keywords:** *biomusicology; environmental enrichment; music; swine; psychoacoustics; species-specific music.*

## INTRODUCTION

Music has various spectral and temporal structural elements. It has been demonstrated that, in humans, the interaction of these components determine the emotional content of music<sup>1-3</sup>. These properties can be altered to reliably influence emotional valence<sup>4</sup>. In any musical piece, the structural components are present simultaneously and their perception is a holistic process<sup>5</sup>. Researchers have suggested that the same characteristics of music that are effective in inducing and communicating emotional responses in humans could also be applied to other species<sup>6</sup>.

The strong association between music and emotions derives from neurocognitive process<sup>7,8</sup>. Musical aspects like tone, rhythm, timbre, frequency, harmony, melody, has been associated with activity in different brain areas, some of which are related to emotions processing<sup>9-12</sup>, and linked to arousal control systems, such as those responsible for releasing norepinephrine and serotonin, substances involved in the regulation of emotional responses<sup>13</sup>. Mammals and birds have the neuroanatomical structures needed to do the neurocognitive process of musical components<sup>14</sup>. Additionally, music is an emotional communication tool encoded within ancient neural circuits, many of which are homologous between humans and other animals<sup>7</sup>. Such perception can explain why animals express emotional changes when they are exposed to musical stimuli<sup>15</sup>.

Music structure evaluation can be done quantitatively, based on acoustics and musical informatics methods. This evaluation, also known as digital music analysis, has been widely used<sup>16</sup> and allows to extract numerical characteristics, to which can be used to perform statistical analysis<sup>17,18</sup>. In humans, the evaluation of emotions based on acoustic characteristics has been widely developed<sup>19,20</sup>. However, it is common to perform the evaluation of a spectral or temporal structure separately, therefore, the interaction between these music elements and their relationship with emotional effects remains largely unknown.

In nonhuman animals, there is a lack of studies evaluating the effect of music structure. Although some studies have approached the evaluation of some musical aspects such as the type musical instrument, musical rhythm and harmony, they have considered musical parameters separately, and assessing merely the effects in the behavioral framework<sup>21-23</sup>. Only one study has evaluated the effect of one music parameter (harmonic characteristics) on animal's emotions<sup>15</sup>. Therefore, there is a scarcity of studies evaluating the holistic effect of various acoustic characteristics on animals' emotional responses. This approach can be particularly relevant in species with different communication systems and auditory characteristics that imply different auditory ranges of frequency, times, and other acoustic features, necessary for adequate coding and neurocognitive processing. An acoustic stimulus is effective if it is appropriate for the sensory and communication systems of the species under study<sup>6</sup>. For this, species-specific adjustment is essential to develop acoustic stimuli useful as environmental enrichment<sup>6,24</sup>.

In the present study, a temporal-spectral analysis of music characteristics was performed, using musical informatics approach with the aim to analyze its effect on emotional responses in farm pigs. We integrated animals' emotional responses evaluation from a psychoacoustic approach, which is useful for the

investigation of the potential effects of auditory stimulation in animals. In addition, it will contribute to the basis in the design and adjustment of species-specific musical stimuli for environmental enrichment.

## METHODS

### Ethical considerations

All the experimental procedures were conducted according to the ARRIVE guidelines (<https://arriveguidelines.org>), and all methods were performed in accordance with relevant guidelines and regulations. The Ethics Committee in Animal Experimentation of the Universidad de Antioquia (CEEA) authorized the procedures on animals reported herein (Act No. 16 April 10, 2018).

### Study location

The study was conducted at the experimental pig farm of the Universidad of Antioquia (6° 26 '59.606 N 75° 32'37.088 W BH-Mb), Province of Antioquia – Colombia, at an altitude of 2,350 m, with ambient temperatures ranging from 7 to 22 °C (average: 15°C) and relative humidity of 70%.

### Litters

Ten commercial crossbreed litters (Camborough 29/maternal-line × PIC 410/paternal-line) of 10 to 12 piglets were selected as experimental replications. The animals were 7 to 9 wk old, had low variance in weight ( $6.6 \pm 0.42$  kg) and, also were balanced sex distributed.

### Facilities

Evaluations were conducted during the nursery phase, starting at weaning. On average, piglets were weaned at 28 d and immediately placed in nursery facilities, housed in 2.5 × 3 m pens, with a slightly raised floor of plastic slats and metal bar-walls between pens. Each pen had two nipple drinkers and one hopper feeder. Water and feed were available ad libitum. Lights stayed on from 7:00 to 16:00, and the environmental temperature was ~ 25 °C.

### Musical pieces

A total of 39 instrumental electronic musical pieces (duration, 1 to 5 min each) were composed and produced for this research. For the composition, musical pieces were recorded in MIDI format in the DAW Ableton live 10 suites, using an Ableton Push 2 controller and a Fishman Triple play MIDI controller device coupled to an electric guitar. The scores were written in Sibelius ultimate® software (AVID 2022). The pieces were exported in MIDI language to the Ableton Live10 suite program. Then, plugins and native virtual instruments and the Kontakt 6 library (Native Instruments) were used. No equalizers, compressors, or spatial effects were used.

Each musical piece presented differentiable acoustic attributes that were assessed through quantitative computer analysis, using the Sonic visualizer® software (2018, Chris Cannam and Queen Mary, University of London), yielding numerical data (see table 1). This method followed the approaches published in other studies<sup>17,18</sup>. Data obtained were stored in a matrix for further analysis. The following parameters were considered. Definitions were based in previous literature<sup>25,26</sup>

- Centroid: center of mass of the sound spectrum; related to the sound brightness and timbre.
- Amplitude: distance between the peak of the wave and its base, in decibels (dB); as the wave amplitude increases, dB increase, reflecting an intensification of the volume.

- Dissonance: sensory dissonance of an audio signal given its spectral peaks; measures the perceptual roughness of the sound and is based on the roughness of its spectral peaks.
- High Frequency Content (HFC) of a sound spectrum
- Zero Crossings Rate (ZCR); the density of zero crossings points in an audio wave.
- Pulse in beats per minute (BPM); the unit of measure for the tempo-rhythm or speed.
- Spectral deviation: a measure of the frequency deviation around the spectral centroid.
- Instrumentation: number of instruments simultaneously presented.

**Table 1.** Mean, minimum, maximum and standard deviation values of the 39 musical pieces acoustic parameters.

Acoustic parameter	Mean	Minimum	Maximum	Standard deviation
Amplitude	0,07	0,01	0,22	0,05
Centroid	1.548	746	5.090	820
Dissonance	0,2	0,09	0,43	0,05
HFC	123.849	2.216	387.374	112.432
ZCR	0,04	0,02	0,19	0,03
BPM	114	80	160	21
Spectral Deviation	2.569	1.589	5.556	854
Instrumentation	4	1	8	2

HFC=High Frequency Content. ZCR=Zero crossings rate. BPM=Beats per minute

#### Experimental design

A Bose SoundLink Air Digital loudspeaker was installed in the study location. Pigs spent at least 1 wk in the nursery facilities before musical exposition. To avoid the effect of habituation to the music, ten replicates were done, each in a different litter of animals with a 1-mo interval. In each replicate, a musical arrangement called stimulation protocol (Figure 1) was applied. This included between 4 to 6 of the musical pieces composed and was randomly presented (five stimuli per replicate, on average) with a 3-minute interval without music as a break. Some of the pieces were presented up to twice, obtaining a total of 50 musical registrations. The maximum duration of each replicate was 1 hour long and it was always carried out between 9:00 and 10:00 a.m.

**Figure 1.** Stimulation protocol. The musical pieces were presented in a random order and considering interspersed rest periods.



#### Evaluation of emotional responses

Pigs behavior was recorded during the stimulation protocol with a high-definition camera (Panasonic HC-X900, Panasonic Corporation, Hamburg, Germany), installed in the front of the pen, allowing all animals to be clearly observed. Videos were used to evaluate the emotional responses of pigs to the different musical pieces, using the Qualitative Behaviour Assessment (QBA) as described by the authors in a previous study<sup>15</sup>. All QBA terms were initially assessed. However, scores were only obtained for 17 terms (active, relaxed, fearful, agitated, calm, content, indifferent, frustrated, friendly, bored, playful, positively occupied, lively, inquisitive, irritable, uneasy, sociable, apathetic, happy, distressed) during the observations, so (distressed, apathetic, and frustrated) were eliminated from further analyses. Each term was quantified along a 125 mm visual analog scale that indicated the intensity of each behavioral expression. Then, distances (in mm) from the left margin (minimum) up to the observer's mark for each adjective were measured. For this study, we evaluated the emotional response of the entire litter. Video analysis was blind to the observer, the excerpts

were delivered in randomized order and without sound. Each video evaluation session lasted 2 hours and had an interval of 4 d. Data obtained were collected in a matrix for statistical analysis.

#### Intra- and Inter-observer reliability

The rating was conducted by a one trained observer, who performed a test-retest reliability evaluation using a sample of 10 video excerpts of pig's litters (average of 20 s each). Pearson's correlation coefficient was used to evaluate the intra-observer reliability for each QBA term, obtaining high values for active, fearful, agitated, calm, content, friendly, playful, lively, inquisitive, sociable, happy ( $r \geq 0.90$ ; i.e.), moderate for relaxed, positively occupied, irritable, indifferent, and uneasy ( $0.50 \geq r < 0.80$ ), and low for the term bored ( $r < 0.50$ ). The terms frustrated, apathetic, distressed, were not identified by the observer in any of the evaluations, obtaining a score of "0" and, therefore, it was not possible to analyze their correlation coefficients. The same sample was used to perform an inter-observer reliability test among two trained observers, and Pearson's correlation obtained excellent agreement ( $r > 0.86$ ) on their scores.

#### Statistical analysis

QBA data was initially evaluated through descriptive analyzes using mean, standard deviation, and other metrics. Then, they were analyzed by applying a principal component analysis (PCA, with correlation matrix and without rotation). This technique allows to identify of underlying association patterns in the variables under analysis, allowing the conformation of the emotional indexes. Subsequently, the relationship of these indexes with the acoustic parameters was evaluated. For this, the mathematical assumptions about normality and homoscedasticity were tested through visual inference (residual graphs) and hypothesis testing (Shapiro Wilk test). A linear analysis based on Pearson correlation was initially proposed. However, the lack of linear association was evident, so it was considered a non-parametric approach for inferential statistics analysis, GAM (Generalized additive model) using nonlinearly and smooth functions were applied. The model relates a univariate response variable, Y (emotional index), to some predictor variables,  $x_i$  (acoustic parameters). The decision trees methodology was applied as a complementary approach. The last is a prediction model based in machine learning, applicable to data structures where the relationship between features and outcome is nonlinear or where features interact with each other. This method allows identifying other relationships between the acoustic parameters and the emotional indices that were not evaluated by the GAM model. A probability level of  $P < 0.001$  was chosen as the limit for statistical significance and tendencies were discussed when  $0.05 < P < 0.10$ .

## RESULTS

#### Evaluation of emotional responses

The QBA ratings generated scores of each litter group observation for terms based on emotional states. The descriptive analysis of them (Table 2) showed higher means for active, and agitated states and lower for bored, indifferent and irritable. Ratings of 0 were obtained for terms distressed, apathetic, and frustrated, consequently were excluded from the subsequent analysis.

**Table 2.** Descriptive analysis of pigs' scores (in cm) based on emotional states used for the QBA [mean, standard deviations (SD), maximum (max), minimum (min), and coefficient of variation (CV)] n=50.

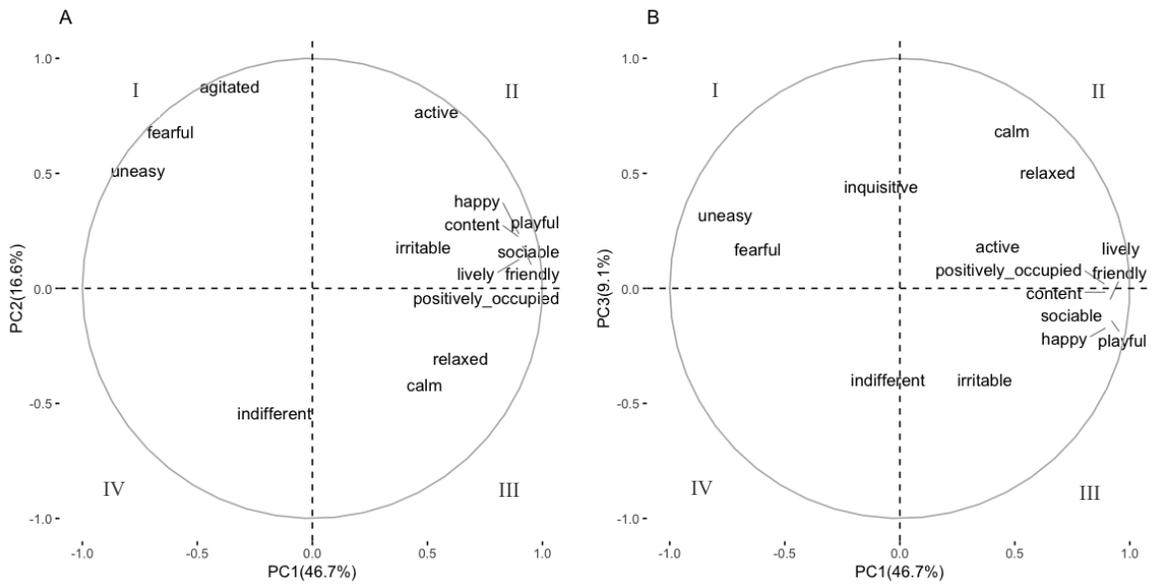
Emotional state	Mean $\pm$ SD	Min	Max	CV
Active	7,22 $\pm$ 3,55	0,5	12,5	49,17
Agitated	3,52 $\pm$ 4,35	0	12,5	123,58
Relaxed	3,04 $\pm$ 3	0	11	98,68
Fearful	3 $\pm$ 4,16	0	12,5	138,67
Calm	2,83 $\pm$ 3,09	0	12	109,19
Content	2,77 $\pm$ 3,13	0	9,5	113
Indifferent	0,48 $\pm$ 1,55	0	8	322,92
Friendly	2,28 $\pm$ 3,01	0	10,5	132,02

Bored	0,02 ± 0,13	0	0,9	650
Playful	2,5 ± 3,23	0	11,5	129,2
Positively occupied	2,64 ± 2,7	0	11,5	102,27
Lively	3,13 ± 3,28	0	12,5	104,79
Inquisitive	3,06 ± 3,32	0	10,5	108,5
Irritable	0,5 ± 1	0	4,8	200
Uneasy	2,92 ± 3,88	0	12,5	132,88
Sociable	2,32 ± 2,87	0	11	123,71
Happy	2,16 ± 2,86	0	12	132,41
Distressed	0	0	0	0
Apathetic	0	0	0	0
Frustrated	0	0	0	0

PCA generated three PCs with eigenvalues exceeding 1.5 (Table 3). QBA terms with loadings >0.6 were considered major contributors to each PC. PC1 explained 46.68% of the variance, and included the terms content, friendly, playful, positively occupied, lively, sociable and happy with positive loadings, and, fearful and uneasy with negative loadings; this PC was characterized as positive high arousal index. PC2 (explaining 16.64% of the variance) had highest positive contributions for the adjectives active, fearful, agitated, and uneasy with loadings above 0.6, and was considered as a negative high arousal index. PC3 (with 9.08% of the remaining variance) had terms relaxed and calm with loadings above 0.6, and was defined as positive low arousal index (Figure 1B). The loading plots on PC1 and PC2, and PC1 and PC3 are presented in Figure 1A and 1B, respectively.

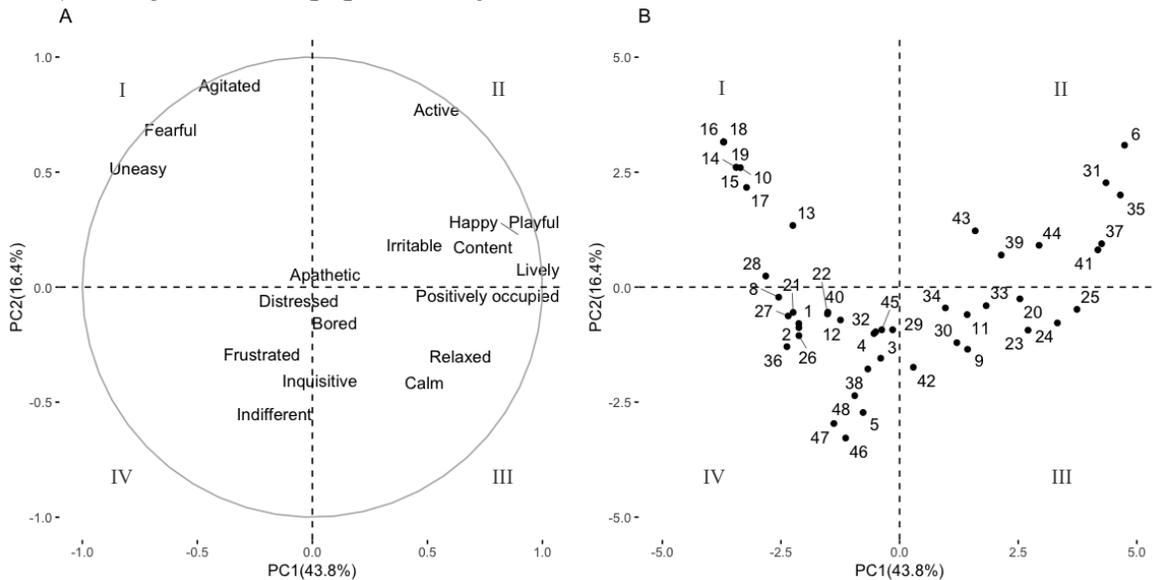
**Table 3.** Principal component analysis of QBA. Terms with loadings greater than 0.6 are bolded and were used to define the indexes identified in the analysis.

Terms	PC1	PC2	PC3
	Positive high arousal index	Negative high arousal index	Positive low arousal index
Active	0,48	<b>0,71</b>	0,24
Relaxed	0,49	-0,36	<b>0,66</b>
Fearful	<b>-0,67</b>	<b>0,62</b>	0,23
Agitated	-0,42	<b>0,82</b>	0,09
Calm	0,54	-0,36	<b>0,63</b>
Content	<b>0,90</b>	0,22	-0,02
Indifferent	-0,11	-0,49	-0,45
Friendly	<b>0,91</b>	0,19	-0,06
Bored	-0,03	-0,19	0,06
Playful	<b>0,92</b>	0,23	-0,13
Positively occupied	<b>0,90</b>	0,02	0,01
Lively	<b>0,91</b>	0,13	0,12
Inquisitive	-0,02	-0,37	0,50
Irritable	0,43	0,12	-0,34
Uneasy	<b>-0,70</b>	<b>0,67</b>	0,26
Sociable	<b>0,91</b>	0,19	-0,09
Happy	<b>0,90</b>	0,23	-0,17
Eigenvalues	7.94	2.83	1.54
Cumulative percentage of variance	46.68	63,33	72,41



**Figure 1.** Plots of loadings for the 17 evaluated terms of the QBA A. Terms plotted on the first principal components PC1 (positive high arousal index) and PC2 (negative high arousal index). B. Terms plotted on PC1 and PC3 (positive low arousal index).

Musical pieces can be related to the emotional responses according to their location in the plot. For example, quadrant II included pieces 6, 31, 35, 43, 44, 39, 37 and 41. This quadrant corresponds to positive high arousal emotional states, with QBA terms such as playful, happy, and content. In contrast, those pieces located in quadrant I (i.e. 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) were related with the negative emotional responses, including uneasy and fearful. Figure 2B display the spatial distribution of the musical pieces (identified with codes) in the plot of loadings generated by the PCA.



**Figure 2.** A. Plots of loadings for the 17 evaluated emotional states of the QBA on the first (PC1: positive high arousal index) and second principal components (PC2: negative index). B. Coordinates of the group (litter) emotional states to each piece of music in the QBA.

*Relation of the acoustic parameters with the emotional index*

Various statistical methods were implemented for inferential statistics, seeking to detail the best way to evaluate the relationship between the evaluated acoustic parameters and the emotional indexes.

#### Linear modeling analyses

As preliminary analyses we performed a simple correlation between acoustic parameters and the emotional indexes, however, no significant correlation was found among them ( $P > 0.05$ ). The lack of linear association between the evaluated variables demonstrated that music is not as simple as could be thought (the increase in one of the parameters does not simply imply an increase in a specific emotion). Thus, we moved to a nonlinear analysis.

#### Nonlinear modeling

Initially, a GAM (Generalized additive model) was applied. Pulse and instrumentation were considered predictor variables for the positive high arousal index ( $P < 0.0001$ ), explaining 46.9% of the variability. For positive low arousal index, BPM and instrumentation had a significant association ( $P < 0.0001$ ) explaining 40.4% of the variability. For negative emotional index, with deviance explaining of 26.3%, parameters HFC, ZCR, spectral deviation, pulse, and instrumentation were considered predictor variables for the model, however only the level of association for HFC and spectral deviation ( $P < 0.1$ ) was relevant to be considerate tendencies. Table 4 presents a GAM analysis summary, with the acoustic parameters that were predictor (based on comparisons of the additive model system) for each emotional index, and the significance of the associations.

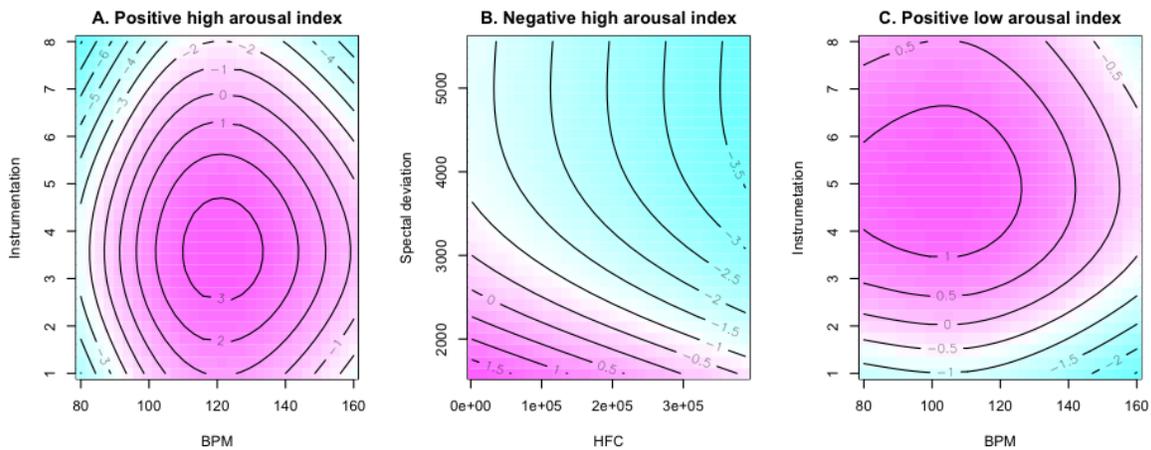
**Table 4.** Results to the Generalized Additive Model (GAM) on associations between emotional index and acoustic parameters.

Emotional Index	Acoustic parameters							
	Centroid	Amplitude	Dissonance	HFC	ZCR	Spectral Deviation	Pulse (BPM)	Instrumentation
<b>Positive high arousal index</b>	NP	NP	NP	NP	NP	NP	<0.001	<0.001
<b>Negative high index</b>	NP	NP	NP	<0.1	>0.1	<0.1	>0.1	>0.1
<b>Positive low emotions index</b>	NP	NP	NP	NP	NP	NP	<0.05	<0.001

NP= Parameter considered no predictors for model selected

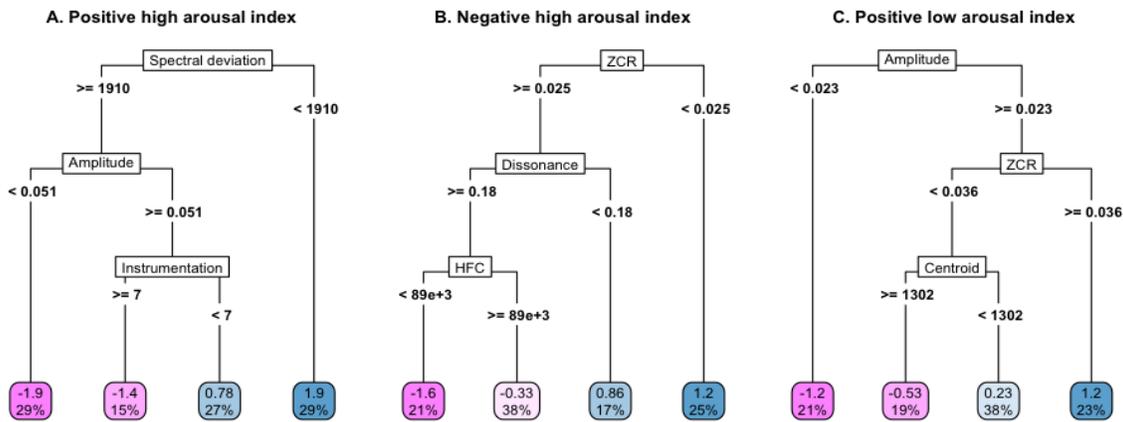
HFC=High Frequency Content. ZCR=Zero crossings rate. BPM=Beats per minute.

In figure 5, contour plots from the GAM model are presented, only predictors acoustic parameters statistically significant for the indexes were included. Thus, figure 5A shows the relationship observed between BPM and instrumentation, predictors for positive high arousal index. The central pink area determines specific ranges for which these acoustic parameters can be related to positive emotional responses. So, it can be interpreted that values of pulse between 110 and 130 BPM, with instrumentation values between 3 and 4, are the ones that most influence this index. Figure 5B demonstrate the association of the predictor parameters for negative high arousal index, HFC and spectral deviation. The pink color corresponds to the levels at which those parameters generate higher values of negative emotions. A combination of low HFC values, with low levels of spectral deviation were associated with higher values for the index. The variables pulse and vertical density, predictors for positive low arousal index, are presented in figure 5C. Mean values of pulse (around 110 bpm) with mean values of instrumentation (5 instruments that presented simultaneously) had positive association with this index.



**Figure 5.** Contour plots for the predictive acoustic parameters from GAM model. The pink color suggests the best combination in levels between the parameters to induce emotional responses in the respective index. **A.** Positive high arousal index. pulse values between 110 and 130 bpm and instrumentation between 3 and 4 instruments in a piece of music induces more positive responses. **B.** Negative high arousal index. Combination of low values for HFC and spectral deviation induce higher responses for this index. **C.** Positive low arousal index. Pulse values below 120 bpm and instrumentation between 4 and 6 instruments in a piece of music is related with emotional responses included in this index.

Decision trees methodology was applied as complementary analysis to the results already expressed. This analysis allowed finding other simultaneous interactions and the ranges in which parameters not included for the GAM model, must be adjusted to induce emotional states according to indexes. The positive high arousal index (Figure 6A) was determined by spectral deviation with amplitude and instrumentation parameters interactions; positive responses for this index (blue nodes) was obtained with values for spectral deviation under 1910 (29% of positive responses). Additionally, the combination of spectral deviation above 1910, with amplitude over 0,051 and instrumentation under 7 induced positive responses (27%). In contrast, negative responses (pink nodes) were observed when instrumentation was over 7 or amplitude under 0.051. The acoustic parameters defining negative emotional index (ZCR, dissonance, and HFC) are presented in figure 6B. Values of ZCR under 0.025 are related to higher negative emotional states (25% of the negative emotional responses). Values over 0,025, with dissonance under 0,18 represents 17%. Combinations of dissonance over 0,18 with any HFC value had negative values for this index (pink nodes). The decision tree for the positive low arousal emotion index (Figure 6C), was associated with amplitude, ZCR, and centroid parameters. Positive values were observed in the combination of amplitude values greater than 0.023 and ZCR over 0.036 (23% of positive low emotional responses). ZCR values under 0,036 combined with centroid under 1302, also generated positive values for this index (38%). In contrast, when centroid values were over 1302 or amplitude values were under 0,023, negative values for the positive low arousal index were obtained.



**Figure 6.** Decision tree for emotional indexes. Blue nodes represent positive responses (percentage of the total responses) and pink nodes, negative responses associated with each index. A. Positive high arousal index. B. Negative high arousal index. C. Positive low arousal index.

## DISCUSSION

To our knowledge, this is the first study evaluating the relationship among several acoustic characteristics of music (using a quantitative approach) with emotional responses in non-human animals. Also, this is the first time taking into consideration the simultaneous interactions between these parameters. Due to the lack of antecedents in the field and according to the nature of the data, several statistical approaches were proposed from linear (correlation) and non-linear modeling (GAM, decision trees). The results demonstrated that acoustic temporal and spectral elements of music interact in an integrated way in the modulation of emotions in pigs.

QBA allowed us to determine that the musical pieces used herein generated a wide range of emotional responses, from happy and relaxed, to fearful and irritable responses in pigs. This was previously described in the same specie by us<sup>15</sup>. This effect is similar to that observed in humans, with great variation of emotional responses that music can induce, from sadness to excitement, anger or fear, and more<sup>27,28</sup>. This is why some authors have indicated that music is one of the best-known forms of emotional communication<sup>29,30</sup>. The PCA applied to QBA data allowed to group the emotional responses into positive high, positive low, and negative high arousal indexes, according to their valences. These emotional responses were modulated by the integrated manipulation of the acoustic parameters in the stimuli used. This reveals that, in a similar way to what was previously observed in humans, musical composition and structure are decisive in emotional responses to music in pigs<sup>15,31,32</sup>.

The associations assessment between acoustic parameters and emotional index through linear statistical analysis was as an exploratory approach. However, this method was insufficient to explain the complex relationship between the evaluated variables. Thus, GAM analysis allowed a better description of these associations. Furthermore, it demonstrated that emotional responses observed in the animals are not explained by a single acoustic variable with a direct association, revealing the complicated and simultaneous interactions among several acoustic parameters to induce a specific emotional response. Particularly, pulse and instrumentation were identified as predictor variables, then, musical pieces with a range of pulse between 110 and 130, with 2 to 4 instruments generate higher positive high arousal responses. If the pulse value is less than 120 bpm, and the number of instruments is between 4 and 6, then, the emotional responses obtained are positive with low arousal.

It has been previously reported that fast-pulse music was more effective than slow-pulse music in influencing pig behavior<sup>22</sup>. However, the analyzes described in the present study allowed us to indicate that

although certain ranges of pulse influence emotional responses, it is not the only acoustic variable involved, since others such as instrumentation also influence. In humans, interest in music is closely related to the speed that can make sense of what we hear; higher charges of information require more effort (processing activity) for being interpreted coherently<sup>33,34</sup>. In this sense, the number of instruments is associated with the amount of information in musical pieces, and can explain the low arousal positive emotional responses observed in musical pieces with a high number of instruments (4-8), that expects high amount of information and can induce a lack of interest and attention. When music pieces included composition's schemes based in more simple patterns for humans and probably for pigs, high arousal positive emotional responses were observed. Consequently, any emotional response in animals will be influenced by more than one structural component of the musical piece and therefore, the analysis of this type of stimulus must simultaneously include the evaluation of several acoustic parameters.

Decision trees methodology was implemented as a complementary tool to the GAM analysis, allowing to define a range in which other acoustic parameters, not considered predictors for GAM model, must be adjusted to induce a particular emotional state. We discovered that parameters like centroid, spectral deviation, ZCR, amplitude, and HFC, must also be modulated. Regarding these parameters, it is appropriate to point out that all of these are considered timbral attributes<sup>35-37</sup>. Timbre is one of the most important aspects of musical sounds<sup>35</sup> and, is closely related to music emotions<sup>38,39</sup>. Although timbre is a multidimensional feature and, in turn, possesses others elements such as attack time, decay time, among others<sup>35</sup>, the evaluation of several of the timbral attributes allows a relevant approach to this important feature. Our results suggest the relevance of timbre in the induction of emotional responses in pigs, being some of its attributes associated with positive high and low arousal indexes, which is consistent with human research, which relates timbre to emotional dimensions valence and arousal, measures of how positive and energetic the music sounds<sup>40</sup>.

The obtained range for dissonance, which was associated with the positive high arousal index, is below the average of the pieces used in the study. Which suggests a preference for pieces with low dissonance. This finding had already been previously reported in humans<sup>41,42</sup> and other species such as primates<sup>23</sup> and chickens<sup>43</sup>. In addition, in a previous study carried out by us, which specifically evaluated the harmonic structure of music, it was found that high levels of dissonance are associated with negative emotional states such as fear and uneasy in the porcine species. With respect to high-frequency content can be explained by the vocalization frame of pigs<sup>15</sup>. Communication, like music, has different spectro-temporal attributes, which encode different categories of information, and the frequency and its fluctuations provide semantic information. This same framework is extrapolated to music, so pieces with high dissonance and HFC can be relevant in negative emotional responses. It was reported that piglets that were restrained and castrated produced many more high-frequency calls (that are also more dissonant), than control piglets that were restrained but not castrated, suggesting that high frequency vocalizations reflected pain due to castration<sup>44</sup>. Therefore, HFC can evoke aversive experiences in the species. However, more knowledge is required about vocalization in animals and how aspects related to frequency modulation interact and then, contribute to the semantic value in the communication of pigs.

In humans, it has been demonstrated that the association between music and emotions derives from the neurocognitive process, with music structure like determinant<sup>7,8,45,46</sup>. Acoustic stimulation activates a multidimensional process in the brain. Once it is translated into neuronal activity, widely distributed brain areas participate in the neuronal encoding of music<sup>47</sup>. Acoustic aspects and musical structure such as rhythm, tone, melody, and harmony are evaluated in the frontal, temporal, and parietal brain regions<sup>8,11,48,49</sup>. The amygdala, ventral striatum, hippocampus, hypothalamus, and interaction with arousal control systems, based on norepinephrine and serotonin levels, have effects on the emotional response and the autonomic nervous system, inducing behavioral and organic responses<sup>7,46,50,51</sup>. Our results, evidencing effects of musical structure on emotions in the porcine species suggest a neurocognitive process, similar to humans.

Delving into these aspects from animal models may be relevant for understanding the neurocognitive bases of music processing as well as to justifying its application in non-human animal's environmental enrichment.

Our findings demonstrated that analysis of acoustic parameters, in an integrated approach, is appropriate for pigs, the same way that is appropriate for humans. Previously, research in humans demonstrates that certain acoustic features have been associated with specific emotional valences. For example, sadness with slow tempos, narrow frequency ranges, and decreases in tone; anger with the increase in the fundamental frequency and at a higher intensity (amplitude); and, fear with the increase in the fundamental frequency, HFC, and a faster articulation rate<sup>28</sup>. These descriptions have been validated in various human studies<sup>52,53</sup> and our results demonstrated that similar characterizations can be seen in non-human animals, like we did in pigs and following this line of research.

Our study highlights the importance of the psychoacoustic study of music, which to our knowledge until now has not been explored in non-human animals. Furthermore, knowledge of basic musical structural aspects and their interaction with different brain aspects (e.g. structure, chemistry, physiological pathways) can contribute greatly to the understanding of the mechanisms through which music can induce specific emotional responses, a useful knowledge when its enormous potential as a sensory environmental enrichment tool in different animal species.

### **Conclusion**

Emotions in pigs is modulated by structural characteristics of music. Our results indicate that modulations of pulse and instrumentation are the main acoustic parameters associated with emotional responses in pigs, at least for the ranges of acoustic parameters included in this study. All the data and analysis obtained serve as a substrate for the design and adjustment of sensory stimuli, with a predictable and validated emotional effect, which can be used within environmental enrichment protocols.

To the author's knowledge, the present study is the first psychoacoustic analysis in the framework of sensory acoustic environmental enrichment in animals.

### **ACKNOWLEDGMENTS**

This work was supported by Minciencias (Programa de Becas de Excelencia Doctoral del Bicentenario - proyecto formación de alto nivel Universidad de Antioquia Nacional BPIN 2019000100017), and also by Comité para el desarrollo de la investigación - CODI (grant # 2018-23050) at Universidad de Antioquia.

### **AUTHOR CONTRIBUTIONS STATEMENT**

J.Z. wrote the main manuscript text. E.D. and J.Z. conducted the statistical analyses. B.R. composed the musical pieces used in the study. J.Z., M.C., A.T., B.R. were involved in the writing and correction of the manuscript. All authors reviewed the manuscript.

### **DATA AND CODE AVAILABILITY STATEMENT**

The datasets generated during the current study and code implemented for its analysis are available at <https://github.com/Julianzapata/Nature-Scientific-Reports-Spectro-temporal-analysis>

### **ADDITIONAL INFORMATION**

The authors declare no conflicts of interest regarding the work presented here.

### **REFERENCES**

1. Peretz, I., Blood, A. J., Penhune, V. & Zatorre, R. Cortical deafness to dissonance. *Brain* **124**, 928–940 (2001).
2. Dalla Bella, S., Peretz, I., Rousseau, L. & Gosselin, N. A developmental study of the affective value of tempo and mode in music. *Cognition* **80**, B1–B10 (2001).
3. Sloboda, J. A. & O’neill, S. A. Emotions in everyday listening to music. *Music Emot. Theory Res.* **8**, 415–429 (2001).
4. Kim, S. G., Mueller, K., Lepsien, J., Mildner, T. & Fritz, T. H. Brain networks underlying aesthetic appreciation as modulated by interaction of the spectral and temporal organisations of music. *Sci. Rep.* **9**, 1–15 (2019).
5. Brattico, E. & Pearce, M. The neuroaesthetics of music. *Psychol. Aesthetics, Creat. Arts* **7**, 48 (2013).
6. Snowdon, C. T., Teie, D. & Savage, M. Cats prefer species-appropriate music. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **166**, 106–111 (2015).
7. Panksepp, J. & Bernatzky, G. Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behav. Processes* **60**, 133–155 (2002).
8. Schmidt, L. A. & Trainor, L. J. Frontal brain electrical activity ( EEG ) distinguishes valence and intensity of musical emotions valence and intensity of musical emotions. *Cogn. Emot.* **15**, 487–500 (2001).
9. Soria-Urios, G., Duque, P. & García-Moreno, J. . Música y cerebro : fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales Música y cerebro : fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales. *Rev neurol* **52**, 45–55 (2011).
10. Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P. & Evans, A. C. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nat. Neurosci.* **2**, 382–387 (1999).
11. Halpern, A. R. & Zatorre, R. J. When That Tune Runs Through Your Head: A PET Investigation of Auditory Imagery for Familiar Melodies. *Cereb. Cortex* **9**, 697–704 (1999).
12. Salimpoor, V. N. *et al.* Interactions Between the Nucleus Accumbens and Auditory Cortices Predict Music Reward Value. *Science (80-. )*. **340**, 216–219 (2013).
13. Panksepp, J. *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. (Oxford university press. ISO 690, 2004).
14. Hoeschele, M., Merchant, H. & Kikuchi, Y. Searching for the origins of musicality across species. *Philos Trans R Soc L. B Biol Sci* **370**, 20140094 (2015).
15. Zapata Cardona, J., Ceballos, M. C., Tarazona Morales, A. M., David Jaramillo, E. & Rodríguez, B. de J. Music modulates emotional responses in growing pigs. *Sci. Rep.* **12**, 3382 (2022).
16. Knox, D., Beveridge, S., Mitchell, L. A. & MacDonald, R. A. R. Acoustic analysis and mood classification of pain-relieving music. *J. Acoust. Soc. Am.* **130**, 1673–1682 (2011).
17. Mathews, R. M., Clair, A. A. & Kosloski, K. Keeping the beat: Use of rhythmic music during exercise activities for the elderly with dementia. *Am. J. Alzheimer’s Dis. Other Dementias®* **16**, 377–380 (2001).
18. Priest, D.-L., Karageorghis, C. I. & Sharp, N. C. C. The characteristics and effects of motivational music in exercise settings: the possible influence of gender, age, frequency of attendance, and time of attendance. (2004).
19. Barthet, M. Music Emotion Recognition : From Content- to Context-Based Models. 228–252 (2013).
20. Deng, J. J. & Leung, C. H. C. Music emotion retrieval based on acoustic features. *Lect. Notes Electr. Eng.* **155 LNEE**, 169–177 (2012).
21. Crespo-Bojorque, P. & Toro, J. M. The use of interval ratios in consonance perception by rats (*Rattus norvegicus*) and humans (*Homo sapiens*). *J. Comp. Psychol.* **129**, 42–51 (2015).
22. Li, X. *et al.* Behavioural responses of piglets to different types of music. *Animal* **13**, 2319–2326 (2019).
23. Sugimoto, T. *et al.* Preference for consonant music over dissonant music by an infant chimpanzee. *Primates* **51**, 7–12 (2010).
24. McDermott, J. & Hauser, M. D. Nonhuman primates prefer slow tempos but dislike music overall.

- Cognition* **104**, 654–668 (2007).
25. Peeters, G. A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project. *Cuid. Ist Proj. Rep.* 1–25 (2004).
  26. Couprie, P., Couprie, P., Bayle, F. & Bayle, D. E. S. O. N. V. D. E. F. Voyage dans “ Grandeur nature ”. *Son Vitesse-Lumière* 47–57 (2017).
  27. Scherer, K. R. Which Emotions Can be Induced by Music? What Are the Underlying Mechanisms? And How Can We Measure Them? *J. New Music Res.* (2004). doi:10.1080/0929821042000317822
  28. Scherer, K. R. Expression of emotion in voice and music. *J. Voice* (1995). doi:10.1016/S0892-1997(05)80231-0
  29. Juslin, P. N. & Västfjäll, D. Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behav. Brain Sci.* **31**, 559–575 (2008).
  30. Levitin, D. J. *The world in six songs: How the musical brain created human nature.* (Penguin, 2008).
  31. Gomez, P. & Danuser, B. Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. *Emotion* **7**, 377–387 (2007).
  32. Gabrielsson, A. & Lindström, E. The role of structure in the musical expression of emotions. *Handb. Music Emot. Theory, Res. Appl.* **367400**, (2010).
  33. Barry, B. R. *Musical Time: the sense of order.* (Pendragon Press, 1990).
  34. Pearce, M. T. & Wiggins, G. A. Auditory expectation: the information dynamics of music perception and cognition. *Top. Cogn. Sci.* **4**, 625–652 (2012).
  35. Wu, B., Horner, A. & Lee, C. Musical timbre and emotion: The identification of salient timbral features in sustained musical instrument tones equalized in attack time and spectral centroid. *Proc. - 40th Int. Comput. Music Conf. ICMC 2014 11th Sound Music Comput. Conf. SMC 2014 - Music Technol. Meets Philos. From Digit. Echos to Virtual Ethos* 928–934 (2014).
  36. Krimphoff, J., McAdams, S. & Winsberg, S. Caractérisation du timbre des sons complexes. *J. Phys. IV* **4**, 2–5 (1994).
  37. Mitrović, D., Zeppelzauer, M. & Breiteneder, C. Features for Content-Based Audio Retrieval. *Adv. Comput.* **78**, 71–150 (2010).
  38. Peretz, I. Music and emotion: perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition* **68**, 111–141 (1998).
  39. Bigand, E., Vieillard, S., Madurell, F., Marozeau, J. & Dacquet, A. Multidimensional scaling of emotional responses to music: The effect of musical expertise and of the duration of the excerpts. *Cogn. Emot.* **19**, 1113–1139 (2005).
  40. Yang, Y.-H., Lin, Y.-C., Su, Y.-F. & Chen, H. H. A regression approach to music emotion recognition. *IEEE Trans. Audio. Speech. Lang. Processing* **16**, 448–457 (2008).
  41. Handel, S. Listening as introduction to the perception of auditory events. *Ear Hear.* **11**, 243 (1990).
  42. Koelsch, S. Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends Cogn. Sci.* **14**, 131–137 (2010).
  43. Chiandetti, C. & Vallortigara, G. Chicks like consonant music. *Psychol. Sci.* **22**, 1270–1273 (2011).
  44. Weary, D. M., Braithwaite, L. A. & Fraser, D. Vocal response to pain in piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **56**, 161–172 (1998).
  45. Koelsch, S. *Brain and music.* (John Wiley & Sons, 2012).
  46. Koelsch, S. & Siebel, W. A. Towards a neural basis of music perception. *Trends Cogn. Sci.* **9**, 578–584 (2005).
  47. Liégeois-Chauvel, C., Peretz, I., Babai, M., Laguitton, V. & Chauvel, P. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain a J. Neurol.* **121**, 1853–1867 (1998).
  48. Samson, S. & Zatorre, R. J. Learning and retention of melodic and verbal information after unilateral temporal lobectomy. *Neuropsychologia* **30**, 815–826 (1992).
  49. Blood, A. J. & Zatorre, R. J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **98**, 11818–11823 (2001).
  50. Boissy, A. *et al.* Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiol. Behav.* **92**, 375–397 (2007).

51. Menon, V. & Levitin, D. J. The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage* **28**, 175–184 (2005).
52. Balkwill, L.-L. & Thompson, W. F. A Cross-Cultural Investigation of the Perception of Emotion in Music: Psychophysical and Cultural Cues. *Music Percept.* **17**, 43–64 (1999).
53. Bresin, R. & Friberg, A. Emotion rendering in music: Range and characteristic values of seven musical variables. *Cortex* **47**, 1068–1081 (2011).

### Referencias capítulo 3

- Abbate, A., Koay, J., Frankel, J., Schroeder, S. C., y Das, P. (1997). Signal detection and noise suppression using a wavelet transform signal processor: application to ultrasonic flaw detection. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 44(1), 14–26.
- Akiyama, K., y Sutoo, D. (2011). Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neuroscience Letters*, 487(1), 58–60. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.09.073>
- Blood, A. J., y Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818–11823. <https://doi.org/10.1073/pnas.191355898>
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., y Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2(4), 382–387. <https://doi.org/10.1038/7299>
- Bohn, K. M., Moss, C. F., y Wilkinson, G. S. (2006). Correlated evolution between hearing sensitivity and social calls in bats. *Biology Letters*, 2(4), 561–564.
- Bowman, A., Dowell, F. J., y Evans, N. P. (2017). The effect of different genres of music on the stress levels of kennelled dogs. *Physiology y Behavior*, 171, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.01.024>
- Bradbury, J. W., y Vehrencamp, S. L. (2011). Principles of animal communication, 2nd edn Sunderland. MA: Sinauer Associates.
- Bryant, G. A. (2013). Animal signals and emotion in music: Coordinating affect across groups. *Frontiers in Psychology*, 4(DEC), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00990>
- Coupré, P., Bayle, F. (2017). Voyage dans “ Grandeur nature .” *Son Vitesse-Lumière*, 47–57. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01332470>
- de Jonge, F. H., Boleij, H., Baars, A. M., Dudink, S., y Spruijt, B. M. (2008). Music during play-time: Using context conditioning as a tool to improve welfare in piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, 115(3–4), 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.04.009>
- Dent, M. L. (2017). Animal psychoacoustics. *Acoustical Society of America*, 13(3), 19–26. Retrieved from <https://acousticstoday.org/wp-content/uploads/2017/08/Dent.pdf>
- Díaz, J. L. (2010). Música, lenguaje y emoción: Una aproximación cerebral. *Salud Mental*, 33(6), 543–551.
- Dooling, R. (2004). Audition: can birds hear everything they sing? In *Nature's Music* (pp. 206–225). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012473070-0/50010-4>
- Dooling, R. J. (1986). Perception of vocal signals by budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Experimental Biology*, 45(3), 195–218.
- Ehret, G. (1975). Frequency and intensity difference limens and nonlinearities in the ear of the housemouse (*Mus musculus*). *Journal of Comparative Physiology*, 102(4), 321–336.
- Fay, R. R. (1988). Comparative psychoacoustics. *Hearing Research*, 34(3), 295–305. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(88\)90009-3](https://doi.org/10.1016/0378-5955(88)90009-3)
- Fay, R. R. (1994). Comparative auditory research. In *Comparative Hearing: Mammals* (pp. 1–17). Springer.
- Haack, B., Markl, H., y Ehret, G. (2009). Sound communication between parents and offspring.
- Heffner, H. E., Heffner, R. S., Contos, C., y Ott, T. (1994). Audiogram of the hooded Norway rat. *Hearing Research*, 73(2), 244–247. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(94\)90240-2](https://doi.org/10.1016/0378-5955(94)90240-2)

- Heffner, R. S., y Heffner, H. E. (1990). Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*). *Hearing Research*, 48(3), 231–240. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-5955\(90\)90063-U](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-5955(90)90063-U)
- Koelsch, S., y Siebel, W. A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 578–584. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.001>
- Kogan, L. R., Schoenfeld-Tacher, R., y Simon, A. A. (2012). Behavioral effects of auditory stimulation on kenneled dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 7(5), 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.11.002>
- Lartillot, O, y Toiviainen, P. (2007). A matlab toolbox for musical feature extraction from audio. *International Conference on Digital Audio*, 1–8. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-78246-9\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-540-78246-9_31)
- Lartillot, Olivier, Eerola, T., Toiviainen, P., y Fornari, J. (2008). Multi-feature modeling of pulse clarity: design, validation and optimization. *Paper Presented at the ISMIR Conference*.
- Li, X., Zhao, J. N., Zhao, P., Zhang, X., Bi, Y. J., Li, J. H., ... Bao, J. (2019). Behavioural responses of piglets to different types of music. *Animal*, 13(10), 2319–2326. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000260>
- Mathews, R. M., Clair, A. A., y Kosloski, K. (2001). Keeping the beat: Use of rhythmic music during exercise activities for the elderly with dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease y Other Dementias*®, 16(6), 377–380. <https://doi.org/10.1177/153331750101600608>
- Menon, V., y Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *NeuroImage*, 28(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.05.053>
- Minero, M., Tosi, M. V., Canali, E., y Wemelsfelder, F. (2009). Quantitative and qualitative assessment of the response of foals to the presence of an unfamiliar human. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(1), 74–81.
- Morton, A. J., Hickey, M. A., y Dean, L. C. (2001). Methamphetamine toxicity in mice is potentiated by exposure to loud music. *Neuroreport*, 12(15), 3277–3281.
- Napolitano, F., De Rosa, G., Braghieri, A., Grasso, F., Bordi, A., y Wemelsfelder, F. (2008). The qualitative assessment of responsiveness to environmental challenge in horses and ponies. *Applied Animal Behaviour Science*, 109(2–4), 342–354.
- Neff, W. D., y Hind, J. E. (1955). Auditory thresholds of the cat. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27(3), 480–483.
- Núñez, M. J., Mañá, P., Liñares, D., Riveiro, M. P., Balboa, J., Suárez-Quintanilla, J., ... Freire-Garabal, M. (2002). Music, immunity and cancer. *Life Sciences*, 71(9), 1047–1057.
- Panksepp, J., y Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioural Processes*, 60(2), 133–155. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(02\)00080-3](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(02)00080-3)
- Patterson-Kane, E. G., y Farnworth, M. J. (2006). Noise exposure, music, and animals in the laboratory: A commentary based on laboratory animal refinement and enrichment forum (LAREF) discussions. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 9(4), 327–332. [https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904\\_7](https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904_7)
- Peeters, G. (2004). A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project. *CUIDADO Ist Project Report*, (0), 1–25. Retrieved from <http://www.citeulike.org/group/1854/article/1562527>
- Priest, D. L., Karageorghis, C. I., y Sharp, N. C. C. (2004). The characteristics and effects of motivational music in exercise settings: the possible influence of gender, age, frequency of attendance, and time of attendance.

- Rauscher, F., Robinson, D., y Jens, J. (1998). Improved maze learning through early music exposure in rats. *Neurological Research*, 20(5), 427–432.
- Rousing, T., y Wemelsfelder, F. (2006). Qualitative assessment of social behaviour of dairy cows housed in loose housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 101(1–2), 40–53.
- Samson, S., y Zatorre, R. J. (1992). Learning and retention of melodic and verbal information after unilateral temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, 30(9), 815–826. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0028-3932\(92\)90085-Z](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0028-3932(92)90085-Z)
- Schäfer, T. (2016). Can personality traits predict musical preferences? A meta-analysis. *International Conference on Music Perception and Cognition 14 Biennial Meeting*, 8, 265–273.
- Schäfer, T., y Mehlhorn, C. (2017). Can personality traits predict musical style preferences? A meta-analysis. *Personality and Individual Differences*, 116(c), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.04.061>
- Scherer, K. R., y Zentner, M. R. (2001). Emotional effects of music: Production rules. *Music and Emotion: Theory and Research*, 361–392.
- Schmidt, L. A., y Trainor, L. J. (2001). Frontal brain electrical activity ( EEG ) distinguishes valence and intensity of musical emotions valence and intensity of musical emotions. *Cognition and Emotion*, 15(4), 487–500. <https://doi.org/10.1080/02699930126048>
- Segura Jerez, S. (2019). Aproximación Psicoacústica a La Percepción De Sonidos Complejos Psychoacoustic Approach To the Perception of Complex Sounds. *AV NOTAS Revista de Investigación Musical*, 0(8), 132–152. Retrieved from <http://publicaciones.csmjaen.es/index.php/pruebas/article/view/241>
- Shofner, W. P., y Niemiec, A. J. (2012). *Comparative psychoacoustics. Oxford Handbook of Auditory Science Hearing* (Vol. 9780199233). <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199233557.013.0007>
- Soria-Urios, G., Duque, P., y García-Moreno, J. . (2011). Música y cerebro : fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales Música y cerebro : fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales. *Rev Neurol*, 52(1), 45–55.
- Stockman, C. A., McGilchrist, P., Collins, T., Barnes, A. L., Miller, D., Wickham, S. L., ... Fleming, P. A. (2012). Qualitative Behavioural Assessment of Angus steers during pre-slaughter handling and relationship with temperament and physiological responses. *Applied Animal Behaviour Science*, 142(3), 125–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.10.016>
- Sutoo, D., y Akiyama, K. (2004). Music improves dopaminergic neurotransmission: Demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation. *Brain Research*, 1016(2), 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2004.05.018>
- Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., y Nater, U. M. (2013). The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070156>
- Uetake, K., Hurnik, J. F., y Johnson, L. (1997). Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science*, 53(3), 175–182. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01159-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01159-8)
- Walker, J., Dale, A., Waran, N., Clarke, N., Farnworth, M., y Wemelsfelder, F. (2010). The assessment of emotional expression in dogs using a free choice profiling methodology. *Animal Welfare*, 19(1), 75–84.
- Walker, T. J. (1964). Experimental demonstration of a cat locating orthopteran prey by the prey's calling song. *The Florida Entomologist*, 47(2), 163–165.

- Wemelsfelder, Françoise, Haskell, M., Mendl, M. T., Calvert, S., y Lawrence, A. B. (2000). Diversity of behaviour during novel object tests is reduced in pigs housed in substrate-impovertished conditions. *Animal Behaviour*, 60(3), 385–394.
- Wemelsfelder, Françoise, y Lawrence, A. B. (2001). Qualitative assessment of animal behaviour as an On-Farm Welfare-monitoring tool. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*, 51, 21–25. <https://doi.org/10.1080/090647001300004763>
- Wemelsfelder, Françoise, Nevison, I., y Lawrence, A. B. (2009). The effect of perceived environmental background on qualitative assessments of pig behaviour. *Animal Behaviour*, 78(2), 477–484. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.005>
- Zatorre, R. J. (1988). Pitch perception of complex tones and human temporal-lobe function. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(2), 566–572. <https://doi.org/10.1121/1.396834>

## **Capítulo 4. La música como una herramienta para disminuir el estrés en animales**

### **Introducción**

En los capítulos previos, se ha abordado de forma conceptual y experimental, el efecto de la música en la inducción de respuestas de carácter psicológico o emocional en los animales no humanos, que derivan probablemente del procesamiento neurocognitivo de este tipo de estímulos. Se ha documentado ampliamente que la emoción se integra con una serie de interacciones neurofisiológicas, y que estas repercuten en otras funciones orgánicas, pudiendo impactar positivamente sobre estados psicofisiológicos como el estrés. En este sentido, el presente capítulo se enfoca en el estudio de los efectos orgánicos de la música en cerdos, aportando a la comprensión de su impacto potencial en el manejo del estrés en la especie.

Como se ha mencionado antes en esta tesis, la consideración de la música como una función biológica es relativamente reciente (Freeman et al., 2000). Esto supone, que la aplicación de la música en animales no humanos, es un campo de investigación aún incipiente, con numerosos interrogantes sobre sus efectos y por tanto, un amplio campo de investigación por desarrollar. En humanos, se ha demostrado que la estimulación auditiva deriva en una amplia gama de eventos orgánicos regulatorios. Tanto así, que se ha utilizado terapéuticamente en diferentes culturas de todo el mundo (Croom, 2012; Huron, 2006). Esto a partir del reconocimiento de su capacidad para modular las emociones (Juslin y Laukka, 2004), influir en el estado de ánimo y promover un estado de relajación (Greasley y Lamont, 2011). También, parece claro que en el procesamiento y la respuesta a la música están involucradas de manera simultánea respuestas psicológicas, neurológicas y bioquímicas (Fancourt et al., 2014). Sin embargo, los mecanismos concretos por los cuales la música genera estos efectos aún no se han esclarecido completamente, y aún hace falta más información para una completa comprensión del fenómeno.

Entre los numerosos efectos potenciales de la música, es particularmente relevante la reducción del estrés (Avants et al., 1990; Elliott et al., 2011; Fried et al., 1993; Linnemann et al., 2015); La experiencia del estrés es un fenómeno multifacético que comprende componentes cognitivos y emocionales que se entrelazan estrechamente con los sistemas fisiológicos, induciendo cambios orgánicos que repercuten en el estado general del individuo (McEwen, 1998). El estrés altera con el funcionamiento del eje hipotalámico-pituitario-adrenal y el sistema nervioso

simpático, influyendo notoriamente en las concentraciones de hormonas (Thoma et al., 2013a). La música, de forma similar y a través una serie de mecanismos psicológicos, se ha asociado en humanos con efectos beneficiosos como la inducción de emociones positivas y la regulación neurofisiológica (Juslin y Västfjäll, 2008; Scherer y Coutinho, 2013), incluyendo respuestas asociadas a reflejos del tallo cerebral, interacción con las memorias asociativas (Juslin y Västfjäll, 2008); disminución de los niveles de cortisol (Khalfa et al., 2003; Linnemann et al., 2015), regulación en la secreción de IgA salival (McCraty et al., 1995); aumento de los niveles de serotonina y activación de áreas cerebrales involucradas en la recompensa (Evers y Suhr, 2000; Menon y Levitin, 2005). Además, permite una recuperación más rápida del sistema nervioso autónomo después de la exposición a un estímulo estresante (Chafin et al., 2004; Thoma et al., 2013b).

En animales no humanos, también se ha avanzado un poco en la exploración del efecto de la música en la regulación de respuestas orgánicas. Así por ejemplo, en primates no humanos, roedores, perros y caballos se ha reportado que el enriquecimiento auditivo mediante exposición a la música disminuye comportamientos anormales y algunas de las respuestas endocrinas asociadas al estrés (Alworth y Buerkle, 2013). Específicamente en roedores, también se reportan cambios en la regulación del sistema nervioso autónomo asociados a la estimulación musical (Akiyama y Sutoo, 2011; Morton y Griffiths, 1985; Sutoo y Akiyama, 2004). Sin embargo y pese a la relevancia de estos estudios, los datos disponibles aún son insuficientes para ser concluyentes con respecto a la utilidad de este tipo de estímulos, además estos trabajos suelen presentar importantes limitaciones metodológicas asociadas por ejemplo al tipo de música utilizada, el ajuste de los estímulos a las características auditivas particulares de la especie o la evaluación simultánea de parámetros desde el punto de vista psicofisiológico.

La importancia de un abordaje integrado y detallado del uso de la música en animales radica en que, la exposición a estímulos no controlados o validados desde el punto de vista terapéutico, pueden actuar por sí mismos como un factor de estrés. En ratones por ejemplo se ha evidenciado que la exposición crónica no controlada al ruido en laboratorios, puede afectar el bienestar de los animales (Patterson-Kane y Farnworth, 2006). En aves, se ha reportado que, tanto la música clásica como el ruido tuvieron un efecto negativo en los animales con respuestas comportamentales asociadas al miedo (Campo et al., 2005). En primates no humanos, el sonido de una radio fuerte (70 a 80 dB), se asoció con estrés, valorado mediante cortisol salival (Pines et al., 2004) y en

perros, se observaron aumentos de la glucosa en sangre con sonidos de 80 dB (Treptow, 1966). Lo anterior, justifica un estudio minucioso y sistemático de los efectos de la música en los animales en el ámbito del estrés. Y es que, como se sustentó en el capítulo 2 y 3 de esta tesis, la música puede diseñarse para animales no humanos, con el fin de inducir diferentes estados emocionales. Particularmente, los estados positivos pueden facilitar el bienestar psicológico (Huron, 2006; Laukka, 2006); sin embargo, un mal diseño o mala elección de la música puede generar respuestas no deseadas.

En cerdos particularmente, se sabe que el enriquecimiento mediante otras modalidades sensoriales como la olfativa, mitiga las respuestas al estrés y mejora el bienestar (Casal et al., 2017; De Groot et al., 2000; Nannoni et al., 2016; Nannoni et al., 2019). Hallazgos relevantes sobre el efecto de la música en las respuestas emocionales en la especie se presentaron en capítulos previos. Sin embargo, se sabe poco sobre su impacto en la fisiología. A este respecto, se continuará el presente capítulo con la exposición de un artículo de investigación que presenta los resultados de la evaluación del efecto de música diseñada específicamente para porcinos sobre sus respuestas emocionales, neuroendocrinas y hematológicas. Además, se presentarán las bases conceptuales que sustentan el uso potencial de la estimulación musical como herramienta terapéutica para el manejo del estrés en esta especie.

## **Marco conceptual**

A continuación, se presenta un contexto general de las bases neurofisiológicas asociadas a la respuesta de estrés crónico, los fundamentos que sustentan el efecto de la música sobre esta respuesta orgánica y las estrategias sugeridas para evaluarlo, todo lo anterior, se expone como sustento teórico para el desarrollo posterior del artículo, producto de investigación relacionado con este capítulo.

## **Efectos neurofisiológicos del estrés**

El efecto deletéreo del estrés sobre la fisiología y la salud, se ha expuesto de forma sucinta previamente. En concordancia con el foco del presente capítulo, esta relación será presentada con mayor profundidad en este apartado.

El estrés es una respuesta compleja e integrada, que involucra diversos órganos, sistemas y sus interacciones. Comprender las bases y componentes de este fenómeno es relevante, porque deben ser consideradas en la evaluación de cualquier estrategia que este enfocada en su manejo.

Como punto de partida, es adecuado plantear la definición general del concepto de estrés. En 1984, Lazarus planteó que: “La experiencia del estrés surge cuando un individuo percibe las demandas del medio ambiente, que agravan o exceden sus recursos y ponen en peligro su bienestar” (Lazarus y Folkman, 1984). Este abordaje es interesante porque sugiere, que la percepción (proceso cognitivo-emocional, y por tanto dependiente de interacciones complejas a nivel del sistema nervioso central), es un determinante en el estrés. De ahí que abordajes posteriores integraran estas nociones, por ejemplo Tsigos y Chrousos indicaron lo siguiente: los efectos del estrés fisiológico están regulados por procesos descendentes del sistema nervioso central (componentes cognitivos), así como por procesos subcorticales dentro del sistema límbico (componentes de procesamiento emocional) (Tsigos y Chrousos, 2002). En este sentido, la respuesta del estrés independientemente de la naturaleza del estresor tiene un origen en el cerebro e involucra de forma simultánea diversas áreas y estructuras que presentan interacciones muy complejas, pudiendo ser definido como un fenómeno psicofisiológico. Áreas y estructuras del sistema límbico como el hipocampo, la amígdala y el hipotálamo; del paralímpico como la corteza parahipocampal entre otras, se integran en la respuesta al estrés, con efectos particularmente relevantes sobre el sistema endocrino

mediante el eje hipotálamo-pituitario- adrenocortical (HPA), el sistema nervioso autónomo, incluido el eje Simpático - Adrenomedular (SAM) y el sistema inmune (Epel et al., 2004; Tsigos y Chrousos, 2002).

Más detalladamente, es importante mencionar que desde el punto de vista fisiológico existen dos mecanismos asociados al estrés denominados estrés agudo y crónico, que si bien, son mediados en gran parte por los mismos tejidos y señales químicas, tienen un impacto disímil en el individuo, por tanto, es importante resaltar sus diferencias. Por ejemplo, se ha evidenciado que algunas regiones del encéfalo como el hipocampo ventral/subículo ventral, núcleo amigdaloides central y el núcleo amigdaloides medial, que son necesarias para la respuesta de estrés agudo, no participan en la respuesta de estrés crónico (Aslan, 2017). En contraste, algunas de las regiones como la amígdala basolateral no son necesarias para la regulación del estrés agudo, pero son esenciales en la respuesta a estímulos crónicos (Jankord y Herman, 2009). Esto sugiere que el estrés crónico implica una reorganización funcional y anatómica de los circuitos centrales integradores de estrés y determina diferentes respuestas orgánicas con respecto a la regulación neuroquímica, la función endocrina, parámetros conductuales e incluso inmunológicos (Jankord y Herman, 2009).

El eje HPA es el principal efector de las respuestas al estrés en todos los animales vertebrados, actuando sobre múltiples órganos, incluido el cerebro, para mantener el equilibrio homeostático. La activación de este eje está presente tanto en el estrés agudo como en el crónico. La hormona efectora de este eje, el cortisol puede inducir cambios en casi todos los tejidos, ya que prácticamente todas las células del cuerpo expresan receptores. El efecto agudo del cortisol es netamente metabólico, con un efecto hiperglicémico y activador, permitiendo al cuerpo funcionar y responder de forma rápida a estímulos que ponen en riesgo la supervivencia, esto determina que el estrés agudo sea un tipo de respuesta orgánica con un valor biológico inherente. En contraste, el estrés crónico se relaciona con la desregulación del ritmo circadiano del cortisol (Tsigos y Chrousos, 2002) y su hipersecreción por tiempo prolongado, esto afecta gravemente los mecanismos regulatorios de esta hormona, con una reducción en la eficacia de retroalimentación negativa de glucocorticoides (Albeck et al., 1997; Herman et al., 1995a, 2016b). derivando en un cuadro multiorgánico que implica la hiperplasia de la corteza adrenal y/o la atrofia tímica (Saul et al., 2005; Sephton y Spiegel, 2003); aumento en la actividad central del eje HPA p. ej., aumento en la síntesis de CRH (hormona corticotropa) y vasopresina (Herman et al., 1995, 2016b). Todos

estos cambios inducidos por el cortisol alteran las dinámicas fisiológicas normales del organismo. La hipercortisolemia afecta el metabolismo intermedio, la homeostasis del calcio, el sistema inmunitario, otros sistemas endocrinos, la piel y el tejido conectivo, la glándula mamaria y los sistemas respiratorio y cardiovascular, el estado de ánimo, el apetito, el sueño, la memoria y la visión; desencadenado diferentes condiciones patológicas y cambios de comportamiento (Mizoguchi et al., 2003; Ulrich-Lai y Herman, 2009).

Por otro lado, el eje HPA, en coordinación con el sistema nervioso autónomo (SNA) y sus ramas simpática y parasimpática orquestan otra ruta de respuesta al estrés con importantes efectos fisiológicos sobre la función cardíaca y respiratoria. El hipotálamo activa la médula adrenal y la rama simpática del sistema nervioso autónomo, iniciándose la regulación del eje SAM, que en el estrés agudo y mediante la liberación de las catecolaminas lleva a un aumento del flujo sanguíneo a los músculos, de la presión arterial y de las frecuencias cardíaca y respiratoria, junto con una disminución de la actividad del aparato digestivo. En contraste, el estrés crónico genera un desbalance entre las ramas simpática y parasimpática del SNA. Así, los individuos con estrés crónico, muestran por ejemplo, una disminución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) (Boutcher y Stocker, 1996; Schubert et al., 2009). Este parámetro es el resultado de los balances relativos de la entrada autonómica al nódulo sinoauricular y es un indicador particularmente bueno para la evaluación no invasiva de la actividad del sistema nervioso autónomo en respuesta al estrés (Willner, 2017).

También, existe una enorme diferencia entre las respuestas fisiológicas mediadas por el sistema inmune en la respuesta al estrés agudo versus el estrés crónico. Numerosos estudios han demostrado que el estrés agudo induce una mejora significativa de la función inmune, pudiendo mejorar las respuestas inmunes innata y adaptativa, primarias y secundarias, destacando el papel de la secreción aguda de cortisol en la eliminación de agentes infecciosos y también en el control de respuestas inflamatorias exacerbadas, por lo que se sugiere un papel inmunoprotector en la secreción de la hormona durante el estrés agudo. Al respecto, se ha demostrado que se produce una disminución rápida, significativa y reversible en el número absoluto de células T, células B, células NK y monocitos en la sangre (Dhabhar y Mcewen, 1997; Dhabhar, 2009; Dhabhar, 2014). Esta disminución en el número de leucocitos en sangre representa una redistribución a órganos como la médula ósea, los ganglios linfáticos y la piel (Dhabhar, 2009). Se sugiere que tal redistribución

puede servir para mejorar la función inmune en algunos de los compartimientos a los que se han movilizadas las células durante el estrés agudo.

De forma contrastante, numerosos estudios en humanos y otros animales, han demostrado que el estrés crónico suprime diferentes parámetros inmunes, entre los que se incluyen: la función compleja mayor de histocompatibilidad (Lucini et al., 2005), la producción de anticuerpos, la proliferación de leucocitos, la actividad de células T y células NK y la actividad antibacteriana de macrófagos (Dhabhar, 2014).

Adicionalmente la aceleración de la inmunosenescencia es otro mecanismo importante a través del cual el estrés crónico suprime o desregula la función inmune. Se ha demostrado un acortamiento significativo de los telómeros en linfocitos y monocitos (Brown y Zwillig, 1994); además, una disminución en la actividad de la telomerasa de las células inmunitarias en el estrés crónico, lo que indica una disminución sobre su capacidad de reconstrucción de los telómeros acortados (Epel et al., 2004). Esta aceleración del envejecimiento de las células puede tener efectos nocivos significativos sobre la función inmune afectando la inmunoprotección.

Todo lo anterior sustenta la concepción de que el estrés crónico o prolongado tiene numerosos efectos adversos para la salud (McEwen, 1998). El conocimiento de estos mecanismos psicológicos y biológicos por los cuales los factores estresantes crónicos debilitan la salud o agravan la enfermedad, afectando el bienestar del individuo justifica el desarrollo de estrategias integradas para su control, particularmente en los sistemas de producción animal, donde esta condición es frecuente.

### **Música y estrés**

Como se ha mencionado, la experiencia del estrés es un fenómeno multifacético que comprende componentes cognitivos y emocionales que se entrelazan estrechamente con los sistemas fisiológicos. Como la música tiene la capacidad de inducir una multitud de procesos psicofisiológicos en el cerebro (Peretz y Zatorre, 2005), se podría suponer que la música también influye en los procesos cognitivos relacionados con el estrés y, como consecuencia, en las respuestas fisiológicas.

Escuchar música puede desencadenar actividad en las regiones cerebrales relacionadas con las emociones (Ellis y Thayer, 2010). En este sentido, numerosas investigaciones en humanos, reportan una disminución en los niveles percibidos de estrés psicológico, disminución de la ansiedad, mayores habilidades de afrontamiento o cambios físicos, como el estado de relajación después de escuchar música en el contexto de una situación estresante (Allen et al., 2001; Blood y Zatorre, 2001; Edwards et al., 2007; Ventura et al., 2012; Voss et al., 2004). También se documenta ampliamente los efectos de la música en el funcionamiento del eje HPA, es decir, en la liberación de cortisol inducida por estrés (Khalifa et al., 2003; Suda et al., 2008). Por ejemplo, antes y/o durante intervenciones médicas consideradas estresantes (Cervellin y Lippi, 2011; Mitchell et al., 2007) y en comparación con una condición de control sin música (Khalifa et al., 2003). También, numerosos estudios clínicos y de laboratorio han revelado que escuchar música puede disminuir la actividad simpática (Bartlett, 1996; Hodges, 2010; Ventura et al., 2012).

En animales específicamente, son pocos los estudios que han evaluado los efectos de la música como herramienta para el manejo del estrés. En ratas, se ha sugerido un efecto sobre las funciones cardiovasculares (Akiyama y Sutoo, 2011; Lemmer, 2008), encontrando una relación entre diferentes tipos de música (en aspectos como tempo, ritmo, tono, tonalidad), sobre la presión arterial y estableciendo una relación entre el aumento de la síntesis de dopamina en el cerebro, y la consecuente reducción de la presión arterial a través de los receptores D2 (Akiyama y Sutoo, 2011). También en roedores, se ha documentado que la exposición a la música atenúa los comportamientos similares a la ansiedad y la depresión (Papadakakis et al., 2019); y un efecto benéfico sobre enfermedades inmunitarias asociadas al estrés como el asma (Lu et al., 2010). En primates, se ha evidenciado una disminución en comportamientos anormales y estereotipados, y una disminución en los niveles de cortisol sérico. En aves, particularmente en gallinas ponedoras, se han encontrado diferencias en la proporción de heterófilos:linfocitos, este parámetro es un indicador consistente de estrés en los pollos (Gross y Siegel, 1983); y la proporción de heterófilos:linfocitos fue menor en pollitas criadas con música (Davila et al., 2011), sugiriendo un efecto del enriquecimiento musical en los niveles de estrés en la especie. En perros, se encontraron tres estudios que examinaron el efecto de la música en la VFC, reportando cambios significativos tras la exposición a la música (Bowman et al., 2017; Bowman et al., 2015; Köster et al., 2019). En cerdos, solo un estudio reporta la evaluación de medidas fisiológicas en condiciones de estimulación musical, encontrando una reducción en la respuesta al estrés, y mejor respuesta

inmunitaria cuando los animales fueron expuestos por un largo periodo de tiempo (60 días), con aumento de inmunoglobulina G (IgG), interleucina-2 (IL -2), interferón-gamma (IFN- $\gamma$ ) y niveles disminuidos de interleucina-4 (IL-4) (Li et al., 2021).

Si bien, los reportes citados son significativos, parecen insuficientes para generar conclusiones con respecto a la utilidad de la música en el manejo del estrés en animales no humanos, sobre todo porque en la mayoría de los abordajes mencionados existen una serie de limitaciones metodológicas. La principal consideración al respecto, es que varios de estos estudios se han realizado en un contexto clínico, pudiendo incurrir en una falencia importante, como es la falta de un eje HPA válido (es decir, una condición de estrés crónico). Lo que es crítico desde la perspectiva de la investigación del estrés biopsicológico (Knight y Rickard, 2001; Suda et al., 2008; Yamamoto et al., 2007). Aunque las respuestas al estrés agudo ocurren de manera bastante uniforme entre los individuos (lo que lo convierte en un buen paradigma para la investigación del estrés agudo), la respuesta del estrés crónico pueden ser modulada por experiencias individuales previas (Heim et al., 2001; Thoma et al., 2012). Además, dado que el estrés es un fenómeno multifacético, la valoración aislada de un parámetro fisiológico, sin tener en contexto aspectos emocionales o comportamentales tampoco parece ser un abordaje adecuado (Lam et al. 2009). El estrés, así como las reacciones comportamentales asociadas difieren en función de cómo se regulan las emociones en general, los rasgos de la regulación de las emociones siempre deben controlarse, especialmente en las investigaciones que examinan el efecto de la música sobre el estrés (Thoma et al., 2012). Finalmente, la gran mayoría de estos trabajos previos han examinado los efectos, a partir de música diseñada para humanos, y puede cuestionarse la capacidad de estos estímulos para interactuar con aspectos cognitivos o emocionales de la especie, cuando no se presentan bajo un sistema a semántico que los animales puedan codificar dentro de las propias características neurocognitivas. De ahí que, los ajustes específicos a la especie que se han mencionado previamente en este y otros capítulos sean críticos para construir música que pueda ser evaluada objetivamente en animales no humanos. En consecuencia, a partir de lo encontrado en la literatura no sería posible deducir una eficacia particular de la música sobre el estrés en animales no humanos.

En resumen, existen indicios para sugerir que la música tiene la capacidad inherente de disminuir la respuesta psicobiológica al estrés en animales no humanos. Sin embargo, debido al hecho de que la literatura existente no es completa, las conclusiones definitivas sobre el efecto

beneficioso pueden ser demasiado prematuras. A la luz de estas consideraciones, en el presente trabajo de investigación se examina el efecto de música, ajustada a la especie porcina, mediante análisis psicoacústico y aplicada en condiciones reales de producción, que suponen un factor de estrés crónico para los animales. Esta evaluación incluye los dominios neuroendocrino y emocional. Hasta donde sabemos, este abordaje en concreto no se ha llevado a cabo para la evaluación de la música en la especie. Para explicar un poco más detalladamente dicho abordaje en el siguiente apartado se presenta una revisión de los métodos generales para la evaluación de estrés y los antecedentes de su aplicación en animales.

### **La evaluación del estrés y la aplicación de estos métodos en cerdos**

El objetivo de este apartado es abordar brevemente los métodos para la evaluación del estrés que se aplican comúnmente en los animales de producción, con el fin de contextualizar al lector sobre los enfoques tradicionales para la evaluación de esta condición y justificar los seleccionados en el presente trabajo de investigación. Como se ha mencionado, el estrés en la producción porcina intensiva es un problema común, reconocido y si bien muchas de las prácticas se asocian a estrés agudo, la persistencia de condiciones ambientales restrictivas, la falta de novedad o la limitación para manifestar comportamientos naturales en la especie acarrear problemas de estrés crónico. Estos problemas se han asociado con la regulación y secreción de hormonas pituitarias, lo que conduce a alteraciones del metabolismo, la competencia inmune y el comportamiento con un efecto sobre la salud y el bienestar puede ser muy significativo (Blokhuis et al., 2003).

En humanos las principales herramientas que se han utilizado para evaluar el estrés, son las medidas fisiológicas y los reportes de percepción de los individuos sobre el estado emocional en respuesta a un estímulo (Labbé et al., 2007). Las medidas fisiológicas son numerosas e incluyen funciones inmunitarias, frecuencia cardíaca, monitorización de la activación del sistema nervioso simpático e indicadores hormonales (Bergamasco et al., 2010). La percepción emocional, se basa principalmente en la teoría emocional básica o discreta (Ekman, 1992; Izard, 2007) que se centra generalmente en las emociones básicas, como la ira, el miedo, la alegría, la tristeza y la felicidad. Estas emociones juegan un papel importante en la adaptación a eventos que tienen un impacto potencialmente importante en la integridad física y psicológica del individuo (Cheng et al., 2019).

De manera un poco cercana, en cerdos, las principales herramientas utilizadas para cuantificar el estrés en los cerdos incluyen: observación conductual directa (Smulders et al., 2006) y cuantificación de las respuestas adaptativas al estrés mediante biomarcadores (Cook et al., 1996; Escribano et al., 2013; Muneta et al., 2010). También, se han estudiado patrones de reducción de la VFC en animales de granja en reacción a factores estresantes, trastornos del comportamiento y en el contexto de la evaluación cognitiva (de Jong et al., 2000; von Borell et al., 2007).

Con respecto al uso de biomarcadores en la especie, se han desarrollado varios de ellos para la evaluación en muestras de saliva, lo que facilita su aplicación. El cortisol salival, es uno de los más usados y se considera un indicador sensible de los niveles séricos del metabolito (Cook et al., 1996; Merlot et al., 2011). También se ha explorado el uso de la testosterona, esta hormona dependiente del eje hipotálamo pituitario gonadal (HPG), como indicador de la actividad hipotalámica (Rivier y Rivest, 1991; Escribano et al., 2014). La cromogranina A (CgA) se libera conjuntamente con las catecolaminas de la médula suprarrenal (Tony, 2003; Escribano et al., 2013), se ha cuantificado en la saliva como alternativa a las catecolaminas, para evaluar la actividad del eje SAM) (Schwab et al., 1992; Kennedy et al., 2001). La inmunoglobulina A (IgA) salival puede aumentar tanto por influencia del sistema nervioso parasimpático como por el simpático (Carpenter et al., 2000; Allgrove et al., 2008), y se considera un buen indicador del estrés agudo (Muneta et al., 2010), sin embargo, la IgA secretora específica de antígeno se puede utilizar para evaluar el estado inmunológico (Escribano et al., 2012b). Pese a esta disponibilidad de biomarcadores, existen algunas limitaciones metodológicas evidentes en su aplicación en los estudios animales. Varios de los reportes, informan la valoración del estrés a partir de la medición del metabolito en una única muestra o a una hora del día (p.ej.: Carreras et al., 2016; Li et al., 2021). Sin embargo, para este biomarcador deben considerarse las variaciones diurnas asociadas al ritmo circadiano (De Jong, 2000; Garris, 1979), y se sugiere que en condiciones de estrés crónico, los resultados deben ser interpretados a partir de las diferencias en la fluctuaciones obtenidas de la medición continua del metabolito durante el día (Barnett et al., 1987; Becker et al., 1985; Janssens et al., 1995).

Sobre la valoración de otros parámetros fisiológicos, se resalta la VFC. Este es un parámetro utilizado para la evaluación del estrés sobre el sistema nervioso autónomo y la función cardíaca. Los estudios aplicados en la especie porcina, han analizado los efectos del estrés social (Geverink et al., 2002; De Jong et al., 2000) y el estrés por restricción (Geverink et al., 2002) en los patrones

de respuesta. Sin embargo, estas son investigaciones básicas que requieren la colocación de electrodos en cada animal para el monitoreo, metodología que presenta limitaciones para su realización en condiciones de alojamiento grupal (von Borell et al., 2007). Por lo que su utilidad práctica se encuentra aún limitada.

Finalmente, y retomando la aplicación de la evaluación conductual para la evaluación de estrés, es necesario resaltar que, si bien es una aproximación adecuada, el estrés se ha definido como un fenómeno psicofisiológico y la evaluación de las respuestas emocionales es entonces una herramienta pertinente para su evaluación. Para esto, se sugiere la aplicación del QBA, método descrito previamente en los capítulos 2 y 3. Algunos trabajos previos sobre estrés en la especie, consideraron también este abordaje (Carreras et al., 2016; Carroll et al., 2018).

A partir del marco conceptual presentado, en el trabajo de investigación asociado a este capítulo, que se presenta como artículo, nos propusimos valorar el efecto de estímulos musicales ajustados a la especie, sobre las respuestas emocionales, fisiológicas y biomarcadores de la reducción del estrés, como una aproximación multidimensional que aporte a la comprensión de la música como alternativa para mejorar la salud y el bienestar.

## Resultados

Como tercer resultado del desarrollo de esta tesis, y respondiendo al desarrollo del objetivo específico 3: “Evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con música, en el balance del sistema nervioso autónomo, la función neuroendocrina y el estrés crónico en cerdos en producción”. Se presenta un artículo, que está en proceso de ser sometido para publicación.

## Artículo 3

### Effects of veterinary functional music on psychophysiological responses in growing pigs

Juliana Zapata Cardona<sup>1\*</sup>; Maria Camila Ceballos<sup>2</sup>; Ariel Marcel Tarazona Morales<sup>3</sup>; Edimer David Jaramillo<sup>4</sup>; Berardo de Jesús Rodríguez<sup>5</sup>.

<sup>1\*</sup>Grupo de Investigación Patobiología QUIRON, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia. Tel: 57(4)2199124. Email: [juliana.zapata9@udea.edu.co](mailto:juliana.zapata9@udea.edu.co)

<sup>2</sup>Faculty of Veterinary Medicine, University of Calgary, Clinical Skills Building, 11877-85th Street NW, Calgary, AB T3R 1J3, Canada. Email: [mariacamila.ceballos@ucalgary.ca](mailto:mariacamila.ceballos@ucalgary.ca)

<sup>3</sup>Grupo de investigación BIOGEM. Departamento de producción animal, Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Cra. 65 No. 59A - 110, Medellín, Colombia. Email: [amtarazonam@unal.edu.co](mailto:amtarazonam@unal.edu.co)

<sup>4</sup>Grupo de Investigación Nutri-Solla, SOLLA S.A. Carrera 42 # 33 – 80. Itagüí, Colombia. Email: [edavidja@unal.edu.co](mailto:edavidja@unal.edu.co)

<sup>5</sup>Grupo de Investigación Patobiología QUIRON, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia. Tel: 57(4)2199124. Email: [berardo.rodriguez@udea.edu.co](mailto:berardo.rodriguez@udea.edu.co)

## Abstract

The conditions inherent to the intensification of pig farming have favored the appearance of chronic stress, which has a deleterious effect on the neuroendocrine and immune systems that can lead to health problems, poor welfare and decreased production performance. Consequently, the development of tools for its prevention or management has become an important field of research in animal sciences. Music is a widely used therapeutic strategy for treating stress in humans and may have similar utility in nonhuman animals. Within this framework, this study evaluated the effect of music on psychophysiological responses in pigs, as a multidimensional assessment of the effect of music on chronic stress in the species. For the study, two experimental groups of pigs were selected, each consisting of 20 animals, one of them enriched, which was exposed to a program of music adjusted to the species, and a barren group, without musical stimulation. Qualitative behavioral assessment (QBA) and skin lesions indicative of agonistic behavior were used for psychological evaluation. For physiological assessment, blood cell count and diurnal measurements of cortisol and salivary alpha-amylase were included. A positive effect of music on psychophysiological responses was evidenced indicate that it can be useful in enriching the

environment, as a therapeutic tool reducing stress, contributing to the welfare and health in pigs under production conditions.

**Keywords:** chronic stress, biomusicology; environmental enrichment; swine; species-specific music

## Introduction

Chronic stress has a significant impact on physiological, neuroendocrine and immunological responses in many animal species, with a negative effect on health and welfare<sup>1-4</sup>. In intensive production systems, animals are exposed, from birth to slaughter, to numerous stressors, of physiological, environmental and social nature, and their consequences on behavior, Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) axis reactivity, immune response and mood have been widely described<sup>5-8</sup>. As a result, there are considerable research efforts in the development of tools that enable the prevention or management of chronic stress.

In humans, music beneficially affects physiological<sup>9</sup>, as well as cognitive and emotional processes<sup>10</sup>. In animals, music has similar effects, influencing heart and respiratory rate regulation, blood pressure<sup>11</sup>, hormone secretion<sup>12</sup>; as well as emotions<sup>13</sup> and behavior<sup>14-16</sup>. Because of the above, music is proposed as a cost-effective and non-invasive intervention strategy for stress management<sup>17</sup> and welfare improvement.

Several studies have shown that some animals can perceive the basic components of music, such as tempo, rhythm, and pitch and harmony<sup>11,13,18,19</sup>. But important differences between species in the perception of different acoustic parameters, such as in auditory range and sensitivity to sound frequencies, have been indicated<sup>20</sup>. Therefore, the importance of evaluating the type of music used in enrichment programs and the need for species-specific settings have been raised as a determinant in the potential effects of music on animals<sup>13,21-23</sup>. For this reason, the use of original music, designed on the basis of previous work (results not yet published), and incorporates a new concept coined by us, "veterinary functional music." We define it as that specially composed or used for a particular purpose, that has undergone validation to ensure a particular effect on non-human animals, and that incorporates acoustic and musical adjustments appropriate to any particular species considering their perceptual characteristics. For our particular interest, the function of the designed music is to decrease stress by positively impacting the health and well-being of the animals. This music mitigates difficulties previously exposed by other researchers regarding the type of music used in studies of non-human animals.

Within the framework of the above and with the consideration that the experience of stress is a multifaceted phenomenon comprising cognitive and emotional components closely related to physiological systems, this work assesses the effect of music adjusted to the swine species in stress regulation from a psychophysiological perspective. Thus, this analysis includes the evaluation of emotional responses and behavioral indicators such as skin lesions, as well as hormone secretion and other physiological parameters. The effect of music on the induction of affective responses in swine<sup>13</sup> is a relevant topic in the field of the influence of stress on animal welfare<sup>24</sup>. Skin lesions as an indicator of agonistic behaviors reflect a higher rate of social confrontations, derived from welfare deficiencies. The relationship between the hormonal axes (HPA - SAM) can be considered an indicator of the neuroendocrine balance, which can be altered under stress conditions, changes that are reflected at the functional level, evaluated by physiological parameters such as blood parameters has, considered a sensitive indicator of stress-

related changes with changes in cellular compartments. The results of these evaluations are presented below.

## **Materials and methods**

### *Ethical considerations*

All experimental procedures performed with the animals were conducted using the ARRIVE guidelines (<https://arriveguidelines.org>) and endorsed by the Ethics Committee on Animal Experimentation of the University of Antioquia (CEEA) Act N°16, April 10, 2018.

### *Study location*

The study was conducted at the experimental swine farm of the University of Antioquia; located in the municipality of San Pedro de los Milagros (6° 26 '59.606 n 75° 32'37.088 W BH-Mb), Antioquia - Colombia). At an altitude of 2350 meters, temperatures between 7 and 22°C and relative humidity of 70%

### *Litters*

Two groups of pigs with 20 animals each were selected for the investigation. A group, called enriched, received musical stimulation and the second group named barren was not stimulated. The animals were commercial crossbred (C29 x PIC 410), and were weaned at 27 days (range 25 to 28 days). A balanced distribution in sex and weight between the groups was verified.

### *Facilities*

Analyses were carried out between 4 and 14 wk old of the productive cycle. At the beginning (Nursery phase) the animals were housed in pens of 2.5 x 3 m, with slatted floors and metal bar walls, with a density of 10 animals per pen. In week 12 (growing phase), the animals were regrouped, forming 2 groups of 20 each and, leading to the raising and fattening area, with pens of 3.20 x 4.40 m, with a cement floor. All the facilities were equipped with nipple drinkers and feeders. Water and feed were available ad libitum, lighting was maintained between 6 a.m. and 6 p.m., with temperatures averaged 20°C.

### *Musical pieces*

Thirty-nine original instrumental pieces were used in this research. For their composition, the results of a previous psychoacoustic study (results not yet published) were taken into account, in which adequate ranges of acoustic and musical parameters were defined (for example: high frequency content, level of pulsation and acoustic dissonance, harmony, among others) for inducing positive emotional responses in the swine species. Ableton live 10 suite and Sibelius ultimate® (AVID 2022) were used for the composition.

### *Experimental design*

The experiment was performed over a period of 10 weeks (between 4 and 14 wk of pigs' life). For the application of the music in the enriched group, a program was designed, for which the musical pieces were distributed in 5 arrangements. Each arrangement included between 5 and 6 pieces that had a duration of 5 min, separated from each other by rest periods (silence) of 3 min. The design and distribution of the arrangements was intentional, as an enrichment program, considering modifications in the amount of musical information that was presented to avoid habituation. The previously defined music arrangements were assigned weekly and each had a non-consecutive repetition in the study. The maximum duration of stimulation was 45 min and was always

performed twice a day, between 9:00 and 10:00 am and between 15:00 and 16:00 pm. For playback, QSC speakers (AD-S10T-WH) were used, fixed on the wall and controlled by a YAMAHA 240 W amplifier-mixer (LIN-Z240TR MKII). The decibel level was monitored to avoid exceeding 80 db.

## **Psychological evaluation**

### *Evaluation of emotional responses*

Both experimental groups of animals, the enriched and the barren, were recorded during the 10 weeks of the experiment. The records obtained between 9:00 and 10:00 am and 15:00 and 16:00 pm were selected to perform the Quality behavior Assessment (QBA) as described in previous studies<sup>13</sup>. scores were obtained for 17 QBA terms (active, relaxed, agitated, calm, content, indifferent, friendly, bored, playful, positively occupied, lively, inquisitive, irritable, uneasy, sociable, happy,), terms fearful, apathetic, frustrated and distressed were not scored during the observations, so they were excluded from further analysis. For the evaluation, the videos were processed, coded and the observation was performed by a single trained person, the analysis was blind, randomized and without sound, each session had an interval of 4 days. Before the analyses, an intraobserver reliability assessment was performed out with Pearson's correlation coefficient, using a subsample of 20 video clips obtaining values between high ( $r \geq 0.90$ ) and moderate ( $0.50 \geq r < 0.80$ ). The data obtained were collected in a matrix for statistical evaluation.

### *Evaluation of skin lesions*

Direct observation by two trained observers was applied for this evaluation. The observed lesions were recorded in lateral, dorsal, caudal and frontal profile images. The anatomical areas considered were ears, forehead (head to back of shoulder), middle (back of shoulder to hindquarters), hindquarters, legs (from the accessory digit upwards), tail, muzzle and genitalia. Evaluation was weekly in both experimental groups during the 10 weeks of the experiment. kappa coefficient was used to assess the concordance of the observations, obtaining high values ( $\geq 0.90$ ).

## **Physiological evaluation**

### *Stress markers*

Two biomarkers were evaluated, cortisol as an index of HPA axis activation<sup>25</sup> and salivary alpha-amylase (SAA) as a biochemical index of autonomic nervous system (ANS) activity, therefore the medullary adrenal system (SAM)<sup>26,27</sup>. Cortisol shows fluctuations associated with circadian rhythm and its diurnal variation was taken into account in this study. The evaluation of the AAs hormone was also included in the study, but unlike cortisol, this biomarker does not present diurnal variations associated with circadian rhythm. Its isolated use is mainly related to acute stress and SAM activation, but its comparison with cortisol provides information on the balance in neuroendocrine function.

The assessment of both biomarkers was performed from saliva samples collected at 15, 16, and 17 weeks of the pigs' life in both experimental groups (once the enrichment with music was completed). Measurements were performed from week 15 onwards, because in general, for mammals at early ages, the hypothalamic-pituitary axis is less sensitive to stress-induced modulations<sup>28-30</sup> and therefore age is a factor to be taken into account in its evaluation.

Sampling was performed on the last day of the selected weeks, taking one sample every hour between 8:00 am and 17:00 pm (for 10 samples per day, each with duplicates). Saliva was collected without restraining the pigs, by letting them chew on a large cotton swab held with a forceps, until

it was completely wet (30 s per sample approx). The samples were immediately stored in a nitrogen-charged thermos flask at a temperature of  $-40^{\circ}\text{C}$  until analysis. The concentration of cortisol in saliva was determined using an ELISA method, the Saliva Cortisol Enzyme Immunoassay Kit (Salimetrics, USA). Cortisol in saliva is in the free biologically active form and therefore, this fluid is a good indicator of cortisol levels in blood plasma. Salivary AAs was measured using a Kinetic Enzyme Assay Kit (Salimetrics, USA).

For the comparative analysis of the data obtained from both biomarkers, we initially calculated the indices: area under the curve (AUC), for cortisol (AUCc) and amylase (AUCa), these indices have been previously evaluated in numerous studies<sup>31,32</sup>, as sensitive indicators with respect to basal levels and reactivity for each hormone. AOC, an index obtained by dividing AUCa by AUCc, which establishes the ratio of amylase over cortisol, was also included. The aforementioned indices have been widely implemented in research and medical practice as reliable indicators to assess the balance of neuroendocrine function, involving the HPA - SAM axes<sup>33-35</sup>. The literature provides abundant evidence of dysfunction in the relationship between these two axes in individuals with chronic stress; however, and despite the relevance of the indices, their use in animals has not been explored and there are no studies in swine species that allow comparisons.

#### *Hemoleukograms*

In both experimental groups, blood samples were collected at 28 days of age (before starting the stimulation with music) and again at 170 days of age just before transport to the processing plant. Samples were obtained using a puncture in the jugular vein between 08:00 and 10:00 am, collected in EDTA tubes, refrigerated and sent immediately to the laboratory for basic hematological analysis. From the data obtained, the proportions of the different blood populations and the neutrophil:lymphocyte ratio (N:L), considered an indicator of the balance of circulating immune system cells and a potential indicator of stress, were evaluated

#### *Statistical analysis*

Statistical analyses were performed using the R statistical package version 1.1.463. Initially, an exploratory analysis of the data was performed, including distributions, principal component analysis (PCA), correlation analysis and cluster analysis. Statistical significance of differences between groups was analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA) or Student's t-test followed by Tukey's and Wilcoxon's post hoc comparison tests, respectively. Normality and homoscedasticity of the data were checked before any statistical analysis by Shapiro-Wilk test. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

## **Results**

### **Psychological evaluation**

#### *Evaluation of emotional responses*

The comparative descriptive analysis of the QBA terms shows higher means for emotional states such as active, lively, positively occupied, friendly, content, happy, playful and sociable in the enriched group with respect to the group without music. The standard deviations and coefficients of variation recorded for several of the terms were higher in the enriched group, indicating a greater range of presentation of such emotional responses during enrichment.

**Table 1.** Descriptive analysis for adjectives based on emotional states used for the QBA [mean, standard deviations (SD), maximum (max), minimum (min) and coefficient of variation (CV)].

Emotional state	Enriched				Barren			
	Mean $\pm$ SD	Min	Max	CV	Mean $\pm$ SD	Min	Max	CV
Active	3.63 $\pm$ 2.35	0.0	11.0	64.7	2.81 $\pm$ 1.79	0.4	7	63.7
Relaxed	3.68 $\pm$ 1.65	0.3	8.4	44.8	4 $\pm$ 1.98	0	7.2	49.5
Agitated	0.78 $\pm$ 1.87	0.0	9.5	239.7	0	0	0	0
Calm	3.39 $\pm$ 1.57	0.0	7.0	46.3	4.1 $\pm$ 1.21	1.2	6	29.51
Content	1.84 $\pm$ 1.13	0.3	6	61.41	0.94 $\pm$ 0.62	0	3.4	65.96
Indifferent	0.52 $\pm$ 0.6	0.0	1.8	115.4	1.81 $\pm$ 1.16	0	5	64.09
Friendly	1.82 $\pm$ 0.95	1	5	52.2	0.98 $\pm$ 1.01	0	3.4	103.06
Playful	1.79 $\pm$ 1.12	0.8	6.6	62.57	0.71 $\pm$ 0.65	0	2	91.55
Positively occupied	3.02 $\pm$ 1.69	0.5	7.0	55.96	1.84 $\pm$ 1.11	0.6	4.6	60.33
Lively	3.17 $\pm$ 2.35	0.3	8.2	50.79	2.33 $\pm$ 1.71	0	5	73.39
Inquisitive	0.3 $\pm$ 0.97	0.0	6.3	323.3	0.22 $\pm$ 0.6	0	2.5	272.73
Irritable	0.73 $\pm$ 1.44	0.0	6.0	197.3	0.12 $\pm$ 0.37	0	1.4	308.33
Uneasy	0.02 $\pm$ 0.13	0.0	1.0	650.0	0.15 $\pm$ 0.36	0	2	240
Sociable	1.82 $\pm$ 1.16	0.2	6.2	63.74	1.15 $\pm$ 0.76	0	3	66.09
Happy	1.71 $\pm$ 0.98	0	5.3	57.31	0.64 $\pm$ 0.49	0	2	76.56

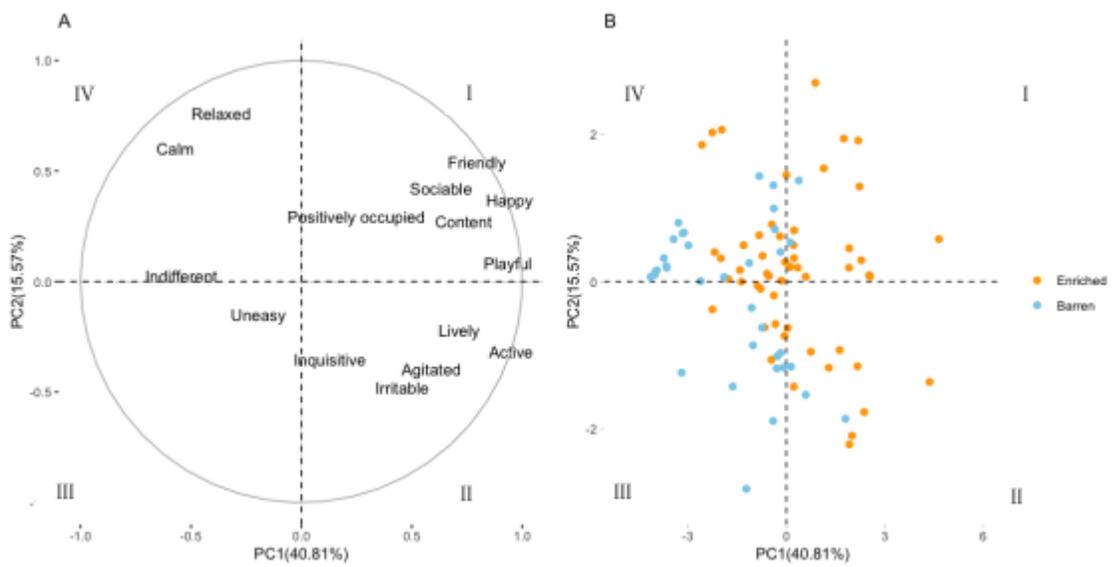
PCA generated 2 components with eigenvalues greater than 1.5, explaining 59.36% of the total variance of the dataset (Table 2). QBA terms with loading  $>0.6$  were considered a major contributor to each PC. The first component (PC1) included active agitated, content, content, playful, friendly, positively occupied, lively, sociable, happy terms with positive loadings and was termed a high positive arousal index. The second component (PC2) included the terms relaxed and calm, with positive loadings, and irritable with negative loadings.

**Table 2.** Principal component analysis of QBA. Terms with loadings greater than 0.6 are bolded and were used to define the indexes identified in the analysis.

Emotional state	PC1 - Positive high arousal index	PC2 - Positive low arousal index
Active	<b>0.82</b>	-0.33
Relaxed	-0.42	<b>0.7</b>
Agitated	<b>0.65</b>	-0.34
Calm	-0.51	<b>0.66</b>
Content	<b>0.83</b>	0.21
Indifferent	-0.6	-0.03
Friendly	<b>0.74</b>	0.48
Playful	<b>0.88</b>	0.14
Positively occupied	<b>0.58</b>	0.24
Lively	<b>0.77</b>	-0.16
Inquisitive	0.07	-0.3
Irritable	0.4	<b>-0.53</b>
Uneasy	-0.14	-0.21
Sociable	<b>0.69</b>	0.48
Happy	<b>0.81</b>	0.4
Eigenvalues	6.12	2.34

Cumulative percentage of variance	40.81	56.39
-----------------------------------	-------	-------

Figure 1 A-B summarizes the results of the PCA and shows the relationship between the states contributing to each component and the spatial location of the responses of the animals in both experimental groups. In the enriched group, the positive emotional responses presented a wide distribution, being mainly associated with PC1 (quadrants II and III) and therefore to emotional states that constitute the high positive arousal index. In contrast, the barren group responses were densely clustered, with little variability, being predominantly associated with PC2 (quadrants III and IV) (see Fig. 1B) the location of these observations indicated that the emotional responses for this group were associated with the low positive arousal index. Positive high arousal index differed ( $P < 0.001$ ) between groups, with higher values for el enriched. There were no differences in positive low arousal index ( $P > 0.05$ ) (Table 3).



**Figure 1.** Plots of loadings for the terms of the QBA A. Terms plotted on the first principal components PC1 (positive high arousal index) and PC2 (positive low arousal index). B. Coordinates of litter emotional states to each piece of music.

Index	Enriched		Barren		Difference between periods <i>p</i> -value
	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	Mean $\pm$ SEM	ICC (Lower limit - Upper limit)	
Positive high arousal	-0.93 <sup>a</sup> $\pm$ 0.50	[-0.23, -2.09]	-1.62 <sup>b</sup> $\pm$ 0.36	[-2.46, -0.78]	<0.001
Positive low arousal	0.15 <sup>b</sup> $\pm$ 0.24	[-0.41, 0.71]	0.28 <sup>a</sup> $\pm$ 0.27	[-0.92, 0.36]	Ns

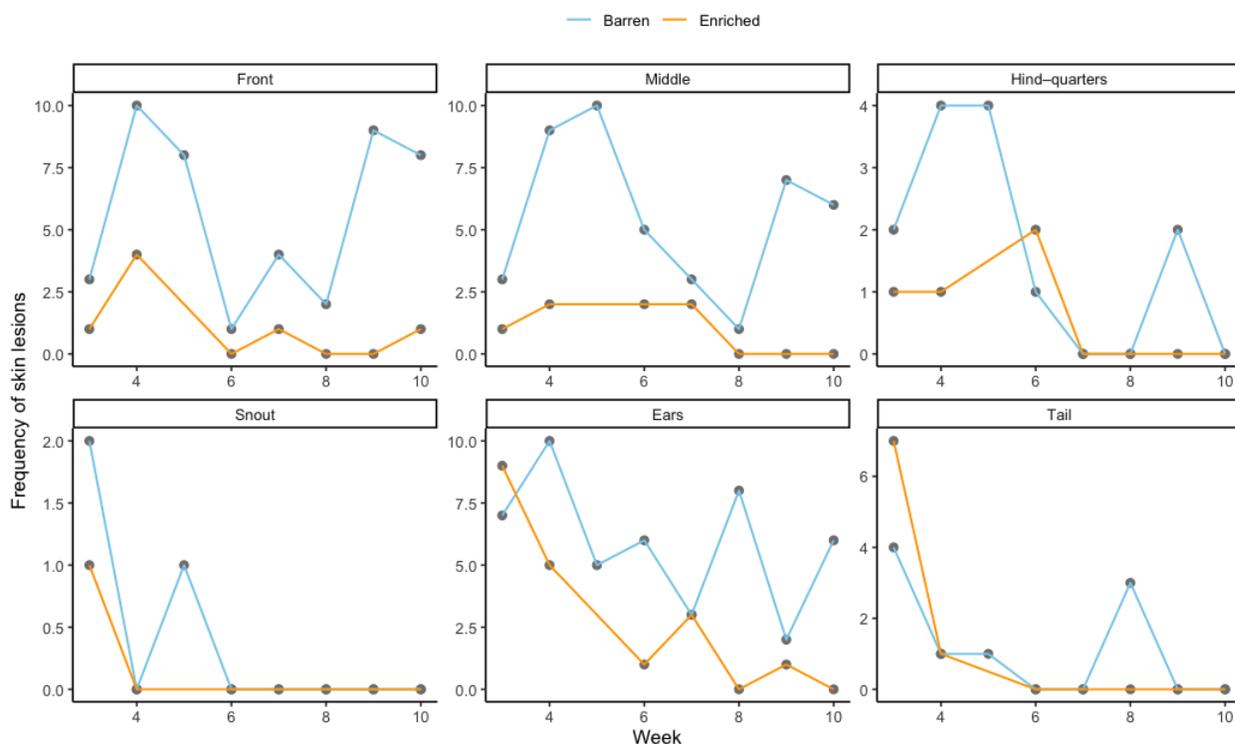
<sup>ab</sup> Within a row means without a common superscript differed ( $P < 0.05$ ).

**Table 3.** Adjusted means ( $\pm$  SEM) and confidence interval (ICC) of the positive high arousal and low arousal PCA indexes on Enriched and Barren groups.

### Evaluation of skin lesions

A weekly comparison of skin lesions was performed in both experimental groups. Figure 2 summarizes the frequency of lesion presentation during the 10 weeks of evaluation in relation to the anatomical sites. In the enriched group, a lower presentation of lesions was observed, being

more noticeable from week 2 onwards. Differences were statistically significant in the anatomical areas: front and middle ( $p=0.021$  and  $p=0.002$ , respectively).



**Figure 2.** A comparison of the frequency of skin lesions presentation between the enriched and barren groups in the weekly evaluation. From week 2 of the experiment, a tendency to decrease in the number of skin lesions was observed in the enriched group.

Table 6 presents the results of the analysis of the proportion of lesions in the experimental groups in the first and last week of the experiment. At the beginning (week 1) there were no significant statistical differences between the groups in any body area ( $p>0.05$ ). In contrast, at the end of the experiment (week 10) there was a significant reduction in the treatment group of skin lesions on the ears, front and tail ( $p=0.001$ ,  $0.020$ ,  $0.020$  respectively).

**Table 4.** Proportions of pigs with skin lesions in the experimental groups at the beginning (week 1) and at the end of the experiment (week 10).

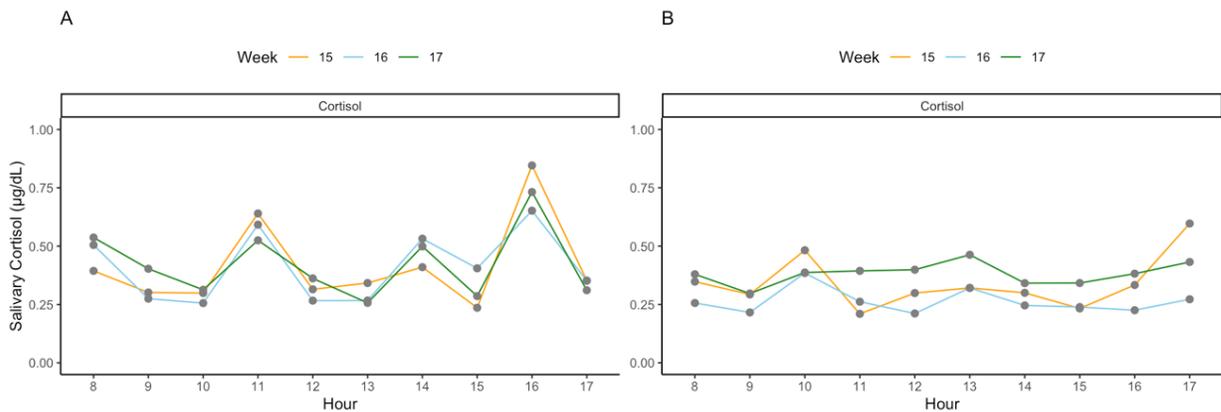
Body area	Week 1			Week 10		
	Proportion of pigs injured		p-value	Proportion of pigs injured		p-value
	Barren	Enriched		Barren	Enriched	
Ears	0.6	85.7	Ns	0.55	0.05	<0.001
Front (head to back of shoulder)	0.45	47.6	Ns	0.35	0.05	<0.05
Middle (back of shoulder to hind-quarters)	0.3	0.38	Ns	0.05	0.29	Ns
Hind-quarters	0.1	0	Ns	0.15	0.95	Ns
Legs (from the accessory digit upwards).	0.1	0	Ns	0.1	0	Ns
Tail	0.05	0	Ns	0.25	0	<0.05
Snout	0.5	0.19	Ns	0.1	0	Ns
Genitals	0.5	0	Ns	0	0	Ns

Ns: Not significant

## Physiological evaluation

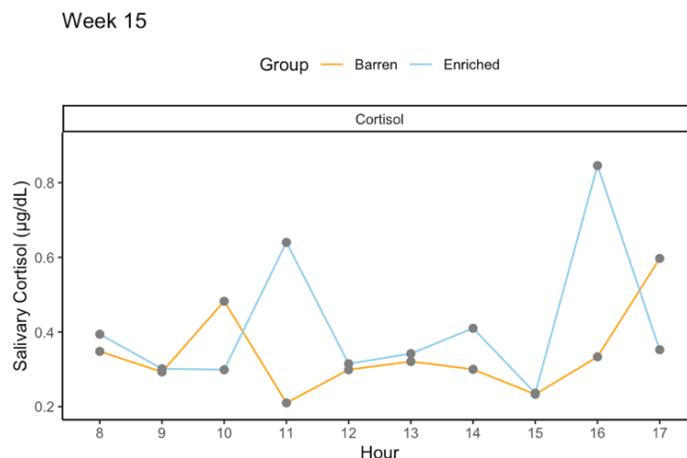
### Evaluation of stress markers

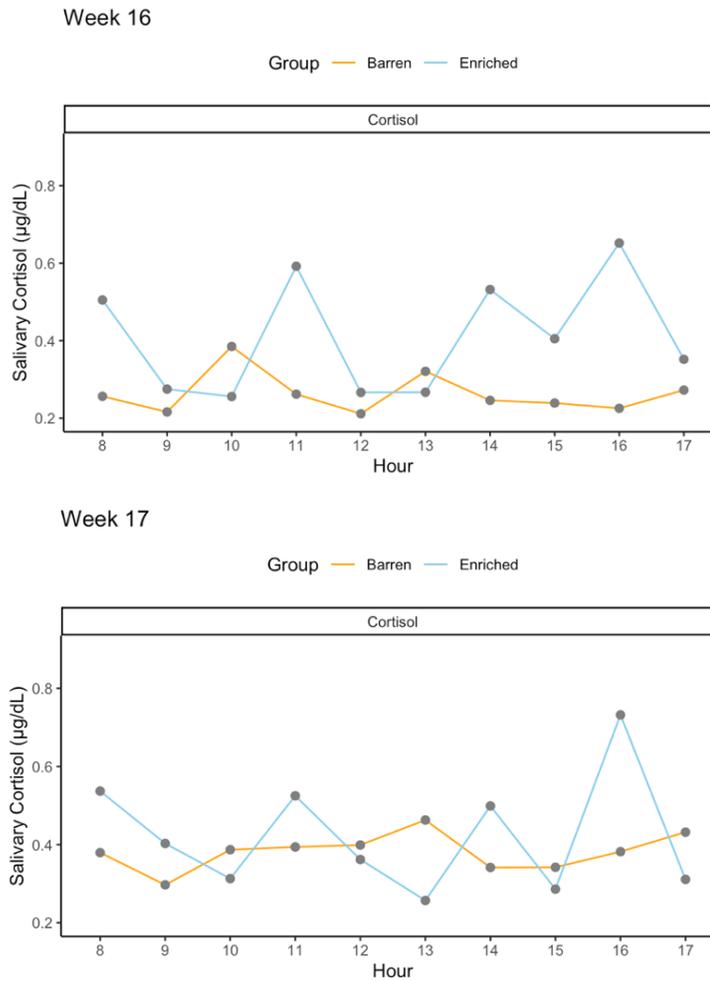
The effect of music on variations in diurnal salivary cortisol concentrations was evaluated from diurnal cortisol fluctuations (between 8 am and 5 pm), results are presented in Figure 3 A-B. In the enriched group (3A) the diurnal fluctuations of the metabolite had a similar and consistent dynamic in the weeks evaluated between 8 and 10 am, cortisol levels have a downward trend, with values between 0.5 and 0.2 ug/dL, at 11 am a first peak is observed, reaching values up to 0.64 ug/dL, levels decrease again between 12 and 13 h, between 0.2 -0.3 ug/dL. A new increase is observed at 14 o'clock, reaching 0.5 ug/dL and finally at 16 o'clock the highest peak of the diurnal dynamics is observed, a maximum value of 0.85 ug/dL. This reflects fluctuations in the diurnal secretion of the metabolite. In contrast, the group barren 3B, during the three weeks, presented a much flatter dynamic, without notable peaks and with oscillations between 0.2 and 0.4 ug/dL and sometimes reaching values of 0.5 ug/dL.



**Figure 3.** Weekly cortisol curves. **A.** enriched, **B.** barren. Salivary cortisol concentrations (mean  $\pm$  sem) measured during 10 diurnal hours, at 15, 16, and 17 weeks.

Figure 4 allows the comparative evaluation of the cortisol curves in both experimental groups in each week evaluated. The flattening of the curve in the pigs of the barren group is highlighted, with very slight modulations in the cortisol level that do not reach the maximum levels observed in the enriched group. In contrast, the curve of the enriched group shows notable fluctuations in the diurnal secretion of the metabolite. The differences were maintained for the three weeks evaluated.





**Figure 4.** Comparisons of basal salivary cortisol concentrations (mean  $\pm$  sem) measured during 10 h of daytime at 15 (upper panel), 16 (middle panel) and 17 weeks of age (lower panel) for pigs stimulated with music (enriched) and control (barren).

The values of diurnal secretion of AAs, was variable between groups and weeks, and were used to calculate the index called area under the curve (AUCa). A similar procedure was carried out with the data obtained for cortisol (AUCc). Subsequently, both indices were related to the extract of AOC (amylase over cortisol). The results obtained from the evaluation of these indices are presented in Table 5. The enriched group presented a higher AUCc and a lower AUCa, than the barren group; these differences were statistically significant. In comparative terms, the treatment group presented a higher concentration of cortisol and a lower concentration of amylase during the evaluation period. The AOC index was lower in the enriched group, suggesting a better balance between the two stress systems (HPA - SAM).

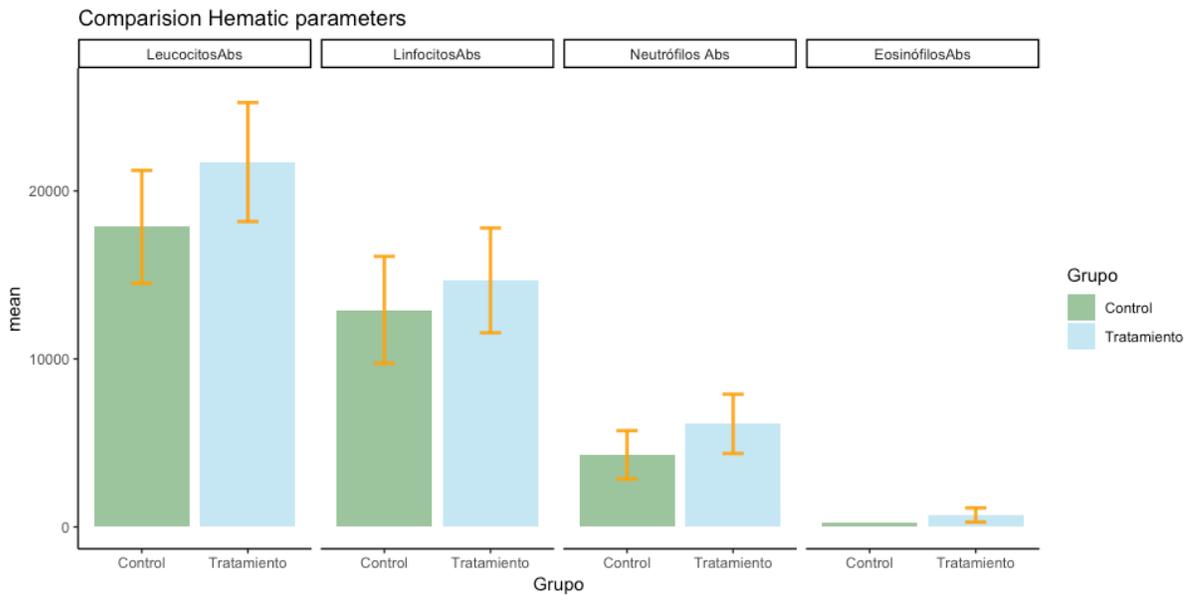
**Table 5.** Indices of cortisol and salivary amylase curves for enriched and barren (T student) group pigs.

Week	Group		p- value
	Enriched	Barren	
AUCc	3.74	2.91	0.106
AUCa	28.67	28.75	0.992
AOC	7.65	10.65	0.066

AUCc: area under the cortisol curve  
AUCa: area under the amylase curve  
AOC: Amylase over cortisol ratio

### Evaluation of hemoleukograms

Comparison of hematological values between the groups at the beginning of the experiment showed no significant differences. In the evaluation performed at the end of the productive cycle, a higher cell count was observed in all leukocyte cell lines in the enriched group. Figure 5 shows the most relevant populations, and the difference in the absolute value of lymphocytes, neutrophils and eosinophils, using the ANOVA method it was verified that these differences were significant (Table 6). In erythrocytes, hematocrit, platelets and the indices related to these blood populations, there were no significant differences between the groups. Additionally, the enriched group presented higher plasma protein levels with significant differences with respect to the barren group ( $P<0.01$ ).



**Figure 5.** Comparative averages of leukocyte lines in both experimental groups at the end of the production cycle.

**Table 6.** Analysis of variance for hematic parameters enriched group vs barren

Hematic Parameter	Group	Mean±SD	Minimum	Maximum	CV	P-value
White blood cell count	Barren	17862±3.361	11070	24090	18.82	<0.001
	Enriched	21716±3.543	13520	28340	16.32	
Lymphocyte count	Barren	12920±3.185	7860	19360	24.66	<0.1
	Enriched	14675±3.119	7710	21260	21.26	
Intermediate Cell Count	Barren	299±283	0	930	94.65	<0.05
	Enriched	98±198	0	670	203.06	
Neutrophil count	Barren	4293±1.439	1030	7488	33.52	<0.001
	Enriched	6138±1.760	3590	9696	28.67	
Eosinophil count	Barren	222±286	0	1045	129.22	<0.001
	Enriched	712±420	198	1878	59.1	
Erythrocyte count	Barren	7681±855	651	10660	11.07	NS
	Enriched	7514±482	683	8630	6.39	

Recuento Plaquetario	Barren	378950±123347	229000	641000	32.55	<0.05
	Enriched	310150±43234	209000	397000	13.94	
Lymphocytes (%)	Barren	72±8.3	57	94	11.58	<0.1
	Enriched	67±7.5	54	77	11.12	
Monocytes (%)	Barren	2±1.5	0	5	97.93	<0.05
	Enriched	0±0.9	0	3	209	
Neutrophils (%)	Barren	24±7.3	5	36	30.09	<0.1
	Enriched	29±7.9	17	42	27.63	
Eosinophils (%)	Barren	1±1.6	0	6	131.33	<0.001
	Enriched	3±1.6	1	7	49.25	
Hematocrit	Barren	41±4.0	37	56	6.97	NS
	Enriched	41±2.9	36	46	9.83	
Hemoglobina	Barren	13±1.1	12	17	8.25	NS
	Enriched	13±0.9	11	14	6.78	
Plateletocrit (%)	Barren	0.41±0.14	0,23	0,71	33.82	<0.01
	Enriched	0.32±0.05	0,22	0,45	15.72	
Plasma Proteins	Barren	7.4±0,4	6.8	8.8	5.78	<0.01
	Enriched	7.0±0,4	6.0	7.8	5.56	

Ns: Not significant

Additionally, the evaluation of the neutrophil:lymphocyte ratio (N:L) was considered. From this evaluation, it was obtained that the enriched group presented a lower value than the barren group.

Neutrophil-Lymphocyte Ratio	
Enriched	Barren
0.36	0.39

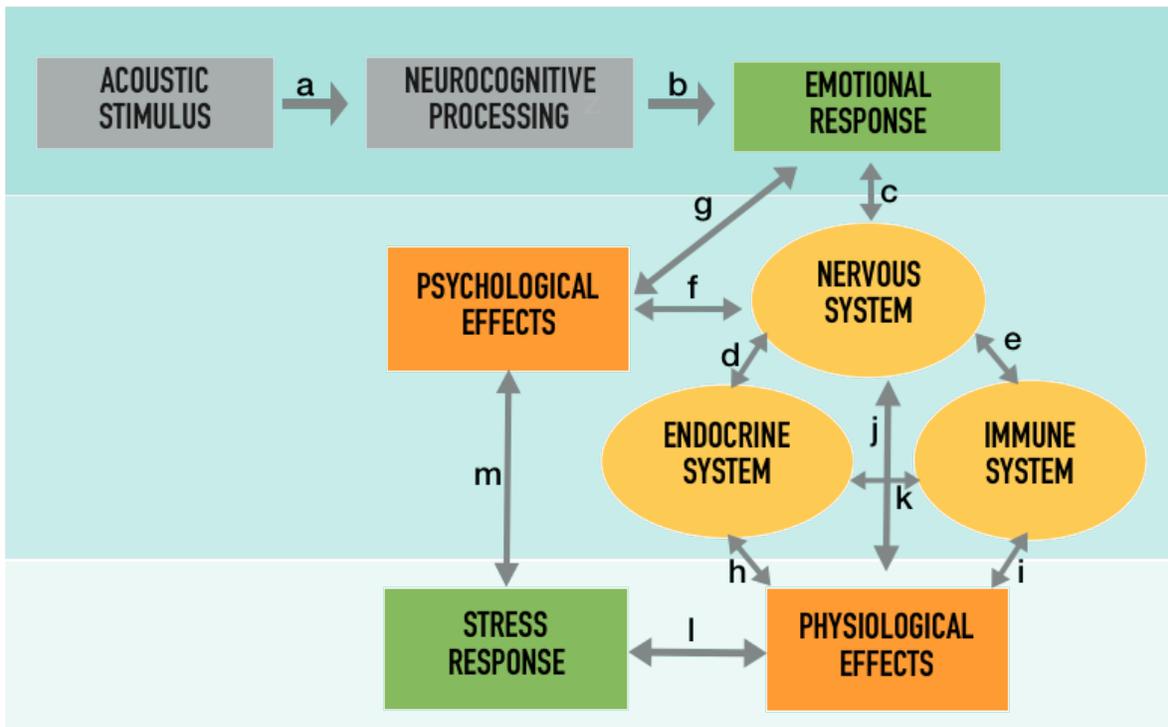
## Discussion:

This is the first study to present an environmental enrichment program that incorporates acoustic and musical adjustments to porcine species considering their perceptual characteristics. The results obtained indicate that pigs housed in music-enriched conditions exhibit psychophysiological responses that differ from non-enriched animals. In this context, enrichment affected the presentation of positive emotional responses and the reduction of skin lesions associated with agonistic behavior. Also, from the physiological perspective, differences in diurnal cortisol dynamics and in the AOC index were evidenced, indicating a better balance in neuroendocrine function. The findings obtained from the integrated evaluation of these parameters allow evaluation the use of veterinary functional music in the reduction of chronic stress levels and support its use for environmental enrichment in the species.

The concept of functional music is not new in the literature, with an application in the human context and is defined as that which is composed or used for a particular purpose, which in humans is applied to generate atmospheres and ambiance. However, the extension of the term to music used in animals can be interesting, from the perspective that music can be useful and usable in different species to promote particular states and behaviors. Previous studies have demonstrated the effects of music on emotional<sup>13</sup>, behavioral<sup>15,22,36</sup> and physiological parameters<sup>12,37</sup> in various animal

species, providing a basis for its use with particular objectives or functions, such as stress regulation.

Additionally, and considering that the experience of stress is a multifaceted phenomenon comprising cognitive and emotional components closely related to physiological systems, in this study the validation of the usefulness of veterinary functional music in stress regulation was proposed from a psychophysiological perspective<sup>38</sup>. The multidimensional approach to the study of the relationship between music and stress is well supported and several of the works that support this approach are presented in a model of interactions (Figure 6). Here, music is proposed as a physical stimulus, containing information, which is processed and translated in the central nervous system through neurocognitive processing, which determines emotional responses that activate different areas related to neuroendocrine and immune function, and impact different subsystems and organs that modulate the stress response. Therefore, music, by sharing dynamics with stress responses, can be efficient in counteracting it and thus substantiating its usefulness.



**Figure 6.** A model of the system interactions involved in modulation of music on stress. Note: **a.** (Blood and Zatorre 2001; Liégeois-Chauvel et al. 1998); **b.** (Menon and Levitin 2005; Panksepp and Bernatzky 2002) **c.** (Koelsch et al. 2006) **d.** (Ulrich-Lai and Herman 2009); **e.** (Nance and Sanders 2007; ThyagaRajan and Priyanka 2012); **f.** (Cacioppo and Decety 2009); **g.** (Cervellin and Lippi 2011; Chanda and Levitin 2013) **j.** (Andreassi 2013); **h.**(Ulrich-Lai and Herman 2009); **i.** (Dhabhar 2014) **k.** (Khalfa et al. 2003; ThyagaRajan and Priyanka 2012); **l.** (Goldstein, McEwen, and Section 2002; Tsigos and Chrousos 2002) **m.** (Anisman and Zacharko 1990; Baron-Cohen 2011; Hendrix, Ovalle, and Troxler 1985).

### Psychological effects of music

The results obtained showed that the designed music had an effect on the presentation of positive emotional states in the enriched group, finding significant differences with respect to the barren group in terms of QBA such as content, happy and friendly, which were associated with the positive emotional index of high arousal. A previous study conducted by this research group had

demonstrated that pigs are capable of showing a wide variety of emotional responses to music with different affective valence<sup>13</sup>; and the findings obtained indicate that the acoustic and musical adjustments made to the musical pieces in the framework of functional music were adequate, limiting the presentation of negative emotional states and favoring the expression of states with an intensely positive emotional valence.

Considering the assessment of emotional responses in the evaluation of the effect of music on stress has a relevant justification since, as previously mentioned in the model, emotions in music are a critical element and trigger of other neurophysiological responses and therefore constitute a point of great relevance in the evaluation of stress. Therefore, may be the basis for explaining the differences in the evaluation of other behavioral and physiological parameters in the barren group.

The results obtained from the evaluation of skin lesions provide information in the same sense. In the group enriched with music, a lower frequency in the presentation of lesions associated mainly with anatomical areas such as ears, tail, middle and front, and therefore, a decrease in agonistic behavior in the pigs was observed. Skin lesions are considered a sensitive indicator of the presentation of aggressive behavior on the farm, which are generated by stressful conditions<sup>57-59</sup>. Previously, multiple studies have evaluated the decrease in skin lesions as a positive indicator of the effect of environmental enrichment<sup>58,60</sup>.

Previous studies, although using other types of environmental enrichment, mainly substrate, have also reported a decrease in lesions in the middle and front<sup>61</sup> and in the ears and tail<sup>58,60,61</sup>. Suggesting that environmental enrichment is a protective factor, limiting the presentation of aggressive behavior and subsequent lesions. In this study, the findings indicate that, similar to what was observed with physical enrichment, adjusted music influences behavior.

### **Physiological effects of music**

Our results showed that acoustic-enriched pigs differed from unstimulated pigs in the diurnal dynamics of stress biomarkers and thus in neuroendocrine regulation. The enriched group had the highest cortisol levels and with detailed analysis of the metabolite dynamics during the day, notable fluctuations were observed that resulted in several peaks, this finding was very consistent in this group and was maintained for the three weeks that were compared. Previous studies on the species applying other types of enrichment have reported similar findings<sup>29,62</sup>. In contrast, the unstimulated pigs had decreased circadian peaks, with a flattened curve. Other studies have shown that the analysis of variations in salivary cortisol presents blunted (blunt-flattened) curves in situations of chronic stress in pigs, rodents<sup>63-65</sup> and in humans during pathological states such as certain types of depression<sup>66</sup>. The observed attenuation of cortisol secretion during chronic stress may reflect adaptive habituation or a pathological disruption of the hypothalamic-pituitary axis (HPA)<sup>67</sup>.

Cortisol has often been used as the critical parameter for assessing the HPA axis and chronic stress. However, stress assessment should not be based solely on cortisol levels, but should consider integrated neuroendocrine function. Therefore, the measurement of salivary alpha amylase, which is considered a significant and reliable marker of stress, and the assessment of the SAM axis<sup>68</sup> were included in the study. This allows comparison with the HPA axis, by using indices such as the AOC, providing valuable information on the balance and regulation of neuroendocrine function.

The calculation of the hormone requires the quantification of the area under the curve of both hormones. The enriched group presented higher AUCc and lower AUCa than the barren group, the relationship between the axes was asymmetric and under conditions of acoustic enrichment, the HPA axis was favored, therefore the calculation of AOC was lower in this group. Thus, and

considering that a strong correlation has been reported between AOC and chronic stress, the results observed in this study indicate a favorable effect of music on the reduction of this type of stress. In animals and specifically in the porcine species, no previous studies were found that could serve as a comparison for these findings, since most of them evaluated biomarkers in isolation without having this type of interaction. However, in humans, it is indicated that the ratio of sAA to cortisol can capture the specific nature of the dissociation of the SAM-HPA axes and is a more sensitive marker of dysregulation of the stress system<sup>32,68</sup>. It has been reported that the AOC index has a stronger and more positive correlation with levels of stress, anxiety and depressive symptoms than other indices such as COA (cortisol over amylase) or any other stress marker evaluated in isolation<sup>32</sup>.

For the interpretation of the simultaneous regulation of the SAM-HPA axes, several models have been proposed, for example that of Munck et al<sup>69</sup>, which suggests that the two endocrine axes function in a complementary manner, so that greater activity of the HPA axis is associated with a greater response to SAM stress, or the additive model of Bauer<sup>70</sup>, which suggests that the optimal adaptation to stress occurs when both systems show moderate activity, or when the systems show a high-low pattern, that is, one system has high activity and the other shows low activity. In the present study, higher AOC levels were observed in the barren group, indicating attenuated HPA axis activity, with a complementary increase in SAM stress responses, these results would provide evidence for the complementary model. However, due to the lack of previous work in swine that has explored the potentially important interactions between the physiological systems, more studies are needed to provide information on concurrent activity in the two endocrine axes and the information presented here can serve as a reference.

However, in this study, significant quantitative alterations were observed in the relative and absolute leukocyte populations, indicating differences between the experimental groups in the distribution of blood cells, reflected in a lower neutrophil - to lymphocyte ratio (N:L) in the enriched group. The effect of stress and the hormones that regulate it on the components of the immune system has been extensively described<sup>71-73</sup>. It has been suggested that leukocyte profiles are particularly useful in the field of physiology showing quantitative changes during stress<sup>74</sup>. Specifically, in chronic conditions, an increase in the number of neutrophils (neutrophilia) and decreases in the number of lymphocytes (lymphopenia or lymphocytopenia) have been observed<sup>75,76</sup>. Additionally, researchers have considered the N:L ratio as a composite measure of the stress response.

For the swine species in particular, no reference values were found for the N:L ratio, but in other species, a lower value such as that observed in the enriched group is associated with lower levels of stress. For example, in birds, values of 0.2, 0.5, and 0.8 are indicators of low, optimal and high stress levels, respectively<sup>77</sup>. This ratio is considered a sensitive indicator of the proportion between both leukocyte compartments and, therefore, of the functional balance of the immune system. These changes may be related to the attenuation of the cortisol curve reported in the enriched group. In the literature, the reduction of lymphocytes and the contrasting increase in the number of neutrophils in stress, therefore an increase in the N:F ratio has been associated with the effect of an increase in glucocorticoid concentrations and its consequent effect on the "trafficking" or redistribution of lymphocytes from the blood to other body compartments<sup>78</sup>.

Stress is a complex psychophysiological response and music in turn is a stimulus capable of regulating in an integrated way the emotional and physiological states of the organism, therefore, its implementation for stress management seems a consistent and appropriate approach. As a

therapeutic technique in the veterinary community, music can be designed to fulfill defined functions from clearly delimited objectives, bringing with its multiple benefits, including availability, minimal cost, convenience and low invasiveness.

**Conclusion:** The experimental findings obtained allow us to conclude that music induces psychophysiological changes in pigs, which may determine its therapeutic potential and support the usefulness of music in environmental enrichment for the swine species, with an impact on health and welfare by reducing stress that also has a translational value for other species.

### **Acknowledgments:**

Este trabajo fue apoyado por Minciencias (Programa de Becas de Excelencia Doctoral del Bicentenario - proyecto formación de alto nivel Universidad de Antioquia Nacional BPIN 2019000100017), y también por Comité para el desarrollo de la investigación - CODI (beca # 2018-23050) en la Universidad de Antioquia.

### **Author contributions**

### **Competing interests**

The authors declare that they have no conflicts of interest with respect to the work presented here.

### **References**

1. Broom, D. M. Behaviour and welfare in relation to pathology. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **97**, 73–83 (2006).
2. Van Dixhoorn, I. D. E. *et al.* 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**, 1–24 (2016).
3. Proudfoot, K. & Habing, G. Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions. *Vet. J.* **206**, 15–21 (2015).
4. McEwen, B. S. Central effects of stress hormones in health and disease: Understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators. *Eur. J. Pharmacol.* **583**, 174–185 (2008).
5. Carreras, R. *et al.* Housing conditions do not alter cognitive bias but affect serum cortisol, qualitative behaviour assessment and wounds on the carcass in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **185**, 39–44 (2016).
6. Bacou, E. *et al.* Acute social stress-induced immunomodulation in pigs high and low responders to ACTH. *Physiol. Behav.* **169**, 1–8 (2017).
7. Mendl, M., Burman, O. H. P., Parker, R. M. A. & Paul, E. S. Cognitive bias as an indicator of animal emotion and welfare: Emerging evidence and underlying mechanisms. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **118**, 161–181 (2009).
8. Pavlov, V. A. & Tracey, K. J. Neural circuitry and immunity. *Immunol. Res.* **63**, 38–57 (2015).
9. Khalfa, S., Bella, S. D. & Roy, M. Effects of relaxing music on salivary cortisol level after psychological stress. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **021**, 374–376 (2003).
10. Stevenson, S. A., Bobrowski, P. & Knipschild, A. Physiological and Psychological Effects of Music. in *Auburn University. 2016 NCUR* (2016).
11. Wells, D. L. Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **118**, 1–11 (2009).
12. Li, J. *et al.* Effects of music stimulus on behavior response, cortisol level, and horizontal immunity of growing pigs. *J. Anim. Sci.* **99**, 1–9 (2021).
13. Zapata Cardona, J., Ceballos, M. C., Tarazona Morales, A. M., David Jaramillo, E. & Rodríguez, B. de J. Music modulates emotional responses in growing pigs. *Sci. Rep.* **12**, 3382 (2022).
14. Brooker, J. S. *An investigation of the auditory perception of western lowland gorillas in an enrichment study.* (Wiley Online Library, 2016).
15. Li, X. *et al.* Behavioural responses of piglets to different types of music. *Animal* **13**, 2319–2326

- (2019).
16. Bowman, A., Dowell, F. J. & Evans, N. P. The effect of different genres of music on the stress levels of kennelled dogs. *Physiol. Behav.* **171**, 207–215 (2017).
  17. Conrad, C. Music for healing: From magic to medicine. *Lancet* **376**, 1980–1981 (2010).
  18. Fitch, W. T. Four principles of bio-musicology. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **370**, 20140091 (2015).
  19. Bryant, G. A. Animal signals and emotion in music: Coordinating affect across groups. *Front. Psychol.* **4**, 1–13 (2013).
  20. Patterson-Kane, E. G. & Farnworth, M. J. Noise exposure, music, and animals in the laboratory: A commentary based on laboratory animal refinement and enrichment forum (LAREF) discussions. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* **9**, 327–332 (2006).
  21. Akiyama, K. & Sutoo, D. Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neurosci. Lett.* **487**, 58–60 (2011).
  22. Snowdon, C. T., Teie, D. & Savage, M. Cats prefer species-appropriate music. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **166**, 106–111 (2015).
  23. Snowdon, C. T. & Teie, D. Affective responses in tamarins elicited by species-specific music. *Biol. Lett.* **6**, 30–32 (2010).
  24. Puppe, B. Wohlbefinden bei Nutztieren: eine verhaltensbiologische Übersicht. *Biol. Zent. Bl.* **115**, 3–15 (1996).
  25. Hellhammer, D. H., Wüst, S. & Kudielka, B. M. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology* **34**, 163–171 (2009).
  26. Bosch, J. A., Ring, C., de Geus, E. J. C., Veerman, E. C. I. & Nieuw Amerongen, A. V. Stress and secretory immunity. *Int. Rev. Neurobiol.* **52**, 213–253 (2002).
  27. Thoma, M. V., Kirschbaum, C., Wolf, J. M. & Rohleder, N. Acute stress responses in salivary alpha-amylase predict increases of plasma norepinephrine. *Biol. Psychol.* **91**, 342–348 (2012).
  28. de Jong, I. *et al.* Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, memory and circadian rhythms in cortisol in growing pigs.pdf. *Physiol. Behav.* **68**, 571–578 (2000).
  29. De Jong, I. *et al.* Effects of strawbedding on physiological responses to stressors and behavior in growing pigs. *Physiol. Behav.* **64**, 303–310 (1998).
  30. Ekkel, E. D. *et al.* The circadian rhythm of cortisol in the saliva of young pigs. *Physiol. Behav.* **60**, 985–989 (1996).
  31. Pruessner, J. C., Kirschbaum, C., Meinlschmid, G. & Hellhammer, D. H. Two formulas for computation of the area under the curve represent measures of total hormone concentration versus time-dependent change. *Psychoneuroendocrinology* **28**, 916–931 (2003).
  32. Ali, N. & Pruessner, J. C. The salivary alpha amylase over cortisol ratio as a marker to assess dysregulations of the stress systems. *Physiol. Behav.* **106**, 65–72 (2012).
  33. Gordis, E. B., Granger, D. A., Susman, E. J. & Trickett, P. K. Salivary alpha amylase–cortisol asymmetry in maltreated youth. *Horm. Behav.* **53**, 96–103 (2008).
  34. Vigil, J. M., Geary, D. C., Granger, D. A. & Flinn, M. V. Sex Differences in Salivary Cortisol, Alpha-Amylase, and Psychological Functioning Following Hurricane Katrina. *Child Dev.* **81**, 1228–1240 (2010).
  35. Sajaniemi, N., Suhonen, E., Kontu, E., Lindholm, H. & Hirvonen, A. Stress reactivity of six-year-old children involved in challenging tasks. *Early Child Dev. Care* **182**, 175–189 (2012).
  36. Zhao, P. *et al.* Effects of long-term exposure to music on behaviour, immunity and performance of piglets. *Anim. Prod. Sci.* **61**, 532–539 (2020).
  37. Köster, L. S., Sithole, F., Gilbert, G. E. & Artemiou, E. The potential beneficial effect of classical music on heart rate variability in dogs used in veterinary training. *J. Vet. Behav.* **30**, 103–109 (2019).
  38. Alworth, L. C. & Buerkle, S. C. The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab Animal* **42**, 54–61 (2013).
  39. Liégeois-Chauvel, C., Peretz, I., Babić, M., Laguitton, V. & Chauvel, P. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain a J. Neurol.* **121**, 1853–1867 (1998).

40. Blood, A. J. & Zatorre, R. J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **98**, 11818–11823 (2001).
41. Panksepp, J. & Bernatzky, G. Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behav. Processes* **60**, 133–155 (2002).
42. Menon, V. & Levitin, D. J. The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage* **28**, 175–184 (2005).
43. Koelsch, S., Fritz, T., Cramon, D. Y. V., Müller, K. & Friederici, A. D. Investigating emotion with music: An fMRI study. *Hum. Brain Mapp.* (2006). doi:10.1002/hbm.20180
44. Ulrich-Lai, Y. M. & Herman, J. P. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nat. Rev. Neurosci.* **10**, 397–409 (2009).
45. Nance, D. M. & Sanders, V. M. Autonomic innervation and regulation of the immune system (1987–2007). *Brain. Behav. Immun.* **21**, 736–745 (2007).
46. ThyagaRajan, S. & Priyanka, H. P. Bidirectional communication between the neuroendocrine system and the immune system: relevance to health and diseases. *Ann. Neurosci.* **19**, 40–46 (2012).
47. Cacioppo, J. T. & Decety, J. What Are the Brain Mechanisms on Which Psychological Processes Are Based? *Perspect. Psychol. Sci.* **4**, 10–18 (2009).
48. Chanda, M. L. & Levitin, D. J. The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences* **17**, 179–191 (2013).
49. Cervellin, G. & Lippi, G. From music-beat to heart-beat: A journey in the complex interactions between music, brain and heart. *Eur. J. Intern. Med.* **22**, 371–374 (2011).
50. Andreassi, J. L. *Psychophysiology: Human behavior & physiological response*. (Psychology Press, 2013).
51. Dhabhar, F. S. Effects of stress on immune function: The good, the bad, and the beautiful. *Immunologic Research* **58**, 193–210 (2014).
52. Tsigos, C. & Chrousos, G. P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *J. Psychosom. Res.* **53**, 865–871 (2002).
53. Goldstein, D. S., McEwen, B. & Section, C. N. Allostasis, Homeostats, and the Nature of Stress. *Stress Int. J. Biol. Stress* **5**, 55–58 (2002).
54. Anisman, H. & Zacharko, R. M. Multiple neurochemical and behavioral consequences of stressors: Implications for depression. *Pharmacol. Ther.* **46**, 119–136 (1990).
55. Hendrix, W. H., Ovalle, N. K. & Troxler, R. G. Behavioral and physiological consequences of stress and its antecedent factors. *J. Appl. Psychol.* **70**, 188–201 (1985).
56. Baron-Cohen, S. *Zero degrees of empathy: A new theory of human cruelty*. (Penguin uk, 2011).
57. Beattie, V. E., O’Connell, N. E. & Moss, B. W. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livest. Prod. Sci.* **65**, 71–79 (2000).
58. Bottacini, M. *et al.* Skin lesion monitoring at slaughter on heavy pigs (170 kg): Welfare indicators and ham defects. *PLoS One* **13**, 1–16 (2018).
59. Godyn, D., Nowicki, J. & Herbut, P. Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare - A Review. *Animals* **9**, 383 (2019).
60. Scollo, A. *et al.* 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. *Res. Vet. Sci.* **95**, 825–830 (2013).
61. Manciooco, A. *et al.* Longitudinal effects of environmental enrichment on behaviour and physiology of pigs reared on an intensive-stock farm. *Ital. J. Anim. Sci.* **2011**, 224–232 (2011).
62. De Jong, I. Chronic stress parameters in pigs. Indicators of Animal Welfare? *Management* 1–171 (2000).
63. Janssens, C., Helmond, F. A. & Weigant, V. M. The effect of chronic stress on plasma cortisol concentrations in cyclic female pigs depends on the time of day. *Domest. Anim. Endocrinol.* **12**, 167–177 (1995).
64. Becker, B. A. *et al.* Cortisol response of gilts in tether stalls. *J. Anim. Sci.* **60**, 264–270 (1985).
65. Barnett, J. L., Hemsworth, P. H. & Winfield, C. G. The effects of design of individual stalls on the

- social behaviour and physiological responses related to the welfare of pregnant pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **18**, 133–142 (1987).
66. Deuschle, M. *et al.* Diurnal Activity and Pulsatility of the Hypothalamus-Pituitary-Adrenal System in Male Depressed Patients and Healthy Controls. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **82**, 234–238 (1997).
  67. Cyr, N. E. & Romero, L. M. Identifying hormonal habituation in field studies of stress. *Gen. Comp. Endocrinol.* **161**, 295–303 (2009).
  68. Pitman, R. K. & Orr, S. P. Twenty-four hour urinary cortisol and catecholamine excretion in combat-related posttraumatic stress disorder. *Biol. Psychiatry* **27**, 245–247 (1990).
  69. Munck, A., Guyre, P. M. & Holbrook, N. J. Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions. *Endocr. Rev.* **5**, 25–44 (1984).
  70. Bauer, A. M., Quas, J. A. & Boyce, W. T. Associations between physiological reactivity and children's behavior: Advantages of a multisystem approach. *J. Dev. Behav. Pediatr.* **23**, 102–113 (2002).
  71. Chrousos, G. P. The Hypothalamic–Pituitary–Adrenal Axis and Immune-Mediated Inflammation. *N. Engl. J. Med.* **332**, 1351–1363 (1995).
  72. Griffin, J. F. T. Stress and immunity: A unifying concept. *Vet. Immunol. Immunopathol.* **20**, 263–312 (1989).
  73. Sheridan, J. F., Dobbs, C., Brown, D. & Zwillig, B. Psychoneuroimmunology: stress effects on pathogenesis and immunity during infection. *Clin. Microbiol. Rev.* **7**, 200–212 (1994).
  74. Dhabhar, F. S. & Mcewen, B. S. Acute Stress Enhances while Chronic Stress Suppresses Cell-Mediated Immunity in Vivo: A Potential Role for Leukocyte Trafficking. *Brain. Behav. Immun.* **11**, 286–306 (1997).
  75. McGlone, J. J. Farm animal welfare in the context of other society issues: toward sustainable systems. *Livest. Prod. Sci.* **72**, 75–81 (2001).
  76. Salak-Johnson, J. L., McGlone, J. J., Whisnant, C. S., Norman, R. L. & Kraeling, R. R. Intracerebroventricular porcine corticotropin-releasing hormone and cortisol effects on pig immune measures and behavior. *Physiol. Behav.* **61**, 15–23 (1997).
  77. Gross, W. B. & Siegel, H. S. Evaluation of the Heterophil/Lymphocyte Ratio as a Measure of Stress in Chickens. *Avian Dis.* **27**, 972 (1983).
  78. Dhabhar, F. S. Stress-induced augmentation of immune function - The role of stress hormones, leukocyte trafficking, and cytokines. *Brain. Behav. Immun.* **16**, 785–798 (2002).

## Referencias capítulo 4

- Akiyama, K., y Sutoo, D. (2011). Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neuroscience Letters*, 487(1), 58–60. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.09.073>
- Albeck, D. S., McKittrick, C. R., Blanchard, D. C., Blanchard, R. J., Nikulina, J., McEwen, B. S., y Sakai, R. R. (1997). Chronic Social Stress Alters Levels of Corticotropin-Releasing Factor and Arginine Vasopressin mRNA in Rat Brain. *The Journal of Neuroscience*, 17(12), 4895–4903. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.17-12-04895.1997>
- Allen, K., Golden, L. H., Izzo Jr, J. L., Ching, M. I., Forrest, A., Niles, C. R., ... Barlow, J. C. (2001). Normalization of hypertensive responses during ambulatory surgical stress by perioperative music. *Psychosomatic Medicine*, 63(3), 487–492.
- Alworth, L. C., y Buerkle, S. C. (2013, January 22). The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab Animal*. <https://doi.org/10.1038/lab.an.162>
- Aslan, U. (2017). Negotiating Biological and Cultural Features of Music : Towards the Field of Biomusicology. *Rupkatha Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities*, 9(1), 2–10.
- Avants, S. K., Margolin, A., y Salovey, P. (1990). Stress management techniques: Anxiety reduction, appeal, and individual differences. *Imagination, Cognition and Personality*, 10(1), 3–23.
- Barnett, J. L., Hemsworth, P. H., y Winfield, C. G. (1987). The effects of design of individual stalls on the social behaviour and physiological responses related to the welfare of pregnant pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 18(2), 133–142. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(87\)90187-0](https://doi.org/10.1016/0168-1591(87)90187-0)
- Bartlett, D. L. (1996). Physiological responses to music and sound stimuli. *Handbook of Music Psychology*, 343–385.
- Bartrop, R. W., Lazarus, L., Luckhurst, E., Kiloh, L. G., y Penny, R. (1977). Depressed lymphocyte function after bereavement. *The Lancet*, 309(8016), 834–836. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(77\)92780-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(77)92780-5)
- Becker, B. A., Ford, J. J., Christenson, R. K., Manak, R. C., Hahn, G. L., y DeShazer, J. A. (1985). Cortisol response of gilts in tether stalls. *Journal of Animal Science*, 60(1), 264–270.
- Bergamasco, L., Osella, M. C., Savarino, P., Larosa, G., Ozella, L., Manassero, M., ... Re, G. (2010). Heart rate variability and saliva cortisol assessment in shelter dog: Human-animal interaction effects. *Applied Animal Behaviour Science*, 125(1–2), 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.03.002>
- Blokhuis, H. J., Jones, R. B., Geers, R., Miele, M., y Veissier, I. (2003). Measuring and monitoring animal welfare: transparency in the food product quality chain. *Animal welfare-potters bar then wheathampstead*, 12(4), 445–456.
- Blood, A. J., y Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818–11823. <https://doi.org/10.1073/pnas.191355898>
- Bonneau, R. H., Sheridan, J. F., Feng, N., y Glaser, R. (1993). Stress-induced modulation of the primary cellular immune response to herpes simplex virus infection is mediated by both adrenal-dependent and independent mechanisms. *Journal of Neuroimmunology*, 42(2), 167–176. [https://doi.org/10.1016/0165-5728\(93\)90007-L](https://doi.org/10.1016/0165-5728(93)90007-L)
- Boutcher, S. H., y Stocker, D. (1996). Cardiovascular Response of Young and Older Males to Mental Challenge. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social*

- Sciences*, 51B(5), P261–P267. <https://doi.org/10.1093/geronb/51B.5.P261>
- Bowman, A., Dowell, F. J., y Evans, N. P. (2017). The effect of different genres of music on the stress levels of kennelled dogs. *Physiology y Behavior*, 171, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.01.024>
- Bowman, A., Scottish, S. P. C. A., Dowell, F. J., y Evans, N. P. (2015). “Four Seasons” in an animal rescue centre; classical music reduces environmental stress in kennelled dogs. *Physiology and Behavior*, 143, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.02.035>
- Brown, D. H., y Zwilling, B. S. (1994). Activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis differentially affects the anti-mycobacterial activity of macrophages from BCG-resistant and susceptible mice. *Journal of Neuroimmunology*, 53(2), 181–187. [https://doi.org/10.1016/0165-5728\(94\)90028-0](https://doi.org/10.1016/0165-5728(94)90028-0)
- Campo, J. L., Gil, M. G., y Dávila, S. G. (2005). Effects of specific noise and music stimuli on stress and fear levels of laying hens of several breeds. *Applied Animal Behaviour Science*, 91(1–2), 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.08.028>
- Carreras, R., Mainau, E., Arroyo, L., Moles, X., González, J., Bassols, A., ... Velarde, A. (2016). Housing conditions do not alter cognitive bias but affect serum cortisol, qualitative behaviour assessment and wounds on the carcass in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 185, 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.09.006>
- Carroll, G. A., Boyle, L. A., Hanlon, A., Palmer, M. A., Collins, L., Griffin, K., ... O’Connell, N. E. (2018). Identifying physiological measures of lifetime welfare status in pigs: exploring the usefulness of haptoglobin, C-reactive protein and hair cortisol sampled at the time of slaughter. *Irish Veterinary Journal*, 71(1), 1–10.
- Casal, N., Manteca, X., Escribano, D., Cerón, J. J., y Fàbrega, E. (2017). Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators (chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- $\alpha$ ) in growing pigs. *Animal*, 11(7), 1228–1236. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002561>
- Cervellin, G., y Lippi, G. (2011). From music-beat to heart-beat: A journey in the complex interactions between music, brain and heart. *European Journal of Internal Medicine*, 22(4), 371–374. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2011.02.019>
- Chafin, S., Roy, M., Gerin, W., y Christenfeld, N. (2004). Music can facilitate blood pressure recovery from stress. *British Journal of Health Psychology*, 9(3), 393–403. <https://doi.org/10.1348/1359107041557020>
- Cheng, S., Fei, H., y Hsu, C. K. (2019). Soundscape emotions categorization and readjustment based on music acoustical parameters. *INTER-NOISE 2019 MADRID - 48th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*.
- Cook, N. J., Schaefer, A. L., Lepage, P., y Jones, S. M. (1996). Salivary vs. serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine. *Canadian Journal of Animal Science*, 76(3), 329–335.
- Croom, A. M. (2012). Music, Neuroscience, and the Psychology of Well-Being: A Précis. *Frontiers in Psychology*, 2, 393. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00393>
- Dhabhar, F. S. (2009). Enhancing versus Suppressive Effects of Stress on Immune Function: Implications for Immunoprotection and Immunopathology. *Neuroimmunomodulation*, 16(5), 300–317. <https://doi.org/10.1159/000216188>
- Dhabhar, F. S. (2014). Effects of stress on immune function: The good, the bad, and the beautiful. *Immunologic Research*. <https://doi.org/10.1007/s12026-014-8517-0>
- Dhabhar, F. S., y McEwen, B. S. (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. <https://doi.org/10.1006/brbi.1997.0508>

- Davila, S. G., Campo, J. L., Gil, M. G., Prieto, M. T., y Torres, O. (2011). Effects of auditory and physical enrichment on 3 measurements of fear and stress (tonic immobility duration, heterophil to lymphocyte ratio, and fluctuating asymmetry) in several breeds of layer chicks. *Poultry Science*, *90*(11), 2459–2466. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01595>
- De Groot, J., De Jong, I. C., Prella, I. T., y Koolhaas, J. M. (2000). Immunity in barren and enriched housed pigs differing in baseline cortisol concentration. *Physiology and Behavior*, *71*(3–4), 217–223. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(00\)00336-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(00)00336-X)
- De Jong, I. (2000). Chronic stress parameters in pigs. Indicators of Animal Welfare? *Management*, 1–171.
- Edwards, E. A., y Dean, L. M. (1977). Effects of Crowding of Mice on Humoral Antibody Formation and Protection to Lethal Antigenic Challenge. *Psychosomatic Medicine*, *39*(1), 19–24. <https://doi.org/10.1097/00006842-197701000-00003>
- Edwards, K. M., Burns, V. E., Carroll, D., Drayson, M., y Ring, C. (2007). The acute stress-induced immunoenhancement hypothesis. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *35*(3), 150–155.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition y Emotion*, *6*(3–4), 169–200.
- Elliott, D., Polman, R., y McGregor, R. (2011). Relaxing Music for Anxiety Control. *Journal of Music Therapy*, *48*(3), 264–288. <https://doi.org/10.1093/jmt/48.3.264>
- Ellis, R., y Thayer, J. (2010). Music and Autonomic Nervous System (Dys)function. *Music Perception*, *27*(4), 317–326. <https://doi.org/10.1525/mp.2010.27.4.317.Music>
- Epel, E. S., Blackburn, E. H., Lin, J., Dhabhar, F. S., Adler, N. E., Morrow, J. D., y Cawthon, R. M. (2004). Accelerated telomere shortening in response to life stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(49), 17312–17315. <https://doi.org/10.1073/pnas.0407162101>
- Escribano, D., Soler, L., Gutiérrez, A. M., Martínez-Subiela, S., y Cerón, J. J. (2013). Measurement of chromogranin A in porcine saliva: validation of a time-resolved immunofluorometric assay and evaluation of its application as a marker of acute stress. *Animal*, *7*(4), 640–647.
- Evers, S., y Suhr, B. (2000). Changes of the neurotransmitter serotonin but not of hormones during short time music perception. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *250*(3), 144–147. <https://doi.org/10.1007/s004060070031>
- Fancourt, D., Ockelford, A., y Belai, A. (2014). The psychoneuroimmunological effects of music: A systematic review and a new model. *Brain, Behavior, and Immunity*, *36*, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.10.014>
- Freeman, W., Wallin, N. L., Merker, B., y Brown, S. (2000). *The origins of music*. MIT press. Citeseer.
- Fried, R., Lehrer, P. M., y Woolfolk, R. L. (1993). *Principles and Practice of Stress Management* (Guilford P). Guilford Press.
- Garris, D. R. (1979). Diurnal Fluctuation of Plasma Cortisol Levels in the Guinea Pig. *Acta Endocrinologica*, *90*(4), 692–695. Retrieved from <http://www.eje-online.org/content/90/4/692.abstract>
- Geverink, N. A., Schouten, W. G. P., Gort, G., y Wiegant, V. M. (2002). Individual differences in behavioral and physiological responses to restraint stress in pigs. *Physiology y Behavior*, *77*(2–3), 451–457.
- Greasley, A. E., y Lamont, A. (2011). Exploring engagement with music in everyday life using experience sampling methodology. *Musicae Scientiae*, *15*(1), 45–71. <https://doi.org/10.1177/1029864910393417>
- Gross, W. B., y Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the Heterophil/Lymphocyte Ratio as a Measure of Stress in Chickens. *Avian Diseases*, *27*(4), 972. <https://doi.org/10.2307/1590198>

- Heim, C., Newport, D. J., Bonsall, R., Miller, A. H., y Nemeroff, C. B. (2001). Altered pituitary-adrenal axis responses to provocative challenge tests in adult survivors of childhood abuse. *American Journal of Psychiatry*, *158*(4), 575–581.
- Herman, J. P., Adams, D., y Prewitt, C. (1995). Regulatory Changes in Neuroendocrine Stress-Integrative Circuitry Produced by a Variable Stress Paradigm. *Neuroendocrinology*, *61*(2), 180–190. <https://doi.org/10.1159/000126839>
- Herman, J. P., McKlveen, J. M., Ghosal, S., Kopp, B., Wulsin, A., Makinson, R., ... y Myers, B. (2016). Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response. *Comprehensive physiology*, *6*(2), 603.
- Hodges, D. A. (2010). PSYCHO-PHYSIOLOGICAL MEASURES. *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications*, 279.
- Huron, D. (2006). *Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation*. The MIT Press.
- Irwin, M., Patterson, T., Smith, T. L., Caldwell, C., Brown, S. A., Gillin, J. C., y Grant, I. (1990). Reduction of immune function in life stress and depression. *Biological Psychiatry*, *27*(1), 22–30. [https://doi.org/10.1016/0006-3223\(90\)90016-U](https://doi.org/10.1016/0006-3223(90)90016-U)
- Izard, C. E. (2007). Basic emotions, natural kinds, emotion schemas, and a new paradigm. *Perspectives on Psychological Science*, *2*(3), 260–280.
- Jankord, R., y Herman, J. P. (2009). Limbic regulation of Hypothalamo-pituitary-adrenocortical function during acute and chronic stress., 64–73. <https://doi.org/10.1196/annals.1410.012.LIMBIC>
- Janssens, C., Helmond, F. A., y Weigant, V. M. (1995). The effect of chronic stress on plasma cortisol concentrations in cyclic female pigs depends on the time of day. *Domestic Animal Endocrinology*, *12*(2), 167–177. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(94\)00018-V](https://doi.org/10.1016/0739-7240(94)00018-V)
- Jong, I. C. de, Sgoifo, A., Lambooj, E., Korte, S. M., Blokhuis, H. J., y Koolhaas, J. M. (2000). Effects of social stress on heart rate and heart rate variability in growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science* (Vol. 80). <https://doi.org/10.4141/A99-085>
- Juslin, P. N., y Laukka, P. (2004). Expression, perception, and induction of musical emotions: A review and a questionnaire study of everyday listening. *Journal of New Music Research*, *33*(3), 217–238.
- Juslin, P. N., y Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, *31*(5), 559–575. <https://doi.org/10.1017/S0140525X08005293>
- Kelley, K. W., Greenfield, R. E., Evermann, J. F., Parish, S. M., y Perryman, L. E. (1982). Delayed-type hypersensitivity, contact sensitivity, and phytohemagglutinin skin-test responses of heat- and cold-stressed calves. *American Journal of Veterinary Research*, *43*(5), 775–779.
- Khalifa, S., Bella, S. D., y Roy, M. (2003). Effects of relaxing music on salivary cortisol level after psychological stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *021*(999), 374–376. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.045>
- Knight, W. E. J., y Rickard, N. S. (2001). Relaxing music prevents stress-induced increases in subjective anxiety, systolic blood pressure, and heart rate in healthy males and females. *Journal of Music Therapy*, *38*(4), 254–272.
- Köster, L. S., Sithole, F., Gilbert, G. E., y Artemiou, E. (2019). The potential beneficial effect of classical music on heart rate variability in dogs used in veterinary training. *Journal of Veterinary Behavior*, *30*, 103–109. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.12.011>
- Labbé, E., Schmidt, N., Babin, J., y Pharr, M. (2007). Coping with Stress: The Effectiveness of Different Types of Music. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, *32*(3–4), 163–168. <https://doi.org/10.1007/s10484-007-9043-9>

- Lam, S., Dickerson, S. S., Zoccola, P. M., y Zaldivar, F. (2009). Emotion regulation and cortisol reactivity to a social-evaluative speech task. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(9), 1355–1362.
- Laukka, P. (2006). Uses of music and psychological well-being among the elderly. *Journal of Happiness Studies*, *8*(2), 215. <https://doi.org/10.1007/s10902-006-9024-3>
- Lazarus, R. S., y Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. Springer publishing company.
- Lemmer, B. (2008). Effects of music composed by Mozart and Ligeti on blood pressure and heart rate circadian rhythms in normotensive and hypertensive rats. *Chronobiology International*, *25*(6), 971–986. <https://doi.org/10.1080/07420520802539415>
- Li, J., Li, X., Liu, H., Li, J., Han, Q., Wang, C., ... Bao, J. (2021). Effects of music stimulus on behavior response, cortisol level, and horizontal immunity of growing pigs. *Journal of Animal Science*, *99*(5), 1–9. <https://doi.org/10.1093/jas/skab043>
- Linnemann, A., Ditzen, B., Strahler, J., Doerr, J. M., y Nater, U. M. (2015). Music listening as a means of stress reduction in daily life. *Psychoneuroendocrinology*, *60*, 82–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2015.06.008>
- Lu, Y., Liu, M., Shi, S., Jiang, H., Yang, L., Liu, X., ... Pan, F. (2010). Effects of stress in early life on immune functions in rats with asthma and the effects of music therapy. *Journal of Asthma*, *47*(5), 526–531.
- Lucini, D., Di Fede, G., Parati, G., y Pagani, M. (2005). Impact of Chronic Psychosocial Stress on Autonomic Cardiovascular Regulation in Otherwise Healthy Subjects. *Hypertension*, *46*(5), 1201–1206. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000185147.32385.4b>
- McCraty, R., Atkinson, M., Tiller, W. A., Rein, G., y Watkins, A. D. (1995). The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. *The American Journal of Cardiology*, *76*(14), 1089–1093. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(99\)80309-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0002-9149(99)80309-9)
- McEwen, B. S. (1998). Protective and Damaging Effects of Stress Mediators. *New England Journal of Medicine*, *338*(3), 171–179. <https://doi.org/10.1056/NEJM199801153380307>
- Menon, V., y Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *NeuroImage*, *28*(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.05.053>
- Mitchell, L. A., MacDonald, R. A. R., Knussen, C., y Serpell, M. G. (2007). A survey investigation of the effects of music listening on chronic pain. *Psychology of Music*, *35*(1), 37–57.
- Mizoguchi, K., Ishige, A., Aburada, M., y Tabira, T. (2003). Chronic stress attenuates glucocorticoid negative feedback: involvement of the prefrontal cortex and hippocampus. *Neuroscience*, *119*(3), 887–897. [https://doi.org/10.1016/S0306-4522\(03\)00105-2](https://doi.org/10.1016/S0306-4522(03)00105-2)
- Morton, D. B., y Griffiths, P. H. (1985). Guidelines on the recognition of pain, distress and discomfort in experimental animals and an hypothesis for assessment. *The Veterinary Record*, *116*(16), 431–436. <https://doi.org/10.1136/vr.116.16.431>
- Muneta, Y., Yoshikawa, T., Minagawa, Y., Shibahara, T., Maeda, R., y Omata, Y. (2010). Salivary IgA as a useful non-invasive marker for restraint stress in pigs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 1004280236.
- Nannoni, E., Sardi, L., Vitali, M., Trevisi, E., Ferrari, A., Barone, F., ... Martelli, G. (2016). Effects of different enrichment devices on some welfare indicators of post-weaned undocked piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, *184*, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.08.004>
- Nannoni, Eleonora, Sardi, L., Vitali, M., Trevisi, E., Ferrari, A., Ferri, M. E., ... Martelli, G. (2019). Enrichment devices for undocked heavy pigs: effects on animal welfare, blood parameters and production traits. *Italian Journal of Animal Science*, *18*(1), 45–56.

- <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1472531>
- Papadakakis, A., Sidiropoulou, K., y Panagis, G. (2019). Music exposure attenuates anxiety-and depression-like behaviors and increases hippocampal spine density in male rats. *Behavioural Brain Research*, 372, 112023.
- Patterson-Kane, E. G., y Farnworth, M. J. (2006). Noise exposure, music, and animals in the laboratory: A commentary based on laboratory animal refinement and enrichment forum (LAREF) discussions. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 9(4), 327–332. [https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904\\_7](https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904_7)
- Peretz, I., y Zatorre, R. J. (2005). Brain organization for music processing. *Annu. Rev. Psychol.*, 56, 89–114.
- Pines, M. K., Kaplan, G., y Rogers, L. J. (2004). Stressors of common marmosets (*Callithrix jacchus*) in the captive environment: Effects on behaviour and cortisol levels. In *Folia Primatologica* (Vol. 75, pp. 317–318). Karger allschwilerstrasse 10, ch-4009 basel, switzerland.
- Saul, A. N., Oberyszyn, T. M., Daugherty, C., Kusewitt, D., Jones, S., Jewell, S., ... Dhabhar, F. S. (2005). Chronic Stress and Susceptibility to Skin Cancer. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 97(23), 1760–1767. <https://doi.org/10.1093/jnci/dji401>
- Scherer, K. R., y Coutinho, E. (2013). How music creates emotion: a multifactorial process approach. *The Emotional Power of Music*, 121–145.
- Sephton, S., y Spiegel, D. (2003). Circadian disruption in cancer: a neuroendocrine-immune pathway from stress to disease? *Brain, Behavior, and Immunity*, 17(5), 321–328. [https://doi.org/10.1016/S0889-1591\(03\)00078-3](https://doi.org/10.1016/S0889-1591(03)00078-3)
- Schubert, C., Lambertz, M., Nelesen, R. A., Bardwell, W., Choi, J. B., y Dimsdale, J. E. (2009). Effects of stress on heart rate complexity—a comparison between short-term and chronic stress. *Biological psychology*, 80(3), 325–332.
- Smulders, D., Verbeke, G., Mormède, P., y Geers, R. (2006). Validation of a behavioral observation tool to assess pig welfare. *Physiology y Behavior*, 89(3), 438–447.
- Suda, M., Morimoto, K., Obata, A., Koizumi, H., y Maki, A. (2008). Emotional responses to music: Towards scientific perspectives on music therapy. *NeuroReport*, 19(1), 75–78. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f3476f>
- Sutoo, D., y Akiyama, K. (2004). Music improves dopaminergic neurotransmission: Demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation. *Brain Research*, 1016(2), 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2004.05.018>
- Thoma, M. V., Joksimovic, L., Kirschbaum, C., Wolf, J. M., y Rohleder, N. (2012). Altered salivary alpha-amylase awakening response in Bosnian War refugees with posttraumatic stress disorder. *Psychoneuroendocrinology*, 37(6), 810–817.
- Thoma, M. V., Scholz, U., Ehlert, U., y Nater, U. M. (2012). Listening to music and physiological and psychological functioning: The mediating role of emotion regulation and stress reactivity. *Psychology y Health*, 27(2), 227–241.
- Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., y Nater, U. M. (2013a). The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070156>
- Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., y Nater, U. M. (2013b). The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE*, 8(8), e70156. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070156>
- Thoma, M. V., Ryf, S., Mohiyeddini, C., Ehlert, U., y Nater, U. M. (2012). Emotion regulation through listening to music in everyday situations. *Cognition y Emotion*, 26(3), 550–560.

- Treptow, K. (1966). Dynamics of glycemc reactions after repeated exposure to noise. In *Activitas Nervosa Superior* (Vol. 8, p. 215). Avicenum czechoslovak medical press tomasska 1, prague 1 118 02, czech republic.
- Tsigos, C., y Chrousos, G. P. (2002). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*, 53(4), 865–871. [https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(02\)00429-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00429-4)
- Ulrich-Lai, Y. M., y Herman, J. P. (2009). Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nature reviews neuroscience*, 10(6), 397-409.
- Ventura, T., Gomes, M. C., y Carreira, T. (2012). Cortisol and anxiety response to a relaxing intervention on pregnant women awaiting amniocentesis. *Psychoneuroendocrinology*, 37(1), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.05.016>
- von Borell, E., Langbein, J., Després, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant-Forde, J., ... Veissier, I. (2007, October 22). Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals - A review. *Physiology and Behavior*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.01.007>
- Voss, J. A., Good, M., Yates, B., Baun, M. M., Thompson, A., y Hertzog, M. (2004). Sedative music reduces anxiety and pain during chair rest after open-heart surgery. *Pain*, 112(1–2), 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2004.08.020>
- Willner, P. (2017). The chronic mild stress (CMS) model of depression: History, evaluation and usage. *Neurobiology of Stress*, 6, 78–93. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.08.002>
- Yamamoto, M., Naga, S., y Shimizu, J. (2007). Positive musical effects on two types of negative stressful conditions. *Psychology of Music*, 35(2), 249–275. <https://doi.org/10.1177/0305735607070375>

## **Capítulo 5. La empatía interespecífica como herramienta para la promoción del bienestar animal y la formación de valores en los niños y jóvenes**

### **Introducción**

En los capítulos previos, se presentó el desarrollo de un trabajo de investigación que utiliza la música como estrategia para mejorar el bienestar animal, constituyendo un desarrollo científico y tecnológico que podrá ser aplicado en los sistemas de producción porcina. Entendiendo los resultados de investigación como un sustrato para la construcción de sociedad y que las tecnologías deben corresponder con el contexto social en el que se desarrollan y aplican, aportando a su transformación, se hace necesario un acercamiento a la situación del ámbito rural del país, que constituye el escenario donde la aplicación de la investigación desarrollada tendría un impacto inicial. En el contexto Colombiano, se hace evidente un problema estructural: la violencia; una situación a la que históricamente han estado expuestas las comunidades rurales y que en la actualidad sigue afectando la psiquis de los niños como lo muestran las encuestas de salud mental (Gómez-Restrepo, 2016). Problemática profunda y generalizada, que trasciende desde la violencia social, hacia la intrafamiliar e incluso, la violencia hacia los animales (Jegatheesan et al. 2020). Por lo anterior, se propuso una estrategia de apropiación social de conocimiento orientada, a la promoción de la empatía interespecífica en niños y jóvenes de una institución educativa rural, como un esfuerzo dirigido hacia una educación que incorpore y sensibilice sobre la consideración moral de los animales, y que se proyecta a formar en una empatía que propicia un respeto por los otros seres y la naturaleza (Kopnina y Cherniak 2015). Este capítulo presenta una síntesis de su desarrollo.

El bienestar animal es un concepto que deriva de la preocupación ética de origen social sobre la forma en que los seres humanos condicionamos la vida de los otros animales, este concepto plantea una perspectiva hacia un cambio de paradigma sobre el relacionamiento humano con los demás y de esta manera puede ser una herramienta para fomentar en la sociedad una posición más empática con la naturaleza, los animales no humanos y los mismos seres humanos. De esta manera, la promoción de la preocupación por el bienestar es una incitación a la empatía con un enfoque interespecífico fomentando el reconocimiento y el respeto por los demás, independientemente de sus diferencias y propendiendo por una transformación en las actitudes (Pejman et al. 2021).

La educación se concibe como instrumento transformador de diversas formas, con un papel crítico en la construcción moral de los individuos, de ahí que promover la empatía en la enseñanza escolar es un asunto relevante en coherencia con la formación integral de las personas (Thompson y Gullone 2003). En este sentido es pertinente citar las afirmaciones del teórico Nel Noddings: “Teniendo una sociedad bien educada y capacitada se suma a la prosperidad económica y el bienestar social”. Y es que si bien, se ha discutido en la literatura que la empatía y la preocupación por el bienestar animal no son asuntos concretamente “enseñables”, se ha evidenciado, por ejemplo en el trabajo de Poresky y Hendrix, que en el aprendizaje de competencias sociales, existen factores relativos vínculo humano-animal y a la empatía interespecífica (Poresky y Hendrix 1990a), sugiriendo una relación beneficiosa entre la relación de los niños con los otros animales y su desarrollo social. La empatía en particular, fomenta actitudes y comportamientos positivos, que conciernen a los demás, tanto en las relaciones humanas (Hoffman, 2000) como en las relaciones interespecíficas.

La empatía se correlaciona positivamente con el interés por el bienestar animal (Galvin y Herzog 1994). Por ello, es presumible que sea una herramienta útil en la promoción del bienestar animal (Thompson y Gullone 2006); aportando a cambios sociales importantes, propendiendo por el respeto hacia los demás y a una mayor conciencia sobre los profundos efectos del accionar humano sobre la naturaleza y los otros animales. Es muy probable que aquellos niños y jóvenes que cuenten con herramientas que fortalezcan sus competencias sociales, construyan una mejor sociedad en términos morales. En este sentido, los sistemas educativos y los programas académicos deberían contar con herramientas que pongan en consideración la importancia de paradigmas como la empatía interespecífica, que pueden aportar en la formación holística de las nuevas generaciones.

Por otro lado, se amplía la discusión sobre la evolución en los métodos de enseñanza y como estos deben adaptarse a las formas actuales en que los niños y jóvenes se relacionan con la tecnología y la digitalización que esta implica. Así, en años recientes, las políticas de Colombia han dirigido grandes esfuerzos institucionales para impulsar las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación), reconociendo su papel como una herramienta encauzada al desarrollo social y la innovación. Las TIC como herramientas añadidas a los modelos pedagógicos actuales pueden convertirse en recursos valiosos para el aprendizaje (Prieto Díaz et al., 2011), facilitando la creación de ambientes de aprendizaje activos, constructivos y reflexivos (Kustcher y St Pierre 2001) y sobre todo contextualizados.

Por todo lo anterior, se propuso un trabajo interdisciplinario para la generación de una estrategia pedagógica que tuvo como eje central el fomento de la empatía interespecífica, como herramienta para la enseñanza del bienestar en niños y jóvenes. El marco de referencia y su desarrollo se presentan a continuación.

## **Marco Conceptual**

Como punto de partida es necesario plantear la definición de los conceptos y el contexto general que fundamenta el trabajo realizado en este capítulo, con la finalidad de brindar al lector un marco de referencia sobre los planteamientos e hipótesis que permitieron el desarrollo de los productos relacionados a este componente de la tesis.

### **Definición de empatía**

El concepto de empatía ha tenido una historia compleja, marcada por el desacuerdo y la discrepancia. Esto debido en parte, a que ha sido objeto de estudio de diversas disciplinas, como la filosofía, la teología, la psicología, la etología, y recientemente la neurociencia; existiendo aún falta de consenso respecto a la naturaleza del término. Etimológicamente, la palabra empatía proviene del griego antiguo ἐν "en, dentro" y πάθος "sufrimiento", "lo que se experimenta". Pero su significado parece trascender a la semántica y ha sufrido múltiples interpretaciones; es un concepto en la encrucijada de la psicología del desarrollo, la filosofía, la sociología y la neurociencia. Así, por ejemplo, los filósofos conciben la empatía como una competencia moral, mientras los antropólogos la consideran sobre todo una competencia social. Al respecto, Watzlawick, declaró que la empatía, es parte de esos elementos metafísicos creados por investigadores y que los llevan a querer usarlos para explicar comportamientos observables: "Estas nociones, que se oscurecen a medida que las estudiamos, parecen quimeras y despiertan, en particular, un creciente escepticismo" (Watzlawick, 1991). También, Reed 2014 comentó: "Es muy difícil conceptualizar algo que a su vez se ha descrito como un conocimiento inductivo, como un proceso inferencial, un tipo preciso de comunicación, un método de observación, una aptitud, una capacidad imitativa, una emoción indirecta, una forma de contagio emocional, un proceso de recopilación de datos, una forma de procesar información, una habilidad, una forma de comprensión "(Reed, 2014). Sin embargo, y pese a la complejidad de una definición concreta, a continuación se presenta una breve revisión de la evolución del concepto y algunas posturas al respecto que, desde el criterio del autor de esta tesis, pueden servir de referentes.

El término empatía tal y como se conoce actualmente apareció por primera vez en el siglo XVIII, siendo acuñado por Titchener (1909). Pero es durante el siglo XX, que aparecen definiciones concretas; Así, Lipps señala que: "la empatía se produce por una imitación interna que tiene lugar a través de una proyección de uno mismo en el otro" (Lipps, 1926) . Esto dio lugar a un

enfoque cognitivo del concepto, que fue desarrollado más adelante por Köhler, uno de los investigadores considerados pioneros en el estudio de la empatía, definiéndola como “la comprensión de los sentimientos de los otros” (Kohler, 1929). Posteriormente, y con el mismo enfoque, Dymond introdujo el término adopción de perspectiva (“role-taking”) (Dymond, 1949), dando lugar a una línea de pensamiento, adoptada posteriormente por Hogan, que definió la empatía como “un intento de comprender lo que pasa por la mente de los demás o, en otras palabras, como la construcción que uno mismo tiene que llevar a cabo sobre los estados mentales ajenos” (Hogan, 1969). Hasta ese momento la mayor parte de los autores se inclinaron por una visión cognitiva de la empatía, al considerar que esta consiste fundamentalmente en la adopción de una perspectiva cognitiva del otro (cognitive role-taking).

Sin embargo, a finales de los años 60, se empezó a consolidar una visión distinta, con un enfoque afectivo. Stotland fue uno de los primeros autores en definir la empatía desde esta perspectiva, definiéndola como: “la reacción emocional de un observador que percibe que otra persona está experimentando o va a experimentar una emoción” (Stotland, 1969). En esta misma línea, Hoffman la define como “una respuesta afectiva más apropiada a la situación de otra persona que a la propia” (Hoffman, 1987); y Mehrabian y Epstein la describen como “una respuesta emocional vicaria que se experimenta ante las experiencias emocionales ajenas, es decir, sentir lo que la otra persona siente” (Mehrabian y Epstein 1972). Cabe mencionar que, algunos autores como Davis, también han planteado posturas integradoras para estos dos enfoques contrapuestos (el “cognitivo” y el “afectivo”) (Davis, 1980).

En años más recientes algunos autores han continuado trabajando en esta conceptualización, así se resaltan definiciones como la de Albiol, que con una inclinación hacia el enfoque emocional plantea lo siguiente: “El término empatía ha sido utilizado para referirse a la comprensión del otro o ponerse en el lugar de los demás, a través del conocimiento de las experiencias, pensamientos y emociones que experimenta un individuo. Esta definición evoca una facultad o disposición psíquica que hace posible a un individuo, ponerse "en el lugar" de los demás para comprender sus sentimientos y emociones. Por lo tanto, se trata de sentir y representar las emociones y los sentimientos de los demás (y de uno mismo), adoptando el punto de vista del otro y permaneciendo uno mismo (Albiol, 2018). También Bobin y Dattas, plantean en un sentido más integrador: "La empatía es el arte dual de mayor cercanía y distancia sagrada". La empatía

presupone un distanciamiento entre uno mismo y los demás, la empatía incluye al otro en la construcción (Bobin y Dattas 2001).

Para concluir esta revisión sobre el desarrollo del constructo de empatía, es claro que existen varios enfoques en su abordaje conceptual, lo puede asimilarse negativamente, por las múltiples interpretaciones que pueden sucederse. Sin embargo, en este caso concreto considero que estas visiones a veces cercanas y a veces un poco más distantes pueden enriquecer el significado del término si decide adoptarse una visión integradora.

### **La empatía interespecífica**

Desde una perspectiva disciplinar, cabe mencionar que el concepto de empatía ha transitado también por varios ámbitos del conocimiento. Y es particularmente relevante la óptica planteada desde la historia natural y la etología, ya que ha permitido el surgimiento del concepto de empatía interespecífica.

Varios investigadores han planteado que la empatía se ha fortalecido con la evolución de las especies, aportando datos relevantes sobre el carácter innato de la empatía. Se sugieren que la empatía no es un fenómeno exclusivamente humano y que sus raíces subyacen en un proceso evolutivo distante, vinculado a la selección natural. En este sentido, Darwin fue el primero en describir procesos emocionales en animales y humanos y en proponer una continuidad de mecanismos entre especies. Así hizo de la empatía la base de los sentimientos y comportamientos sociales. En este mismo sentido, (Hoffman, 2000) considera que la empatía ayudó a crear cohesión social, contribuyendo así a una mejor calidad de vida. Las causas, llamadas causas finales (Mayr, 1961) de la empatía son responsables de la evolución de la información genética de la especie humana, pero también de ciertas especies animales. De Wall, desarrollando esta línea considera que la empatía se basa en una larga historia evolutiva y es una característica común a ciertos animales y al hombre, y concibe una continuidad filogenética. "La empatía es parte de nuestra herencia tan antigua como la línea de los mamíferos". Por tanto, sería una capacidad que se habría desarrollado al menos durante los doscientos millones de años que duró la evolución de los mamíferos. Según este mismo autor, la empatía tiene varios roles con una propensión a responder al estado emocional de los demás (contagio emocional). Alrededor de este núcleo presente en una multitud de especies, la evolución ha dado lugar a la construcción de capacidades más elaboradas,

como la preocupación por los demás y la adopción de sus puntos de vista ("toma de perspectiva") (de Waal, 2007) .

En las últimas décadas han visto un auge de investigación en neuroanatomía comparada, cuyos hallazgos han determinado cambios en la concepción científica de las habilidades de los animales y de la evolución misma. Los análisis de cerebros en muchas especies han demostrado similitudes estructurales y funcionales aún mayores de lo que se suponía anteriormente. La investigación enfatiza las similitudes neuroanatómicas, un sistema nervioso central, con el cerebro y la médula espinal, existe en todos los vertebrados (Butler, 2001; Squire et al. 2012). Incluso algunos invertebrados como insectos y caracoles tienen sistema nervioso central y particularmente algunos, como los pulpos, tienen sistemas nerviosos particularmente impresionantes (Butler y Hodson 2005). Esto determina una “ascendencia común y la necesidad de realizar funciones vitales similares” (Laberge et al. 2006). Los genes que subyacen al desarrollo del sistema nervioso prácticamente no han cambiado a lo largo de la evolución (Butler, 2008a). Incluso el neocórtex de evolución más reciente existe de alguna forma en todos los vertebrados, incluidos los pájaros y los reptiles (LeDoux, 1998). Algunas neuronas complejas que se habían considerado exclusivas de los humanos, pero esto es ahora cuestionable, se ha demostrado que las ballenas jorobadas poseen células fusiformes corticales especializadas para el procesamiento emocional (Hof y Van der Gucht 2007); y que los monos macacos tienen neuronas espejo que ayudan en el comportamiento empático y el aprendizaje (Damasio y Meyer 2008). El sistema límbico asociado a las emociones es bastante similar entre los vertebrados (Butler, 2001). Según Jaak Panksepp un experto en neurociencia afectiva, la experiencia emocional pura puede reflejar “una forma antigua de conciencia” (Panksepp, 2005), porque los sistemas subyacentes son muy parecidos entre los humanos y otros animales. Para el científico animal Temple Grandin, está claro que todos los animales y las personas tienen “los mismos sistemas centrales de emociones en el cerebro” (Grandin y Johnson 2009).

Con respecto a la empatía en particular existen numerosos reportes que sobre comportamientos que dan cuenta de su manifestación en animales no humanos, pudiendo reconocer los estados de ánimo o las necesidades de los demás. La empatía se ha informado ampliamente en primates (de Waal, 2005) y en un estudio clásico de 1935 de un chimpancé en Rusia (Ladygina-Kohts et al., 2002). Trabajando aisladamente en la Rusia estalinista con un chimpancé, Kohts demostró decenas de capacidades en el chimpancé, incluida la empatía hacia sí misma y hacia los

demás. La empatía se ha observado ampliamente en los animales de compañía (Bekoff, 2007; de Waal, 2005) y en otros mamíferos como elefantes, chimpancés, bonobos, delfines o ballenas, se ha demostrado que se ayudan entre sí para salvar la vida de sus congéneres (Bekoff 2007; Kuczaj et al. 2001). Los ratones sienten más o menos dolor dependiendo de la situación de sus compañeros de jaula. Langford y col. mostraron que los ratones mostraban una respuesta al dolor aumentada o disminuida dependiendo de si podían ver a sus compañeros de jaula recibir un estímulo nocivo. Comentando que “se había pensado que la empatía era exclusiva de los primates superiores, posiblemente solo de los humanos”, pero a partir de la evidencia sería necesario plantear un punto de vista alternativo (Langford et al. 2006).

Siguiendo esta línea, el concepto de empatía interespecífica, tiene una perspectiva bastante profunda, se plantea como aquella empatía que trasciende entre las diferentes especies, y por tanto, no se trata únicamente de “considerar a otros”, sino también cuando estos otros poseen diferencias más notables. Para autores como Drane (2009) la empatía interespecífica es la capacidad de sentir lo que otros están sintiendo, ya sea que provenga de la relación directa entre seres humanos u otros animales. Lo que en términos generales resta peso a la diferencia entre las especies. Según Paul (2000b), la empatía orientada a los animales tiene determinantes similares a la empatía orientada al ser humano. Bradshaw y Paul (2010) sugieren en su estudio, que la empatía hacia los animales no humanos se desarrolló hace más de 100 mil años atrás, edad que evoca la etapa más primitiva del hombre y que es a través de la incorporación de los animales a la vida doméstica, que el hombre empieza a generar los primeros lazos de acercamiento hacia los animales. Estos planteamientos sugieren un vínculo cercano entre la actitud empática entre los seres humanos y hacia los otros animales.

Sin embargo, otros investigadores conciben las expresiones empáticas de los humanos hacia los otros animales como algo bastante independiente (Mehrabian y Epstein 1972). Esto se refiere a que la manifestación de la empatía hacia los humanos y los otros animales no es necesariamente equivalente. En este sentido, se toma como ejemplo la ideología nazi, que exaltaba el valor de los animales, dando origen incluso a leyes e instituciones para la protección de los animales, mientras otros grupos humanos no eran objeto de ninguna consideración. En torno a esto, se ha sugerido la existencia de una empatía modular, o que existe un mecanismo moderador que determina el nivel real de empatía emocional provocada por un objetivo particular. Así, se pueden encontrar individuos que parecen tener una gran compasión por los animales, pero con poca preocupación

por el bienestar de las personas (Arluke y Sax 1992), o, de hecho, aquellos que parecen ser muy empáticos con las personas, pero que muestran poca o ninguna preocupación para otros animales.

También existe el argumento de que la empatía parece estar influenciada por el especismo, por ejemplo Joy (2013) revela que los seres humanos generamos menos empatía por ciertos animales, especialmente aquellos destinados para el consumo, porque hemos distorsionado la realidad desde generaciones remotas, denominando este fenómeno como “la triada cognitiva”. Esta carencia de empatía se ve manifestada en tres aspectos: la cosificación, la desindividualización y la dicotomización. Estos mecanismos de defensa nos hacen percibir a los animales como cosas, como abstracciones, y como categorías. En la misma línea (Preston y Waal 2002) sugieren que las actitudes hacia los animales dependen de su valor para nosotros, como lo demuestra la disminución antropogénica de los animales depredadores y otros animales considerados para el hombre como peligrosos, así como la proliferación simultánea de animales como el ganado que son necesarios para la producción de alimentos (Rifkin et al. 1992). Esto representa un patrón global de diferenciación animal, entre aquellos que son y los que no son útiles para los humanos (Coppinger y Smith 1983).

Más recientemente, los avances en la neurociencia proponen nuevas consideraciones sobre nuestra predisposición neurológica a ser empáticos con los otros animales. La investigación sobre las neuronas espejo sugiere que solo los estímulos coherentes o estrechamente relacionados con el repertorio conductual del observador son efectivos en la activación de las neuronas espejo (Buccino et al. 2004). Por lo tanto, si un humano observa las acciones de la boca en humanos, en monos y perros, la de morder, cualquiera que sea la especie, conduce a la activación de los circuitos neuronales involucrados en el reconocimiento de la acción. Por otro lado, la acción de ladrar no conduce a ninguna activación.

Los argumentos anteriormente planteados, asignan un valor biológico a la empatía, ampliando su perspectiva desde la condición humana, hacia una empatía interespecífica que puede dar espacio a una mejor comprensión del relacionamiento humano con los demás seres, permitiendo al hombre reflexionar sobre sus propios pensamientos y sentimientos y los de los demás. Sin embargo y más allá de definiciones o conceptualizaciones, es necesario pensar en la promoción de este discurso, específicamente en la forma de incorporar esta perspectiva integradora del hombre, los otros animales y la naturaleza, en la construcción de nuevos paradigmas sociales.

Más aún cuando algunos autores manifiestan preocupaciones con respecto a una creciente falta de empatía en la sociedad actual, hacia el hombre en particular y los animales en general (Preston y Waal 2002). De lo anterior, se puede deducir la relevancia del diseño e implementación de estrategias que fomenten la empatía y todo lo que en ella se enmarca.

### **La empatía interespecífica como estrategia para la enseñanza del respeto por el otro**

Además de las consideraciones mencionadas previamente al respecto de la empatía, en este apartado, se pretende profundizar sobre el valor que esta puede tener como herramienta para la transformación social. A este respecto Albiol menciona: “Cuanto más empático es alguien, utilizará menos la violencia ya que tendrá muy en cuenta la perspectiva y los sentimientos de los otros” (Albiol, 2018). De esta manera el rol de la empatía puede ser trascendental para potenciar cambios sociales en el ámbito de la biofilia y el respeto por los demás.

Varios investigadores han planteado la importancia de los animales no humanos en las relaciones humanas. Por un lado, hacen parte de nuestras interacciones cotidianas, pero también nos ayudan y nos enseñan (Bekoff, 2007; Paul, 2000a). Estudios realizados muestran como las mascotas pueden brindar soporte a las personas y aportan a su bienestar y felicidad, pueden contribuir durante procesos terapéuticos, médicos, escolares, o en la interacción con ancianos en la cura de la depresión (Bekoff, 2007). También, en un estudio por Allen Scholen, sugiere que existen catorce formas concretas en que la relación de los seres humanos con los animales contribuyen a la reducción del estrés, estos incluyen: la reducción de la presión sanguínea, el aumento de la autoestima en niños y adolescentes, la mejora de la vida de las personas mayores y el desarrollo de actitudes humanas en los niños (Bekoff, 2007). Estos trabajos, resaltan la importancia de entender y fomentar un relacionamiento empático interespecífico entre los humanos y otros animales.

Sin embargo, existe un cuestionamiento fundamental en lo relativo al fomento de la empatía hacia los animales y es si esta es “enseñable”. Esta consideración, surge del conocimiento que se tiene sobre la influencia de la genética sobre rasgos de la personalidad (Carey y DiLalla 1994), por lo que es de esperar por analogía, que un rasgo con un valor de supervivencia tan obvio como el cuidado de los animales también tenga un componente genético. También la empatía por los animales es un rasgo observado a una edad muy temprana en los niños, y esto no puede explicarse satisfactoriamente por influencias ambientales como la presencia de mascotas (Poresky y Hendrix

1990b). Adicionalmente también es contrastante que, dentro de una población, la mayor preocupación por el bienestar de los animales de granja se ve en los habitantes urbanos, que son precisamente los que tienen menos contacto directo con los animales de granja y, por lo tanto, tienen menos oportunidades de aprender sobre sus actitudes (Hills, 1995).

Pese a lo anterior, se sabe que algunos aspectos de la empatía están indudablemente influenciados por la experiencia y algunos autores sostienen que las influencias parentales y culturales, es decir, el aprendizaje, son los principales factores responsables de las diferencias observadas en la empatía hacia las diversas especies animales, más bien que las influencias genéticas. Existen varias experiencias en países como Canadá, Dinamarca, Francia, Alemania y Reino Unido, que dan cuenta de un reconocimiento de la importancia enseñanza de la empatía como herramienta social. En Reino Unido en particular se ha dado lugar al desarrollo del concepto de Duty of Care (DOC) (Poresky y Hendrix 1990a) que se basa en comprender el entendimiento y percepción que poseen niños y niñas respecto de sus mascotas, para poder diseñar intervenciones educativas, evaluando actitudes, empatía y apego sobre la base del conocimiento temprano hacia los animales. También se tienen referentes como la conferencia internacional "Educación para el bienestar animal: todos somos responsables", que se celebró en Bruselas en 2010, destacando el diálogo necesario entre valores y ciencias para permitir una educación en bienestar animal. Los valores que se promovieron fueron sobre solidaridad, respeto, compasión y empatía (Thompson y Gullone, 2006), resaltando la educación en la empatía como la respuesta más adecuada a la enseñanza del bienestar animal.

Para cerrar este apartado, cabe resaltar lo planteado por Hoffman (2000): “La promoción de una educación en empatía, puede fomentar actitudes y comportamientos positivos, que conciernen a los demás, tanto en las relaciones humanas como en las relaciones interespecíficas”. Si bien, es un esfuerzo dirigido a una reconciliación con la naturaleza puede aportar enormemente a la construcción de una sociedad basada en principios como el respeto y la igualdad. Así, incluir en la agenda educativa el tema de la empatía interespecies, es importante para una sociedad que pretenda fortalecer sus competencias morales y sociales. Estos planteamientos fundamentaron el desarrollo de los productos de investigación relacionados directamente con este capítulo y que se presentan más adelante mediante una transmedia gamificada, estrategia que será explicada en el siguiente apartado.

## **Transmedia gamificada como estrategia didáctica**

Una de las dificultades para abordar la educación, específicamente en lo relativo al desarrollo de propuestas transformadoras para la formación integral, radica en la dificultad de innovar en ambientes de aprendizaje lo suficientemente poderosos, contextualizados y dinámicos para lograr en los alumnos una disposición para aprender a pensar activamente. Esto dificulta la construcción diaria, la reflexión y el aprendizaje significativo. En este sentido, la enseñanza y la sociedad del conocimiento requieren de nuevas estrategias que generen motivación y disposición para el aprendizaje. Generar nuevos escenarios de aprendizaje que cumplan con este requerimiento, es una tarea que ha involucrado el juego, como herramienta de motivación y atención. Según Werbach y Hunter, las dinámicas, las mecánicas y los componentes, siguiendo una metodología cualitativa basada en el análisis de contenido, arrojan importantes beneficios en los alumnos, como la motivación, la inmersión para posibilitar la anticipación y planificación de situaciones (Hunter y Werbach 2012).

Se denomina narrativa transmedia a una historia que se muestra o entrega a través de múltiples medios y plataformas de comunicación, donde los usuarios son motivados a tomar un rol activo y corresponde a la integración a varios recursos o materiales como los juegos, las historias, el material impreso y el material audiovisual. La gamificación específicamente, se refiere al diseño de elementos de juego en contextos ajenos al juego, con el fin de hacer el producto o servicio más atractivo, más motivador (Deterding et al. 2011a; Deterding et al. 2011b). Esto facilita una mayor intervención de los usuarios y genera experiencias más personales y creativas, y potencialmente útil en el desarrollo de habilidades y comportamientos (Burke, 2012). La educación tiene entonces la oportunidad de adoptar estas nuevas tendencias. La integración de estas dos estrategias descritas, da lugar a lo que se denomina transmedia gamificada. El *Horizon Report 2014* plantea la este tipo de creaciones como estrategias didácticas, potenciando principalmente la motivación e incentivando la formación integral de los individuos (Johnson et al., 2014)

La transmedia gamificada requiere el aprovechamiento de los recursos tecnológicos, a partir de un proceso direccionado, que da lugar a la formulación de preguntas y un debate reflexivo, como elementos para enriquecer el proceso de enseñanza. De ahí, que los contenidos deben ir articulados e integrados a temáticas y objetivos pedagógicos bien establecidos y ojalá planteados desde el diálogo disciplinar, generando una visión más completa e integradora (Mayer, 1998). Esto último

es particularmente relevante, cuando se ha sugerido que la exposición intensiva de los jóvenes a los medios reclama la necesidad de hacer una revisión crítica de las alfabetizaciones digitales, quitando énfasis a las competencias y volviendo a poner el foco de atención en los distintos contextos de uso, y los modos emergentes de valoración. Por ejemplo, analizando la manera de equilibrar el uso del computador, del celular, del internet y el relacionamiento con el libro con el texto con el entorno.

Por lo anterior, se propuso un trabajo interdisciplinario para la generación de una estrategia pedagógica enmarcada en la transmedia y la gamificación que tuvo como marco de referencia los conceptos de empatía interespecífica y bienestar animal. Los productos relacionados al diseño y desarrollo de esta experiencia se presentan a continuación en este apartado.

## **Resultados**

Finalmente, y respondiendo al desarrollo del objetivo específico 4 de esta tesis: “Crear un ambiente de aprendizaje a partir de un videojuego que permita incorporar los problemas inherentes al bienestar animal como ejes problematizados para la formación de valores en los niños y jóvenes” que constituyó una herramienta de divulgación social del conocimiento para el trabajo de investigación realizado, se presenta un artículo de investigación que está en proceso de revisión para publicación, que sirvió como diagnóstico para el posterior diseño de dos productos que componen una transmedia gamificada, que corresponden a una cartilla y un videojuego, ambos diseñados en un marco general de la promoción del bienestar animal y la empatía.

### **Artículo 4:**

#### **La empatía hacia los animales en niños y adolescentes**

##### **Resumen**

La promoción de la empatía interespecífica tiene un impacto en el desarrollo de habilidades sociales, especialmente en niños y adolescentes, fomentando el respeto hacia los demás. En Colombia, no existen precedentes en el diagnóstico, implementación y evaluación de estrategias orientadas a promover la empatía interespecífica. Por lo anterior, se llevó a cabo el presente trabajo, con el objetivo de evaluar las actitudes, el apego y la empatía hacia los animales, de niños y adolescentes. Este estudio permitió la valoración del relacionamiento con los animales en un grupo social particular y la validación local de un instrumento para su evaluación.

##### **Summary**

The promotion of interspecific empathy has an impact on the development of social skills, especially in children and adolescents, fostering respect for others. In Colombia, there are no precedents in the diagnosis, implementation, and evaluation of strategies aimed at promoting interspecific empathy. Therefore, the present work was carried out, with the objective of evaluating the attitudes, attachment, and empathy towards animals, of children and adolescents. This study allowed the evaluation of the relationship with the animals in a particular social group and the local validation of an instrument for its evaluation.

**Palabras claves:** Desarrollo de habilidades, Antropología de la educación, evaluación de la educación.

##### **Introducción**

En el mundo, existe un creciente cuerpo de trabajo que propone la empatía interespecie como una herramienta fundamental para la educación y la promoción de habilidades sociales: “Cuanto más

empático es alguien, utilizará menos la violencia, ya que tendrá muy en cuenta la perspectiva y los sentimientos de los otros”. (Albiol, 2018).

En Colombia, no se encuentran estudios sobre las actitudes y las relaciones empáticas de los niños con los animales y actualmente, el tema de la empatía interespecies, no ocupa un lugar en los programas de educación. Esta situación llama la atención, sobretodo en un país que ha tenido una historia de violencia tan prolongada y profunda. Existen numerosos estudios que han logrado demostrar una relación significativa entre la violencia y el maltrato animal, al punto que éste puede ser un indicador de la misma (Ascione, 2005; Ascione, Thompson, y Black, 1997). La educación en la empatía fomenta actitudes y comportamientos positivos, que conciernen a los demás, tanto en las relaciones humanas (Hoffman, 2000) como en las relaciones con los animales (Paul, 2000).

En este sentido, existen varias experiencias en países como Francia, Alemania y Dinamarca que dan cuenta de un reconocimiento de la importancia enseñanza de la empatía interespecies como herramienta social y han aplicado modelos que involucran este concepto en la educación de niños y jóvenes. En Reino Unido en particular, se ha dado lugar al desarrollo del concepto de Duty of Care (DOC) (Muldoon, Williams, Lawrence, Lakestani, y Currie, 2009). Qué es un programa que desarrolla instrumentos para facilitar el análisis y la comprensión de la percepción que poseen niños y niñas respecto a los animales, permitiendo diseñar intervenciones educativas, evaluando factores determinantes en la relación humano-animal como la empatía y otros aspectos relativos al conocimiento, las actitudes y el apego hacia los animales.

La empatía es concebida como una competencia moral y social (Aaltola, 2013), y por tanto, debe considerarse como parte de un nuevo paradigma educativo, con un rol importante en la formación del individuo. La educación en empatía podría ser una educación para la paz, para la disminución del conflicto y de los actos beligerantes, al empatizar se toma conciencia de los otros, poniéndose en su lugar, desde una actitud abierta y flexible, sin miedo al cambio y con disposición a mejorar (Albiol, 2018).

A nivel nacional no hay evidencia de investigaciones psicométricas que midan el constructo de empatía de los humanos hacia los animales. Por lo tanto, se considera relevante y necesaria la adaptación del instrumento en nuestro contexto. El presente trabajo de investigación evidencia la experiencia de la aplicación de un instrumento en un contexto rural, permitiendo determinar las propiedades psicométricas del mismo y permite contar con un instrumento validado para el diagnóstico de la relación humano-animal, teniendo en consideración las características del grupo y contexto social para los cuales fue adaptado. Este diagnóstico, constituye la base para la generación de estrategias innovadoras que aporten a la prevención e intervención de la violencia.

## **Metodología**

### *Criterios de inclusión*

- Estudiantes de 10 a 17 años de edad, cursando básica secundaria (grado 6 a 9) y media académica (grados 10 y 11).
- Estudiantes que vivían en área rural
- Estudiantes de ambos sexos.
- Estudiantes que voluntariamente aceptaron formar parte de la investigación.

### *Aspectos éticos*

La presente investigación respetó la privacidad de los encuestados, manteniendo en confidencialidad la identidad y respuestas de los participantes, además contó con el consentimiento informado y voluntario de los padres.

#### *Instrumento de recolección de datos*

Se adaptó un cuestionario del modelo “DOC” - Duty of Care, este es un instrumento que evalúa actitudes, empatía y apego hacia los animales en niños y adolescentes. Fue elaborado en el Reino Unido por el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Desarrollo Rural (DEFRA) en conjunto con el Colegio Escocés de Agricultura (SAC) y la Universidad de Edimburgo e incluye preguntas de la escala de actitud hacia las mascotas (The Pet Attitude Scale, denominada con sus siglas en inglés, PAS); y de las escalas: The Miller-Rada Commitmentt Pets, The Pet Relationship Scales y The Lexington Attachment to Pets Scales (Muldoon et al., 2009). Adicionalmente para este estudio, se incluyeron en el cuestionario algunas preguntas sobre la relación del encuestado con la especie porcina, que es de importancia productiva en la región de estudio (Gobernación de Antioquia, 2017). Estas preguntas fueron planteados por el grupo de trabajo y pretendían dar respuesta a interrogantes concretos sobre el relacionamiento con especies destinadas a la producción o animales de abasto.

El instrumento original fue preparado mediante traducción y retrotraducción, descartando la presencia de expresiones idiomáticas. Adicionalmente, algunos enunciados fueron adaptados, teniendo en cuenta la revisión de equivalencia idiomática y semántica realizada por expertos pedagógicos, descrito en el trabajo de (Torres, 2016). Estas modificaciones se aplican a tres preguntas: “odio a los animales”, que se modifica a “no me gustan los animales” pues se considera que el término “odio” es un concepto de baja asimilación para los niños. Asimismo, el enunciado: “mi mascota molesta más de lo que vale” es modificada por “mi mascota me molesta mucho”, pues también se plantea que esa “entrega de valor” al animal puede no ser bien entendida por los niños. Finalmente, en los cuestionamientos que incluyen el adverbio “a menudo”, es reemplazado por “habitualmente”, debido a que el vocabulario que utilizan los niños no suele incluir este tipo de expresiones.

Otro aspecto sobre el que se realizaron modificaciones, fue sobre el uso del término “mascota”, este tipo de términos requieren ser definidos dependiendo del entorno cultural del niño. Así un animal que tradicionalmente es útil en el trabajo (ej. Caballos) también puede considerarse como “mascota”, tanto como un perro o un gato, en un contexto rural. Por lo tanto, se opta por manejar la denominación general “animal” en lugar de “mascota” en el cuestionario.

Al final el instrumento está constituida por 36 ítems, divididos en cuatro dimensiones de evaluación: “Actitudes”, “apego”, “empatía” y “Actitudes y Empatía hacia los cerdos”, que se presentan en un formato de respuesta tipo Likert de 5 puntos, dónde: 1 (Muy en desacuerdo), 2 (En desacuerdo), 3 (No sé), 4 (de acuerdo), 5 (Muy de acuerdo). Adicionalmente, el cuestionario incluye otras mediciones complementarias como el sexo, la edad del encuestado, la posesión actual o en el pasado de mascotas y, el tipo y número de mascotas en el hogar.

#### *Análisis de datos*

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa estadístico R. Las respuestas obtenidas con el instrumento, construido en la escala psicométrica de likert, fue transformada a una escala de tipo ordinal, asignando el valor de 1 a “Muy en desacuerdo” hasta 5 “muy de acuerdo”, para detallar

los resultados obtenidos mediante un análisis de medidas de tendencia central (media, moda), medidas de dispersión (desviación estándar, mínimo y máximo) y distribución de frecuencias relativas porcentuales. Se realizó transformación logarítmica, para evaluar la correlación de las respuestas a los cuestionamientos con otros parámetros incluidos en la encuesta, como la edad. Las variables presentaron una distribución no normal, de tal manera que la correlación utilizada fue de tipo no paramétrico (Spearman). Se realizó Anova de 1 y 2 vías para evaluar el efecto específico de la edad y el sexo sobre las dimensiones: actitudes, apego y empatía hacia los animales. Adicionalmente se valoró el coeficiente Alfa de Cronbach como indicador de confiabilidad de la escala psicométrica.

## Resultados

Los datos evaluados fueron producto de la aplicación de un cuestionario a una población de 80 niños y adolescentes, que viven en la ruralidad y conforman el total de estudiantes de básica secundaria y media académica de una institución educativa en el municipio de Heliconia (Antioquia). La información general obtenida se puede resumir de la siguiente manera: los encuestados fueron 28 niñas y 52 niños, con edades entre los 10 y 17 años. El 100% de ellos indicó haber tenido una convivencia cercana con animales en algún momento de su vida y el 79% indicó la tenencia actual de un animal como mascota.

En la tabla 1, se presenta un análisis descriptivo de los datos. La edad promedio observada fue de 14 años, con un mínimo de 10 y un máximo de 17. Los demás enunciados, tuvieron una calificación de 1 a 5 en la escala tipo likert, que corresponde al nivel de acuerdo con la declaración correspondiente. En términos globales, la mayoría de los cuestionamientos tuvieron calificaciones promedio por encima de 4, y modas de 5, que hacen referencia a los mayores niveles de acuerdo, incluyendo enunciados como “las mascotas agregan felicidad a mi vida” o “considero a mi animal un miembro de mi familia” “Mi animal me hace sentir feliz”, estos resultados, reflejan actitudes positivas y de apego hacia los animales en la población estudiada.

Tabla N°1. Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación a las actitudes y empatía hacia los cerdos

Pregunta	Min	Media	Máx	DE	Moda
Edad	10	14	17	2,0	15
Realmente me gusta ver a las mascotas disfrutando su comida (1).	1	4,58	5	0,83	5
Las mascotas agregan felicidad a mí vida(o la agregarían si tuviera una) (2)	3	4,71	5	0,59	5
Paso tiempo jugando con mi animal todos los días (3)	2	4,41	5	0,81	5
A veces he conversado con mi animal y entendí lo que me quería decir (4)	1	3,75	5	1,24	5
Me gusta alimentar animales directamente de mi mano (5)	1	3,97	5	1,25	5
Amo a los animales (6)	1	4,71	5	0,68	5
Hablo con mi animal con mucha frecuencia (o lo haría si tuviera uno) (7)	1	3,95	5	1,22	5
Me gustan los animales (8)	1	4,62	5	0,97	5
Mi animal me hace enojar mucho (9)	1	2,2	5,0	1,4	2
Mi animal me ayuda a que me sienta mejor cuando me pasa algo malo (10).	1	4,36	5	0,95	5
Preferiría no tener animales (11).	1	1,52	5	0,84	1
Hay momentos donde prefiero estar solo sin mi animal (12).	1	2,15	5	1,21	1
Mi animal sabe cuándo estoy triste e intenta consolarme (13).	1	4,1	5	1,09	5
Mi animal me ayuda para ser más activo físicamente (14).	1	4,11	5	1,06	5

Me siento comprometido y responsable para cuidar a mí animal (15).	2	4,37	5	0,89	5
Extraño a mi animal cuando esto fuera de casa (16)	1	4,48	5	0,87	5
No pretendo tener otro animal en el futuro (17)	1	2,77	5	1,41	3
Considero mi animal como un miembro de la familia (18).	2	4,71	5	0,59	5
Mi animal sabe cuándo me siento mal (19)	1	4,01	5	1,06	5
Hablo con otros habitualmente sobre mi animal (20)	1	3,55	5	1,28	4
Mi animal me entiende (21)	1	4,04	5	1,07	5
Mi animal y yo tenemos una relación muy cercana (22)	1	4,22	5	1,06	5
Juego con mi animal muy a menudo (23)	1	4,29	5	0,94	5
Yo considero que mi animal es un gran compañero (24)	3	4,75	5	0,55	5
Mi animal me hace sentir feliz (25)	1	4,53	5	0,87	5
No soy muy cercana a mi animal (26)	1	2,47	5	1,35	2
Tener un animal contribuye a mi felicidad (27)	1	4,52	5	0,78	5
Considero que mi animal es un amigo (28)	1	4,7	5	0,7	5
He llorado cuando veo películas, series o publicidad donde maltratan a un animal (29)	1	4,14	5	1,18	5
Me pongo triste cuando le gritan a un animal (30).	1	4,42	5	0,96	5
Me siento mal cuando le hacen daño a un animal (31)	1	4,53	5	0,97	5
Me gustan los cerdos (32).	1	3,36	5	1,19	3
Me siento mal cuando un cerdo es maltratado (33).	1	4,03	5	1,11	5
Opinas que el cerdo es un animal inteligente (34).	1	4,08	5	0,95	5
Creer que un cerdo puede sentirse triste (35).	2	4,41	5	0,8	5
Creer que un cerdo puede llegar a ser un gran compañero (36).	1	3,85	5	1,1	5

Min: Mínimo, Max: Máximo, DE: Desviación estándar

En contraste, los enunciados: “Preferiría no tener animales” y “No soy muy cercano a mi animal” y “Hay momentos donde prefiero estar solo sin mi animal”, tuvieron los promedios y las modas de calificación mas bajas, pero estos son enunciados con una formulación negativa, por tanto, un calificación baja tiene una interpretación positiva dentro del marco de la investigación.

Pese a que esta evaluación inicial, en términos generales arrojó resultados positivos, en muchos enunciados como: “A veces he conversado con mi animal y entendí lo que me quería decir” “Me gusta alimentar animales directamente de mi mano” “Hablo con mi animal con mucha frecuencia (o lo haría si tuviera uno)”, “Hay momentos donde prefiero estar solo sin mi animal”, “No pretendo tener otro animal en el futuro” y “Hablo con otros habitualmente sobre mi animal”, se observaron desviaciones estándar altas, lo que sugirió la necesidad de un análisis más específico para cada enunciado, para lo que se llevó a cabo el analisis de la distribución porcentual que se desarrolla a continuación:

En la tabla N°2 se muestran los 8 ítems de la primera dimensión de evaluación, que son las actitudes hacia los animales. Las respuestas a los enunciados presentaron una distribución asimétrica, con una tendencia a altas puntuaciones en los mayores niveles de acuerdo y porcentajes muy bajos de respuesta en los niveles de desacuerdo. De esta manera y teniendo en cuenta la connotación positiva de todos los enunciados incluidos en esta dimensión, se puede verificar que los encuestados manifiestan tener actitudes positivas hacia los animales.

Tabla N°2. Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes en relación a las actitudes hacia los animales.

<b>Actitudes hacia los animales (n=80=100%)</b>	Muy de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	No sé (%)	En desacuerdo (%)	Muy en desacuerdo (%)
Realmente me gusta ver a las mascotas disfrutando su comida (1).	69,4	19,4	8,3	2,8	0,0
Las mascotas agregan felicidad a mí vida(o la agregarían si tuviera una) (2)	77,5	11,3	9,9	1,4	0,0
Paso tiempo jugando con mi animal todos los días (3)	55,6	29,2	9,7	5,6	0,0
A veces he conversado con mi animal y entendí lo que me quería decir (o lo haría si tuviera uno) (4)	35,3	30,9	16,2	8,8	8,8
Me gusta alimentar animales directamente de mi mano (5)	46,4	26,1	13,0	4,3	10,1
Amo a los animales (6)	81,2	14,5	4,3	0,0	0,0
Hablo con mi animal con mucha frecuencia (o lo haría si tuviera uno) (7)	47,8	29,0	11,6	5,8	5,8
Me gustan los animales (8)	85,7	12,9	1,4	0,0	0,0

En la Tabla N°3, se muestran los resultados para 20 ítems relacionados con la dimensión de apego. Se observaron altos porcentajes de desacuerdo para los enunciados 9, 11 y 12, pero debe considerarse que estos enunciados tienen una formulación negativa. La pregunta 17 en particular, tuvo un alto porcentaje de respuesta en la categoría “no sé”. Los demás enunciados, tienen el mayor porcentaje de respuesta en la categoría de “Muy de acuerdo”, sin embargo, se observa una marcada dispersión de las respuestas y llama la atención que hay altos porcentajes en las categorías de poco acuerdo. Adicionalmente, un ítem (26), “no soy muy cercano a mi animal” tuvo una distribución homogénea entre las categorías, con porcentajes importantes “de acuerdo” y “muy de acuerdo”, pese a ser un cuestionamiento con una connotación negativa con respecto al apego.

Tabla N°3. Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación al apego hacia los animales.

<b>Apego (n=80=100%)</b>	Muy de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	No sé (%)	En desacuerdo (%)	Muy en desacuerdo (%)
Mi animal me hace enojar mucho (9)	7,4	13,2	11,8	42,6	25,0
Mi animal me ayuda a que me sienta mejor cuando me pasa algo malo (10).	63,2	22,1	10,3	2,9	1,5
Preferiría no tener animales (11).	1,5	0,0	9,0	29,9	59,7
Hay momentos donde prefiero estar solo sin mi animal (12).	3,0	13,6	15,2	30,3	37,9
Mi animal sabe cuándo estoy triste e intenta consolarme (13).	49,2	23,8	19,0	4,8	3,2
Mi animal me ayuda para ser más activo físicamente (14).	50,7	17,9	25,4	4,5	1,5
Me siento comprometido y responsable para cuidar a mi animal (15).	64,7	19,1	14,7	1,5	0,0
Extraño a mi animal cuando esto fuera de casa (16)	67,2	25,4	4,5	1,5	1,5
No pretendo tener otro animal en el futuro (17)	18,5	0,0	36,9	18,5	26,2
Considero mi animal como un miembro de la familia (18).	77,9	17,6	2,9	1,5	0,0
Mi animal sabe cuándo me siento mal (19)	45,6	17,6	33,8	0,0	2,9
Hablo con otros habitualmente sobre mi animal (20)	26,1	33,3	21,7	10,1	8,7
Mi animal me entiende (21)	47,1	20,6	26,5	2,9	2,9
Mi animal y yo tenemos una relación muy cercana (22)	53,7	26,9	11,9	3,0	4,5
Juego con mi animal muy a menudo (23)	51,5	33,8	7,4	7,4	0,0
Yo considero que mi animal es un gran compañero (24)	83,1	12,3	4,6	0,0	0,0
Mi animal me hace sentir feliz (25)	67,6	25,0	5,9	0,0	1,5
No soy muy cercana a mi animal (26)	12,3	12,3	9,2	41,5	24,6
Tener un animal contribuye a mi felicidad (27)	65,2	24,2	10,6	0,0	0,0

Considero que mi animal es un amigo (28)	82,1	11,9	6,0	0,0	0,0
--	------	------	-----	-----	-----

En la tabla N°4, se presentan 3 enunciados que hacen referencia a la dimensión de empatía, los resultados presentados en porcentajes tienen una distribución asimétrica, con tendencia a estar de acuerdo con las ideas que se plantean. Sin embargo, también se observan puntuaciones significativas en las categorías “en desacuerdo” y “muy en desacuerdo”, lo que debe resaltarse, por la naturaleza de los enunciados y porque todos los cuestionamientos incluidos en esta sección fueron formulados en términos positivos, lo que indica que pueden existir falencias en algunos aspectos de la relación empática con los animales.

Tabla N°4. Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación a la empatía hacia los animales.

Empatía (n=80=100%)	Muy de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	No sé (%)	En desacuerdo (%)	Muy en desacuerdo (%)
He llorado cuando veo películas, series o publicidad donde maltratan a un animal (29)	53,6	21,7	10,1	7,2	7,2
Me pongo triste cuando le gritan a un animal (30).	65,7	19,4	10,4	3,0	1,5
Me siento mal cuando le hacen daño a un animal (31)	72,7	21,2	3,0	0,0	3,0

Adicionalmente, en la Tabla N°5, se presentan datos de la evaluación de la dimensión de actitudes y empatía hacia la especie porcina, con el fin de valorar la relación con otras especies domésticas que en el contexto de la ruralidad en Colombia, no son habitualmente mascotas. En este caso, se observa que para el enunciado: “Me gustan los cerdos” la mayoría de los encuestados respondió con incertidumbre (41,8%) y un porcentaje importante indicó que no le gusta la especie (casi el 20%). En los demás enunciados, también se observaron altos porcentajes de incertidumbre, con porcentajes de calificación de “no sé”, que variaron entre el 11 y el 34%. Esta información contrasta con los datos expuestos previamente, y que puede indicar que, en la población de estudio, la empatía y las actitudes positivas hacia los animales pueden tener sesgos por especie.

Tabla N°5. Distribución porcentual de las respuestas de 80 niños y adolescentes con relación a las actitudes y empatía hacia los cerdos.

Actitud y empatía (n=80=100%)	Muy de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	No sé (%)	En desacuerdo (%)	Muy en desacuerdo (%)
Me gustan los cerdos (32).	22,4	16,4	41,8	11,9	7,5
Me siento mal cuando un cerdo es maltratado (33).	44,1	30,9	19,1	1,5	4,4
Opinas que el cerdo es un animal inteligente (34).	47,1	23,5	26,5	1,5	1,5
Creer que un cerdo puede sentirse triste (35).	58,2	26,9	11,9	3,0	0,0
Creer que un cerdo puede llegar a ser un gran compañero (36)	42,6	19,1	33,8	2,9	1,5

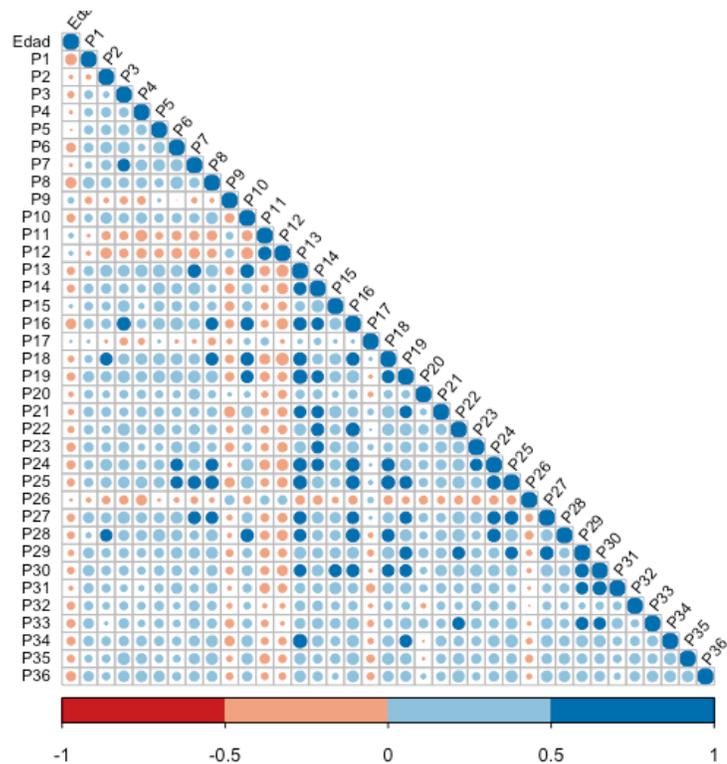
En el Gráfico 1, se muestran los resultados del análisis de correlaciones que comparó las asociaciones entre los enunciados. La tonalidad azul intensa indica correlaciones positivas, mientras la tonalidad rojiza corresponde a negativas. Se observa en general, una correlación positiva entre todos los enunciados que hacen declaraciones positivas en las diferentes dimensiones evaluadas. En contraste, estos enunciados positivos se correlacionan negativamente con aquellos que declaran aspectos negativos como: “Mi animal me hace enojar mucho”, “Preferiría no tener animales” y “No soy muy cercana a mi animal”. Este comportamiento hace evidente que existe

coherencia en las respuestas obtenidas, teniendo en cuenta la naturaleza (positiva vs negativa) de los enunciados.

La observación detallada del gráfico permite resaltar, que la edad tiene influencia sobre las actitudes, el apego y la empatía hacia los animales. Esta variable se correlaciona negativamente con la mayoría de las declaraciones consideradas positivas dentro del cuestionario, por tanto, enunciados como “Amo los animales” tienen calificaciones menores en estudiantes de mayor edad.

También, la correlación positiva se hace más fuerte entre algunos de los enunciados. Por ejemplo, P3 y P7, que corresponden a las declaraciones: “Paso tiempo jugando con mi animal todos los días” y “Hablo con mi animal con mucha frecuencia (o lo haría si tuviera uno)”. P2 y P18: “Las mascotas agregan felicidad a mí vida(o la agregarían si tuviera una)” y “Considero mi animal como un miembro de la familia” respectivamente. Otro ejemplo de alta correlación entre las preguntas es el enunciado P13 que declara: “Mi animal sabe cuando estoy triste e intenta consolarme”, esta se relaciona positivamente con los enunciados P14: “Mi animal me ayuda para ser más activo físicamente”, P16: “extraño a mi animal cuando estoy fuera de casa”, “Mi animal y yo tenemos una relación muy cercana (22)” entre muchos otros.

Gráfico N°1. Matriz de correlación de los ítems incluidos en el cuestionario.



Para analizar el efecto de la edad y el sexo en los resultados, se realizó un ANOVA de una y dos vías. Como se aprecia en la tabla 6, la edad tuvo un efecto significativo sobre los resultados observados, con un valor de significancia (valor de  $p$ ) variable entre las diferentes dimensiones consideradas en la investigación, principalmente en el apego, la empatía y más significativa aún para la dimensión de actitudes y empatía hacia los cerdos. La variable sexo, ni el efecto combinado del sexo y edad tuvieron un efecto significativo sobre los resultados obtenidos.

Tabla 6. ANOVA Sexo-Edad y Respuestas de Actitud, Apego y Empatía hacia los animales

<b>Dimensión</b>	<b>Variable</b>	<b>p</b>
<b>Actitudes</b>	Sexo (A)	Ns
	Edad (B)	Ns
	AB	Ns
<b>Apego</b>	Sexo (A)	Ns
	Edad (B)	<0.05
	AB	Ns
<b>Empatía</b>	Sexo (A)	Ns
	Edad (B)	<0.05
	AB	Ns
<b>Actitudes y Empatía hacia los cerdos</b>	Sexo (A)	Ns
	Edad (B)	<0.001
	AB	Ns

Ns: Diferencia no significativa

Finalmente, para evaluar qué tan bien se ajustan los elementos individuales en la escala, se utilizó el alfa de Cronbach, todas las medidas existentes demostraron ser confiables, pues obtuvo un valor alfa de Cronbach de 0.94, con un intervalo de confianza al 95% (0.93 – 0.96) que se considera muy alto y suficiente para demostrar la fuerte estructura subyacente lograndose un muy buen nivel de consistencia interna en el instrumento.

## Discusión

El objetivo del presente trabajo, fue evaluar las actitudes, el apego y la empatía hacia los animales, en los niños y adolescentes que cursan el bachillerato de la institución educativa rural. Se sabe que, algunos aspectos del relacionamiento humano-animal, están indudablemente influenciados por la experiencia y varios autores sostienen que las influencias parentales y culturales, es decir, el aprendizaje, son en parte responsables de las diferencias observadas en aspectos como la empatía, hacia las diversas especies animales (por ejemplo, Raboteg-Saric y Hoffman, 2001; Viñas, 2008). Por lo anterior, sabemos que la comprensión completa de la dinámica de la relación interespecífica en la población estudiada, puede requerir un análisis de las tradiciones y del relacionamiento histórico que este grupo de personas ha tenido con los animales y que esto, se escapa al alcance del presente trabajo. Sin embargo, los resultados obtenidos sirven de diagnóstico, permitiendo justificar y direccionar el desarrollo de herramientas que faciliten el fomento de la empatía y otras habilidades sociales en la población objeto de estudio.

Los encuestados reportaron haber tenido contacto continuo con animales, lo que es común en el contexto de la ruralidad y que puede ser contrastante con poblaciones de niños y adolescentes urbanos. Se esperaría que este contacto y cercanía con los animales, tuviera un valor predictivo positivo frente a las respuestas observadas en el cuestionario, ya que varios autores sugieren que el contacto entre los animales y el humano desarrolla la empatía en éste último (Ascione, 1992; Ascione y Weber, 1996). Sin embargo, aunque la mayoría de los sujetos encuestados manifestaron actitudes positivas hacia los animales, lo que sugiere una “buena” relación humano-animal, cuando se evaluaron los datos relativos a las dimensiones de apego y empatía se observaron respuestas menos contundentes.

Autores como Preston y Waal (2002), manifiestan su preocupación frente a una creciente falta de empatía en las sociedades occidentales, hacia el hombre en particular y los animales en general. La importancia de la empatía radica en que tiene un rol social, fomentando actitudes y comportamientos positivos. La empatía interespecies o interespecífica, tiene determinantes similares a la empatía orientada al ser humano, muchos de los trabajos realizados hasta ahora apoyan la noción de que el niño que desarrolla un estrecho vínculo afectivo con un animal, muestra un incremento en el nivel de empatía hacia los otros. Asimismo, hay autores que han propuesto que la empatía desarrollada hacia animales redundaría en la demostrada hacia los propios congéneres (Paul, 2000; Taylor y Signal, 2005).

Nuestros resultados indican que los hallazgos descritos en el presente trabajo, no están asociados al género de los niños y adolescentes. Esto es contrastante con la literatura, al menos en la dimensión de la empatía, que sugiere que, aunque tanto hombres como mujeres, tienen una capacidad cognitiva similar para comprender la situación del otro/a y ponerse en su lugar, las mujeres están más predispuestas a una respuesta afectiva, es decir que son más empáticas (Mestre, Samper, Frías, y Tur, 2009; Pastor, 2004; Wager, Phan, Liberzon, y Taylor, 2003). Sin embargo, debe considerarse que el presente estudio, no tenía una construcción de subescalas, que permitieran una caracterización profunda de la empatía. Por lo tanto, lo observado corresponde a una evaluación global de esta habilidad social y se requiere una evaluación más detallada de la influencia del género en la relación humano animal, que puede ser llevada a cabo más adelante con otros instrumentos diseñados con dicha finalidad.

Los resultados obtenidos con el análisis de la edad, tampoco son consistentes con la literatura. Como se pudo observar en el análisis de correlaciones, la edad tuvo una correlación negativa con todas las declaraciones positivas que se incluyeron en el cuestionario. Lo que se puede traducir en que a mayor edad menos actitudes favorables, apego y empatía hacia los animales. La literatura sugiere que, la capacidad para ponerse en el lugar del otro/a y comprender la situación desde su punto de vista incrementaba con la edad (por ejemplo, Eisenberg, Carlo, Murphy, y Van Court, 1995; Escrivá, García, y Navarro, 2002; Pastor, 2004). Por lo anterior, se hace necesario indagar más profundamente en las dinámicas sociales y personales de los encuestados, para entender que situaciones, experiencias o referentes, determinan los cambios observados en su relacionamiento con los animales.

También en el cuestionario, se incluyeron enunciados que exploraban la relación del humano con la especie porcina, animales que se destinan tradicionalmente a la producción. En este caso, las calificaciones obtenidas indicaron que, en términos comparativos, existe menos empatía y actitudes positivas específicamente hacia los cerdos que hacia los animales en general. Teniendo en cuenta que en esta dimensión, se incluyeron enunciados como: “Crees que un cerdo puede sentirse triste”, los resultados dejan en evidencia que en la población de estudio, existen falencias en el reconocimiento de “todos” los animales como seres sintientes y objeto de buenas actitudes. Este hallazgo no es sorprendente, en el marco de la investigación y es probablemente un reflejo de la percepción de la población general, con respecto a los animales de producción.

En la literatura, se exponen evidencias que sugieren, que la empatía parece estar influenciada por el especismo y que existe un patrón global de diferenciación animal, entre aquellos que son y los que no son útiles para nosotros (Coppinger y Smith, 1983). En este sentido, autores como Joy (2013) declaran que los seres humanos generamos menos empatía por ciertos animales, especialmente

aquellos destinados para el consumo, porque hemos distorsionado la realidad desde generaciones remotas, denominando este fenómeno como “la triada cognitiva”. Esta carencia de empatía se ve manifestada en tres aspectos: la cosificación, la desindividualización y la dicotomización. Estos mecanismos de defensa nos hacen percibir a los animales como cosas, como abstracciones y como categorías (Joy, 2013). Todo lo anterior, invita a reflexionar sobre la necesidad de promover mayor consideración y equidad, en la relación que los humanos establecemos con los animales.

En un mundo interdependiente e interrelacionado, todas las prácticas humanas repercuten en los animales, por tanto, es necesario una reflexión moral sobre la importancia de una relación respetuosa con los animales. En este mismo sentido, Rifkin (2011) declara que la evolución de nuestras sociedades debe estar dirigida a que los humanos desarrollen una empatía que universalice a todos los seres vivos, que abarque no solo a toda la sociedad humana, sino también a la naturaleza. Y es que, los animales son muy importantes para nosotros, más allá de las obligaciones morales y éticas que el ser humano tiene con los demás animales, existen innumerables formas concretas en que esta relación es beneficiosa, como el desarrollo de un comportamiento social responsable y actitudes humanitarias en los niños y adolescentes, el aumento de la autoestima, la promoción del respeto, entre muchas otras (Bekoff, 2010; Hastings, Zahn-Waxler, Robinson, Usher, y Bridges, 2000; Paul, 2000).

Por otro lado, la selección del instrumento que se usó en la investigación, se justifica porque la investigación estuvo enfocada a niños y jóvenes y otras metodologías descritas en la literatura tienen como foco la valoración de la empatía en individuos adultos. Para este estudio, como se ha mencionado antes, fue necesaria la modificación de varios de los ítems del formulario original, incorporando términos más propios de los niños y considerando en la traducción no sólo la equivalencia semántica, sino también la conceptual. Pese a esto, se identificaron algunas preguntas que generaron dificultades para ser respondidas por los niños más pequeños, requiriendo aclaraciones adicionales, particularmente en los ítems que contenían declaraciones redactadas en términos negativos. Al respecto, es importante destacar que la introducción de aseveraciones negativas en las escalas tienen como finalidad controlar la tendencia a estar de acuerdo con las afirmaciones o evitar que el encuestado conteste mecánicamente las preguntas (Salazar, 2015), de modo que este tipo de preguntas tiene una función en el instrumento. Sin embargo, y considerando la presente experiencia, debe limitarse su inclusión en cuestionarios en los que la población de estudio incluya niños muy pequeños y se sugiere que estos enunciados, sean revisados en posteriores estudios.

Adicionalmente, nuestros resultados permitieron validar el instrumento utilizado para las condiciones particulares en que fue aplicado. Se logró un excelente nivel de consistencia interna, valorada mediante el alfa de Cronbach, que es el indicador de confiabilidad de las escalas psicométricas más usado en ciencias sociales (Soler Cárdenas y Soler Pons, 2012). Este parámetro permitió validar la coherencia de las respuestas obtenidas y concluir que los ítems evaluados “apuntaron” en una misma dirección.

## **Conclusión**

El presente trabajo permitió llevar a cabo un diagnóstico de las relaciones empáticas, las actitudes y el apego hacia los animales, de una población, en un contexto particular. Los hallazgos justifican la necesidad de la promoción de la empatía interespecífica y otras habilidades sociales en la

institución y este puede ser un reflejo de las necesidades generales de la sociedad. La promoción de la empatía en los programas de educación, es una forma de garantizar un mejor relacionamiento del ser humano con sus congéneres y con otros animales y un camino para la reconciliación con la naturaleza.

## Referencias bibliográficas

- Aaltola, E. (2013). Skepticism, empathy, and animal suffering. En: *Journal of Bioethical Inquiry*, 10(4), 457–467.
- Albiol, L. M. (2018). *La empatía: entenderla para entender a los demás*. Plataforma.
- Ascione, F. R. (1992). Enhancing children's attitudes about the humane treatment of animals: Generalization to human-directed empathy. En *Anthrozoös*, 5(3), 176–191.
- Ascione, F. R. (2005). *Children and animals: Exploring the roots of kindness and cruelty*. Purdue University Press.
- Ascione, F. R., Thompson, T. M., y Black, T. (1997). Childhood cruelty to animals: Assessing cruelty dimensions and motivations. En: *Anthrozoös*, 10(4), 170–177.
- Ascione, F. R., y Weber, C. V. (1996). Children's attitudes about the humane treatment of animals and empathy: One-year follow up of a school-based intervention. En: *Anthrozoös*, 9(4), 188–195.
- Bekoff, M. (2010). *The emotional lives of animals: A leading scientist explores animal joy, sorrow, and empathy—and why they matter*. New World Library.
- Coppinger, R. P., y Smith, C. K. (1983). The domestication of evolution. En: *Environmental Conservation*, 10(4), 283–292.
- Eisenberg, N., Carlo, G., Murphy, B., y Van Court, P. (1995). Prosocial development in late adolescence: a longitudinal study. En: *Child Development*, 66(4), 1179–1197.
- Escrivá, V. M., García, P. S., y Navarro, M. D. F. (2002). Procesos cognitivos y emocionales predictores de la conducta prosocial y agresiva: La empatía como factor modulador. En: *Psicothema*, 14(2), 227–232.
- Gobernación de Antioquia. (2017). *Departamento Administrativo de Planeación. Anuario estadístico de Antioquia 2016-2017*.
- Hastings, P. D., Zahn-Waxler, C., Robinson, J., Usher, B., y Bridges, D. (2000). The development of concern for others in children with behavior problems. En: *Developmental Psychology*, 36(5), 531.
- Hoffman, M. L. (2000). *Empathy and moral development: Implications for caring and justice*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Joy, M. (2013). Por qué amamos a los perros, nos comemos a los cerdos y nos vestimos con las vacas. *Una Introducción Al Carnismo. Colección LiberÁnima*. Madrid: Plaza y Valdés Editores.
- Mestre, M. V., Samper, P., Frías, M. D., y Tur, A. M. (2009). Are Women More Empathetic than Men? A Longitudinal Study in Adolescence. En: *The Spanish Journal of Psychology*, 12(1), 76–83.
- Muldoon, J., Williams, J., Lawrence, A., Lakestani, N., y Currie, C. (2009). Promoting a “Duty of Care” towards animals among children and young people, *A literature review and findings from initial research to inform the development of interventions*. Department for Environment. London.
- Pastor, Á. R. (2004). Diferencias en empatía en función de las variables género y edad. En: *Apuntes de Psicología*, 22(3), 323–339.

- Paul, E. S. (2000). Love of pets and love of people. En: *Companion Animals and Us: Exploring the Relationships between People and Pets*, 168–186.
- Preston, S. D., y Waal, F. B. M. De. (2002). Preston y deWaal, 2002. *Behavioural and Brain Sciences*, 25, 1–72.
- Raboteg-Saric, Z., y Hoffman, M. L. (2001). Empathy and Moral Development: Implications for Caring and Justice. En: *Contemporary Sociology*, 30(5), 487. <https://doi.org/10.2307/3089337>
- Rifkin, J. (2011). *Une nouvelle conscience pour un monde en crise: vers une civilisation de l'empathie*. Éditions Les Liens qui libèrent.
- Salazar, M. S. (2015). El dilema de combinar ítems positivos y negativos en escalas. En: *Psicothema*, 27(2), 192–199. <https://doi.org/10.7334/psicothema2014.266>
- Soler Cárdenas, S. F., y Soler Pons, L. (2012). Usos del coeficiente alfa de Cronbach en el análisis de instrumentos escritos. En: *Revista Médica Electrónica*, 34(1), 1–6.
- Taylor, N., y Signal, T. D. (2005). Empathy and attitudes to animals. En: *Anthrozoös*, 18(1), 18–27.
- Torres, P. C. N. (2016). Adaptación De Una Escala Para Evaluar Actitudes, Empatía Y Apego Hacia Los Animales En Escolares Chilenos De 9 a 12 Años De Edad.
- Viñas, N. Q. (2008). Violencia hacia animales por menores...¿ cosas de niños? En: *Revista de Bioética y Derecho*, (13), 12–28.
- Wager, T. D., Phan, K. L., Liberzon, I., y Taylor, S. F. (2003). Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. En: *Neuroimage*, 19(3), 513–531.

## Cartilla



# Las Emociones y Libertades De Los Animales

---



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

Vicerrectoría de Docencia  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Facultad de Ingeniería



© Universidad de Antioquia  
ISBN: 978-958-5157-23-1

Primera edición, Noviembre de 2020

Impreso y hecho en Colombia / Printed and made in Colombia

Prohibida la reproducción sin autorización de la Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Agrarias  
Facultad de Ingeniería

Grupo de investigación en Patobiología Quirón  
Grupo de investigación ITOS: Ingeniería y Tecnología de las Organizaciones y la Sociedad

El contenido de la obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia

---

### Autores

Juliana Zapata  
Verónica Bermúdez  
Diana Margot López  
Berardo Rodríguez  
Adrián Martínez

### Ilustraciones

Verónica Bermúdez

### Cuentos

Gilberto Zapata

©Las emociones y libertades de los animales  
2020

---

## Introducción

Desde pequeños nos deberían decir la verdad sobre los animales... Todos los animales que conocemos y aquellos que podemos conocer en algún momento de nuestras vidas, son seres con intenciones, deseos, memorias, sentido del futuro y una enorme cantidad de emociones, sienten la felicidad y la tristeza, experimentan la alegría y el dolor. Si crecemos con este conocimiento, quizá en el futuro, construyamos una sociedad justa, donde se reconozcan sus derechos, estén libres de sufrimiento y de maltrato, puedan vivir en el lugar que prefieran, tener elecciones, mejores amigos... en fin, ser libres y felices.

Como nosotros, los animales también tienen historias y en esta cartilla te contaremos algunas de ellas.



5



Una Historia..

### El Barranquero, Relojero De La Soledad

Los tres amigos lo estuvieron ingeniando durante toda la semana; buscaron primero una horqueta del arbusto de café, le quitaron la cáscara o corteza; de cada extremo clavaron un sostén y de allí sujetaron hilos de caucho hasta completar cuatro elásticas y potentes cuerdas por lado y lado. Habían diseñado un arma letal con la que podían lanzar a gran velocidad, una pequeña y mortífera piedra.

6

lban alardeando de su nuevo artefacto y practicaban puntería con todo lo que se movía, celebrando su precisión y disfrutando con gran alborozo la estampida de las aves angustiadas y temerosas. Ensayaban las formas de dar o de tirar con mayor fuerza, obligando a los resortes a su mayor estiramiento.



Ensayaron también, tirar al mismo tiempo y disfrutaron los aciertos en el blanco, violentaron frutos, que al ser impactados caían despedazados entre una lluvia de hojas moribundas. Y así, lograron con este estruendo fatal, que las aves huyeran a sus refugios y los animales se camuflaran en el monte.

Mientras tanto, la confiada Soledad, aquella hermosa ave que hace su nido en las barrancas y por eso es llamada barranquero, que adorna su cola con un gran plumón similar a un péndulo, por lo que también es apodada relojero, se encontraba muy concentrada en su labor, adornaba su hogar con ramitas que disponía con un arduo y delicado esfuerzo. Distraída, no se percató de la presencia de los tres amigos tirapiedras.

---

7



Los tres al tiempo le apuntaron y la hermosa ave se estremeció con un impacto en su alerón derecho, estuvo a punto de caer, pero se sostuvo temblorosamente en el aire gracias a un delirante torbellino que terminó arrastrándola hasta su barranca. Su dolor resonó en toda la reserva e hizo estremecer a todos los animalitos que lo escucharon. Romerito, el duendecito corrió en su ayuda, y durante varios días le hizo lavadizos y brebajes con muchas plantas quita males, pero el ala no mejoraba y cargado de una inmensa tristeza, buscó la ayuda del sabio Búho para que le ayudara a amputarla. Así los dos, con extremo cuidado y pesar, lograron prevenir que la infección se extendiera al resto del frágil cuerpo del barranquero.

---

8

Luego de este triste y delicado procedimiento, el ave, llena de gratitud, se recostó agotada en el pecho de Romerito y le encomendó llevar consigo la pluma más larga y hermosa que poseía, aquella con la que simulaba el tic tac del tiempo.



Luego, con el paso de los días y aunque la herida del cuerpo sanaba, el corazón del precioso barraquero se apagaba, la maravillosa ave, extrañaba el cielo, recorrer diariamente cientos de kilómetros y compartir con los miles de seres de aquel vallecito y aunque los otros animalitos la visitaban a diario, se fue muriendo de tristeza; murió por el veneno de aquella piedra lanzada.

El día de su muerte la tristeza lo inundó todo y pasó mucho tiempo hasta que en la reserva se volvieron a escuchar las vocesitas felices de los animalitos. Romerito, que heredó la pluma del esplendoroso barranquero, la colocó en la cinta que lleva siempre en su cabeza y la conserva con gran orgullo, como un símbolo de fortaleza, respeto, amistad, afecto y compañerismo.

9

## Los Animales Son Seres Emocionales e Inteligentes



De la misma manera que los humanos, los demás animales tienen sentimientos y emociones, incluso sienten empatía, tanto por miembros de su propia especie como de otras.

## ¿Qué es la empatía?

Cuando nosotros estamos en peligro nos ayudamos unos a otros y siempre nos devolvemos los favores



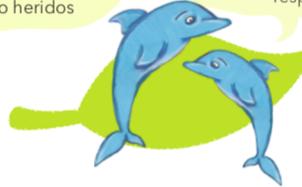
Nosotros siempre cuidamos de nuestras familias y los acompañamos cuando están débiles o heridos



La empatía es ponerse en el lugar del otro y dejarse contagiar de sus emociones



Si uno de nuestros amigos se enferma lo llevamos a la superficie para que pueda respirar



Lo que debemos saber

### Sobre la empatía

Los animales reconocen nuestras emociones y nosotros podemos reconocer las suyas. Así, tanto ellos como nosotros, podemos saber por ejemplo, cuando estamos tristes o felices y si es necesario ayudar a los demás a sentirse mejor.

11

Otra Historia...

### Encierro

Para aquella hermosa guacamaya, de repente, todo se había tornado en tinieblas y entre efímeros recuerdos que sutilmente se a floraban en su mirada lejana y perdida, aparecían paisajes, olores y sombras que le recordaban el brutal incidente, la tragedia del encierro y la violencia, que la habían arrancado de su tierra, de su hogar y de su vida.

Un ser extraño y sudoroso, que manipulaba con rudeza la cabrilla de un destartado camión atiborrado de bananos la había atrapado. Ella había luchado con todas sus fuerzas contra esas toscas manos, pero fue vencida brutalmente y no le fue posible liberarse. Ahora, estaba confinada en una sucia caja

que antes servía de basurero y que el hombre colocó en un rincón junto a una montaña de racimos; allí, ante el espanto y el miedo, moría su alegría.



12

Aquel viaje fue aterrador y denigrante, a cada instante parecía que se acababa el mundo; el camión se revolcaba con su carga y el enfurecido conductor, ante el mal estado de aquel trecho, manipulaba con furia el vehículo. Pasaron muchos días desde que el ave cautiva había visto por última vez la luz del sol y a cada minuto el aire que respiraba se hacía más pesado, haciendo que en ocasiones pareciera que rodaba por la ruta del infierno.



Este insoportable y asfixiante ambiente se tornó aún más pesado cuando en algún sitio, el vehículo se detuvo y llegó el final del camino. Allí, la carga empezó a descargarse y la frágil ave, con el corazón agitado, sentía que la muerte se acercaba. Esperaba el final, una ejecución, lo que finalmente le permitiría descansar de la ruindad de aquel maltrato. Pero fue entonces cuando, desde su encierro escuchó como el regordete conductor, entregaba su vida a cambio de unos billetes, estaba siendo vendida, entregada vilmente, como una mercancía.

13

Los crueles compradores la sacaron de la caja y la levantaron en el aire en un gran alborozo, estaban llenos de una gran expectativa, la miraban como si hiciera parte de un espectáculo. Luego, pasado un rato, fue llevada a la jaula, una cárcel de barrotes de metal, a partir de ahora sería exhibida para la venta en un sucio y ruidoso mercado.

Fue así como, la hermosa ave terminó siendo víctima del encierro. En una destartalada jaula pasaría los días, que se convertirían en



años de soledad y tristeza, compartiendo su desdicha con otros desventurados animales, encarcelados por un único delito, su belleza natural. Allí, el brutal maltrato les ha enseñado a competir con alguna fingida gracia, para poder salir algún día de ese terrible y maloliente mercado, aunque sea a otras cárceles más pequeñas o para servir como juguetes o mascotas divertidas.

14



Sin embargo y a pesar de tantos infortunios y de una profunda tristeza que consume su corazón, la esplendorosa Guacamaya aún conserva el lejano y sutil recuerdo de la libertad: aquellos días en los que felizmente por las mañanas, sobrevolaba montañas y sentía la calidez del sol en sus alas. También, cuando sondeaba una amplia sabana de verdosas bananeras y cruzaba atardeceres para regocijarse con sus agraciados polluelos en su hogar.

Ahora, la hermosa ave solo alberga la esperanza de que nunca su familia sufra como ella, una situación tan denigrante y que ni siquiera, por torpeza, ninguno de sus hijos, llegue a confiar en esos seres raros, llamados humanos, porque algunos son egoístas y malvados.

## Las cinco libertades de los animales



¿Qué crees que necesita cada uno de los siguientes animales?



¿Qué necesita un cerdo para estar libre de dolor y enfermedades?



¿Qué necesita un tigrillo para estar tranquilo, sin sentimientos de temor o angustia?



¿Qué necesita un mono para manifestar sus comportamientos naturales, jugar y explorar?



¿Qué necesita un pájaro para resguardarse, cómodo y calentito?

Escribe en cada recuadro respondiendo a la pregunta.

18

Libertad para tener su nido, guarida o refugio, donde pueda dormir cómodo y calentito

Estar libre de sed y tener acceso al tipo y cantidad de alimentos adecuados

Libertad para estar tranquilo, sin sentimientos de temor o angustia

Libertad para manifestar sus comportamientos naturales, jugar y explorar

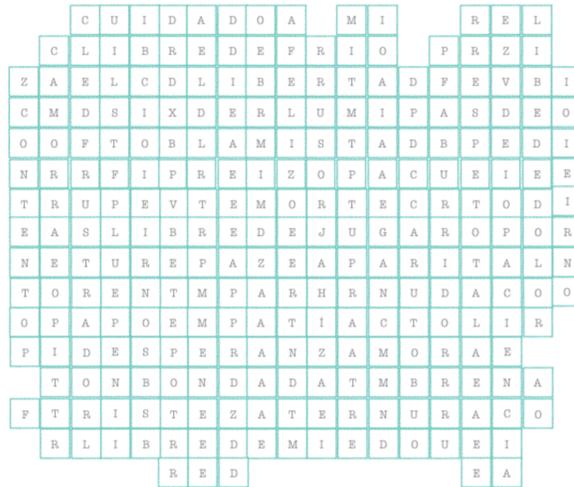
Estar libre de dolor, enfermedades y cualquier malestar

Todos los animales tienen derecho a:  
**Cinco libertades**

17

## Sopa de libertades

Busca palabras y frases que se relacionen con las emociones y libertades de los animales



## Apareamiento

- 1 Todos los animales deben tener la posibilidad de hacer su nido o resguardarse en un refugio, donde puedan dormir cómodos y calentitos.
- 2 También se debe evitar que sufran dolor, enfermedades y tengan cualquier malestar
- 3 Los animales deben tener acceso al agua y al tipo y cantidad de alimentos adecuados para mantenerse en forma y saludables
- 4 Deben poder estar tranquilos, sin sentimientos de temor o angustia
- 5 Además deben poder manifestar sus comportamientos naturales, así como jugar y explorar

Libre de hambre

Libre de miedo

Libre de frío

Libre de Jugar

Libre de dolor

19

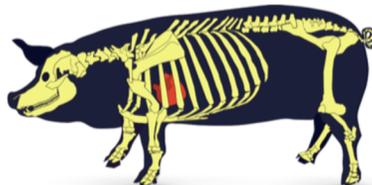
## Romerito compara su cuerpo

Los humanos y los otros animales nos parecemos mucho. Si miras al interior de cualquier animal, verás que nuestra anatomía y nuestros órganos son muy parecidos. ¡Estamos hechos de lo mismo!



Dibuja y describe los huesos que conforman las manos de Romerito, las patas delanteras del cerdo, y las alas de un ave, encuentras alguna semejanza?, comparte esta información con tus compañeros.

Cómo ves todos estos animales vertebrados tienen un corazón, ¿Sabes cómo funciona este órgano?, ¿por qué crees que es importante?, ¿todos los animales tienen corazón?, ¿conoces alguno que no?.



20

## Romerito y tú, vía al Romeral

Esta es una historia interactiva, es decir que, el transcurso de la historia lo completas tú.

Romerito y tú ( \_\_\_\_\_ ) caminan desprevenidos por un camino, rumbo a la escuela. Al pasar junto a la reserva El ROMERAL, empiezan a pensar sobre una inquieta libélula que los ha seguido todo el camino. La tierra es un planeta maravilloso, aquí habitan tantos seres, como esta *libélula* -dice Romerito-, ella es la acróbata del aire, con ojos tan grandes que le dan excelente visión periférica, con alas fuertes que le permiten viajar grandes distancias y permanecer la mayor parte del tiempo en el aire, existe desde mucho antes que los dinosaurios, vuela siempre alrededor de fuentes de agua limpia, ya que en su estado de ninfa vive en el agua y requiere oxígeno para vivir. Se alimenta de mosquitos y zancudos. Entonces la libélula se acerca a tí, diciendo lo siguiente: -Todo eso es cierto, pero ahora cuéntame un poco de ti-

---

---

---

---

---

---

---

---

¡Ah! ya veo, interesante -continuó la libélula-. Yo vivo cerca de aquí en la reserva, con muchos otros animales, como el *tití gris*, que va colgándose por los árboles buscando frutos e insectos. Vive en colectivos de 3 a 9 individuos. Y ... ¿Cómo es tu familia? Cuéntame un poco de tu familia:

---

---

---

---

---

---

---

---

¡Un *barranquero!* -grita Romerito-, o pájaro péndulo, llamado así por las dos largas plumas de su cola. Adorna con su colorido pelaje las cercas y alrededores del Romeral desde tempranas horas del día; por lo que son considerados pájaros madrugadores y .....¿tú eres madrugador? cuéntanos:

---

---

---

---

---

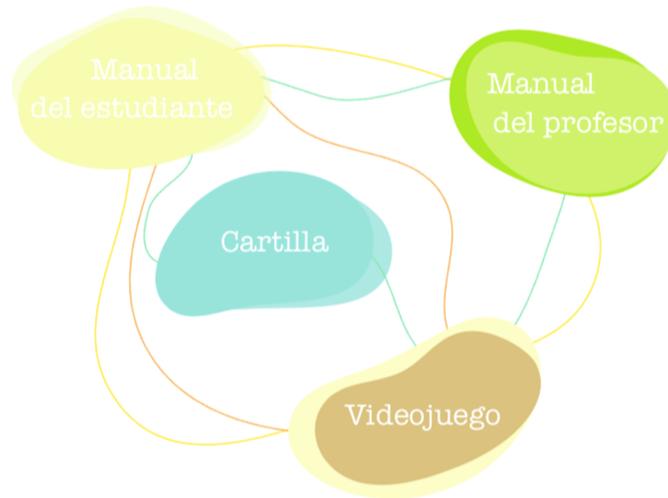
---

---

---



Si te gustó esta cartilla te invitamos a explorar los otros productos de porcípolis.



## Videojuego

### Sinopsis

Programa educativo para desarrollar empatía, bienestar animal y habilidades sociales.

El video juego se articula a una transmedia gamificada, que presenta una tierra fragmentada en pequeños planetoides por una civilización quimérica humano porcina del futuro. Cada planetaide contiene una granja con un cerdo, éste puede desplazarse hacia dispositivos vecinos para fomentar la comunicación y las habilidades sociales entre los jugadores. La supervivencia depende de la empatía con el cerdo y del uso apropiado de los recursos disponibles. Los Romeritos, dos duendecillos regulan las actividades. Esta herramienta próximamente estará disponible en la tienda de apps de google, además el trailer del videojuego puede ser consultado en el siguiente link:

<https://youtu.be/mYxnDfock7s>



## Referencias capítulo 5

- Albiol, L. M. (2018). *La empatía: entenderla para entender a los demás*. Plataforma editorial.
- Arluke, A., y Sax, B. (1992). Understanding Nazi animal protection and the Holocaust. *Anthrozoös*, 5(1), 6–31.
- Bekoff, M. (2007). *The emotional lives of animals: A leading scientist explores animal joy, sorrow, and empathy-and why they matter*. New World Library.
- Bobin, C., y Dattas, L. (2001). *La lumière du monde* (Vol. 3810). Gallimard.
- Bradshaw, J. W. S., y Paul, E. S. (2010). Could empathy for animals have been an adaptation in the evolution of Homo sapiens. *Animal Welfare*, 19(1), 107–112.
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., ... Rizzolatti, G. (2004). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: An fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(1), 114–126.
- Burke, B. (2012). Gamification 2020: What is the future of gamification. *Gartner, Inc., Nov, 5*.
- Butler, A. B. (2001). Brain Evolution and Comparative Neuroanatomy. In *eLS*. Wiley. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0000088>
- Butler, A. B., y Hodos, W. (2005). *Comparative vertebrate neuroanatomy: evolution and adaptation*. John Wiley y Sons.
- Carey, G., y DiLalla, D. L. (1994). Personality and psychopathology: genetic perspectives. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(1), 32.
- Coppinger, R. P., y Smith, C. K. (1983). The domestication of evolution. *Environmental Conservation*, 10(4), 283–292.
- Damasio, A., y Meyer, K. (2008). Behind the looking-glass. *Nature*, 454(7201), 167–168.
- Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy.
- de Waal, F. (2005). Primates, monks and the mind: The case of empathy. *Journal of Consciousness Studies*, 12(7), 38–54.
- De Waal, F. B. M. (2007). The 'Russian doll' model of empathy and imitation. *On Being Moved: From Mirror Neurons to Empathy*, 35–48.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments* (pp. 9–15).
- Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., y Dixon, D. (2011). Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts. In *CHI'11 extended abstracts on human factors in computing systems* (pp. 2425–2428).
- Drane, J. F. (2009). *Sufrimiento y depresión*. Editorial San Pablo.
- Dymond, R. F. (1949). A scale for the measurement of empathic ability. *Journal of Consulting Psychology*, 13(2), 127.
- Galvin, S. L., y Herzog, H. A. (1994). Empathy, gender and attitudes toward the use of animals. In *meeting of the Southeastern Psychological Association, New Orleans, LA*.
- Gómez-Restrepo, C. (2016). *La Encuesta Nacional de Salud Mental-ENSM 2015*. *Revista Colombiana de Psiquiatría* (Vol. 45). <https://doi.org/10.1016/j.rcp.2016.09.006>
- Grandin, T., y Johnson, C. (2009). *Animals make us human: Creating the best life for animals*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Hills, A. M. (1995). Empathy and Belief in the Mental Experience of Animals. *Anthrozoös*, 8(3), 132–142. <https://doi.org/10.2752/089279395787156347>
- Hof, P. R., y Van der Gucht, E. (2007). Structure of the cerebral cortex of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Cetacea, Mysticeti, Balaenopteridae). *The Anatomical Record*:

- Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 290(1), 1–31.
- Hoffman, M. L. (1987). The contribution of empathy to justice and moral judgment. In N. Eisenberg and J. Strayer (Eds.) *Empathy and Its Development*, Cambridge, 47–80.
- Hoffman, M. L. (2000). *Empathy and moral development: Implications for caring and justice* Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Hogan, R. (1969). Development of an empathy scale. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 33(3), 307.
- Hunter, D., y Werbach, K. (2012). *For the win*. Wharton digital press.
- Jegatheesan, B., Enders-Slegers, M.-J., Ormerod, E., y Boyden, P. (2020). Understanding the Link between Animal Cruelty and Family Violence: The Bioecological Systems Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph17093116>
- Johnson, L., Becker, S. A., Estrada, V., y Freeman, A. (2014). *NMC horizon report: 2014 K*. The New Media Consortium.
- Joy, M. (2013). Por qué amamos a los perros, nos comemos a los cerdos y nos vestimos con las vacas. *Una Introducción Al Carnismo. Colección LiberÁnima. Madrid: Plaza y Valdés Editores*.
- Kohler, W. (1929). *Gestalt Psychology* (New York: Horace Liveright). Inc.
- Kopnina, H., y Cherniak, B. (2015). Cultivating a Value for Non-Human Interests through the Convergence of Animal Welfare, Animal Rights, and Deep Ecology in Environmental Education. *Education Sciences* . <https://doi.org/10.3390/educsci5040363>
- Kuczaj, S., Tranel, K., Trone, M., y Hill, H. (2001). Are animals capable of deception or empathy? Implications for animal consciousness and animal welfare. *Animal welfare-potters bar*, 10, S161–S174.
- Kustcher, N., y St Pierre, A. (2001). Pedagogía e Internet Aprovechamiento de las nuevas tecnologías. *Editorial Trillas México DF*.
- Laberge, F., Mühlenbrock-Lenter, S., Grunwald, W., y Roth, G. (2006). Evolution of the amygdala: new insights from studies in amphibians. *Brain, Behavior and Evolution*, 67(4), 177–187.
- Ladygina-Kohts, N. N., de Waal, F., y Wekker, B. T. (2002). *Infant chimpanzee and human child: A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence*. Oxford University Press.
- Langford, D. J., Crager, S. E., Shehzad, Z., Smith, S. B., Sotocinal, S. G., Levenstadt, J. S., ... Mogil, J. S. (2006). Social modulation of pain as evidence for empathy in mice. *Science*, 312(5782), 1967–1970.
- LeDoux, J. (1998). *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. Simon and Schuster.
- Lippis, T. (1926). *Psychological Studies*, trans. Herbert C. Sanborn. Baltimore, MD: The Williams y Wilkins Company.
- Mayer, M. (1998). Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 217–232.
- Mayr, E. (1961). Cause and effect in biology. *Science*, 134(3489), 1501–1506.
- Mehrabian, A., y Epstein, N. (1972). A measure of emotional empathy. *Journal of Personality*, 40(4), 525–543. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1972.tb00078.x>
- Panksepp, J. (2005). Affective consciousness: Core emotional feelings in animals and humans. *Consciousness and Cognition*, 14(1), 30–80. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2004.10.004>
- Paul, E. S. (2000a). *Love of pets and love of people. Companion animals and us*. (Pets, Expl).
- Paul, E. S. (2000b). *Love of pets and love of people. Companion Animals and Us: Exploring the*

- Relationships between People and Pets*, 168–186.
- Pejman, N., Kallas, Z., Reig, L., Velarde, A., Moreno, M., Magnani, D., ... Dalmau, A. (2021). Should Animal Welfare be Included in Educational Programs? Attitudes of Secondary and University Students from Eight EU Countries. *Journal of Applied Animal Welfare Science : JAAWS*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/10888705.2021.1969931>
- Poresky, R. H., y Hendrix, C. (1990a). Differential Effects of Pet Presence and Pet-Bonding on Young Children. *Psychological Reports*, 67(1), 51–54. <https://doi.org/10.2466/pr0.1990.67.1.51>
- Poresky, R. H., y Hendrix, C. (1990b). Differential Effects of Pet Presence and Pet-Bonding on Young Children. *Psychological Reports*, 67(1), 51–54. <https://doi.org/10.2466/pr0.1990.67.1.51>
- Preston, S. D., y Waal, F. B. M. De. (2002). Preston y deWaal, 2002. *Behavioural and Brain Sciences*, 25, 1–72.
- Prieto Díaz, V., Quiñones La Rosa, I., y Ramírez Durán, G. (2011). Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la educación y nuevos paradigmas del enfoque educativo. *Educ Med Super [Online]*, 25(1), 95–102.
- Reed, G. (2014). The antithetical meaning of the term “empathy” in psychoanalytic discourse. *Empathy*, 1, 7–24.
- Rifkin, J., Swanson, T. M., Barbier, E. B., Holmberg, J., Wibe, S., Jones, T., ... Villavicencio Rivera, M. (1992). *Beyond beef: The rise and fall of the cattle culture*. Banco Mundial, Washington, DC (EUA).
- Squire, L., Berg, D., Bloom, F. E., Du Lac, S., Ghosh, A., y Spitzer, N. C. (2012). *Fundamental neuroscience*. Academic press.
- Stotland, E. (1969). Exploratory investigations of empathy. In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 4, pp. 271–314). Elsevier.
- Thompson, K., y Gullone, E. (2006). An Investigation into the Association between the Witnessing of Animal Abuse and Adolescents’ Behavior toward Animals. *Society y Animals*, 14(3), 221–243. <https://doi.org/10.1163/156853006778149163>
- Thompson, K. L., y Gullone, E. (2003). Promotion of empathy and prosocial behaviour in children through humane education. *Australian Psychologist*, 38(3), 175–182.
- Titchener, E. B. (1909). *Lectures on the experimental psychology of the thought-processes*. Macmillan.
- Watzlawick, P. ". (1991). Les cheveux du baron de Münchhausen: psychothérapie et «réalité» Traduit de l’allemand par Anne-Lise Hacker et Martin Baltzer.". *Paris: Seuil*.

## Discusión general

El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto del enriquecimiento sensorial con estímulos musicales sobre respuestas emocionales, fisiológicas y neuroendocrinas en cerdos en producción. Durante su desarrollo, varias preguntas e hipótesis fueron abordadas sistemáticamente. En primer lugar, se planteó la pregunta. ¿La música puede modular cambios en los estados emocionales en la especie porcina?; este aspecto se entrelaza con una amplia literatura sobre la neurociencia del procesamiento afectivo principalmente en humanos, que empieza a acrecentarse también en otras especies, contribuyendo a la comprensión de los efectos de la música sobre el bienestar psicológico y fisiológico en animales no humanos. En segundo lugar, se planteó la pregunta: ¿cuáles son los efectos de los componentes estructurales de la música y su relación con las respuestas emocionales observadas?, este tema es relevante porque ilustra cómo los elementos constitutivos de la música pueden ser determinantes en los estados emociones, aportando sustento adicional al campo de la psicoacústica comparativa y la biomusicología. Esta evaluación requirió la implementación de un estudio psicoacústico como herramienta para el análisis, constituyendo un aporte novedoso en este campo científico. En tercer lugar, se abordó la pregunta: ¿La música tiene un efecto sobre el estrés en cerdos?, si bien, este tópico se ha desarrollado ampliamente sobre la experiencia humana, hasta ahora no se había abordado con mayor profundidad en la especie porcina. Finalmente, se diseñó una estrategia de divulgación científica y de apropiación social del conocimiento que, a partir de los resultados obtenidos de la investigación, pretende promover la empatía interespecífica y el bienestar animal como insumo para la transformación social. A continuación, se presenta una discusión general y luego un enfoque a cada uno de estos tópicos.

Como punto de partida es importante considerar ¿por qué el uso de música en animales no humanos debería ser objeto de interés científico? Tal pregunta podría ser planteada desde una perspectiva neurocientífica y comparativa, pudiendo ser objeto de consideraciones importantes que no deben ser ignoradas, sino abordadas con una visión crítica. Por un lado, la música abarca diversos aspectos, desde la cognición, la emocionalidad y la fisiología humana; la validación de su utilidad en otros animales implica la aceptación de similitudes, habilidades y funciones cerebrales complejas que pueden generar cierta resistencia en algunos sectores científicos. Sin embargo, es la misma ciencia la que ha aportado una evidencia creciente sobre las habilidades cognitivas de los animales y ha permitido plantear desde una perspectiva biológica e interespecífica un enfoque más

integral para entender la música. Por otro lado, los resultados de la aplicación de la música en varias especies ha sido inconsistente en cuanto a sus efectos, generando dudas con respecto a su utilidad, como ejemplo se encuentran estudios en primates (Ritvo y MacDonald, 2016); perros y gallinas (Bayvel, 2004; Campo, Gil, y Dávila, 2005; Engler y Bain, 2017; McAdie, Foster, Temple, y Matthews, 1993), reportando preferencia por el silencio en contraste con la exposición a música o ningún efecto de esta el comportamiento. Sin embargo, es preciso considerar que este tipo de resultados pueden derivar de problemas metodológicos o instrumentales, tales como, el tipo de música utilizada o no tener en consideración las características auditivas particulares de la especie, como el rango auditivo y las frecuencias particulares que no son de su preferencia. Esto último es particularmente relevante, cuando se ha sugerido que diferentes tipos de música pueden conducir a diferentes reacciones emocionales y que existen importantes diferencias en las capacidades perceptivas de las especies. Lo anterior, hace necesario considerar con mayor profundidad y cuidado la investigación con respecto al uso de música en animales no humanos y el trabajo conducido aporta información valiosa en este ámbito.

Los resultados de esta tesis demostraron que los cerdos responden emocionalmente a estímulos musicales ajustados a la especie y pueden percibir varios de los elementos estructurales de la música, pudiendo ser modulados para favorecer estados emocionales positivos y paliar condiciones como el estrés crónico, determinando un enorme potencial de este tipo de estímulos para propiciar bienestar mediante el enriquecimiento ambiental. Así, esta investigación tuvo cuenta, varios aspectos importantes de la evaluación de la música como composición y ajustes especie específicos de los estímulos, la valoración de las respuestas emocionales de los animales y la evaluación de su aplicación en una condición psicofisiológica compleja e integrada como lo es el estrés. Estos aspectos no habían sido considerados o aplicados por otros investigadores, como se evidencia un metaanálisis realizado por Snowdon et al, (2021) a partir de 58 estudios de música en animales, evidenciando que la mayoría de los estudios (62%) utiliza música clásica. Si bien, ocasionalmente se utilizaron otros géneros, como la música india, africana y japonesa, se refleja poca diversidad en los estímulos utilizados en este tipo de investigaciones y un criterio para su selección desde las preferencias musicales humanas, con la suposición de que la música clásica per se tiene un efecto calmante o positivo. Esto se contrasta con los pocos estudios relativos a la preferencia en animales no humanos, en la literatura se encuentran pocos artículos que tienen este enfoque: un estudio, en chimpancés en el que reportan una predilección por la música pop/rock en

contraste con la clásica (Wallace et al., 2017) y en otro, en la misma especie en el que estos animales mostraron una preferencia por la música india y africana en comparación con el silencio (Mingle et al., 2014). También, en un estudio en gorriones se sugiere una preferencia por Bach (Watanabe y Nemoto, 1998), pero solo fueron contrastadas piezas de música clásica.

También en la literatura se observa un sesgo importante entre las especies consideradas hasta ahora en la evaluación de la música. Por ejemplo, de los estudios conducidos hasta ahora en animales no humanos, la gran mayoría, han sido aplicados en primates y roedores. Esto contrasta especies con remarcadas diferencias en las características auditivas y que desde un punto de vista comparativo con el humano o bien, son bastante cercanas como los orangutanes o chimpancés o distantes como las ratones y ratas. Lo que puede aportar también a la inconsistencia observadas en los estudios reportados en la literatura.

Con respecto a la consideración de los sistemas sensoriales de los animales es bien sabido que algunos animales perciben y se comunican de formas muy diferentes a las de los humanos. Algunos ejemplos bien conocidos son el uso de infrasonidos (frecuencias por debajo del rango de audición humana) por elefantes y muchos cetáceos (delfines y ballenas) y el uso de ultrasonidos (frecuencias por encima del rango de audición humana) por murciélagos y muchos roedores. Autores como McDermott, concluyeron de un estudio en títies, que estos animales no tenían ningún interés en la música (McDermott y Hauser, 2007). Sin embargo, la comunicación natural de estos animales promedia en unas tres octavas más altas que el habla y la música humanas, por lo tanto es adecuado suponer que, exponer a los animales a música en un rango de frecuencia que no corresponde a la especie puede llevar a conclusiones incorrectas. Así, Akiyama et al (2011) encontraron que en ratas hipertensas, filtrar frecuencias en el rango humano (por debajo de 4 kHz), de piezas de Mozart era igual de eficaz en la reducción de la presión arterial, que cuando se disponía de todo el espectro auditivo. Es decir, que lo único relevante de este estímulo era lo que se transmitía por encima de los 4 kHz. Es posible que muchos altavoces no puedan producir las frecuencias más altas percibidas por las ratas, por lo que algunos estudios que no reportan resultados en roedores pueden tener este tipo de limitaciones. Por lo tanto, puede ser obvio que para que la música sea efectiva en algunas especies, debería estar fuera del alcance del oído humano; e incluso dentro del rango de la capacidad auditiva humana, diferentes especies pueden usar frecuencias muy diferentes de las que usamos para la comunicación y la música humana (Stevens, 2013).

Hasta ahora esta discusión se ha centrado en los estudios que no han considerado completamente las capacidades sensoriales de las especies que están probando. Sin embargo, hay algunos trabajos de investigación que sí han tenido esta consideración. El trabajo de Snowdon y Teie, ha tenido este enfoque, estos investigadores realizaron un estudio en gatos con música ajustada a la especie, observando que los animales mostraban un interés significativamente mayor (orientándose, acercándose, frotando el parlante) y una latencia de respuesta significativamente más corta con la música de “gato” que con la música humana (Snowdon et al., 2015); concluyendo que es importante hacer coincidir la música con las habilidades perceptivas de la especie. También, sirve de ejemplo un estudio en gibones de Lar, que reprodujo canciones típicas de la especie conduciendo a una mayor actividad en los animales (Shepherdson et al., 1989)

Ahora bien, es adecuado mencionar que, más allá de los problemas mencionados, existe un marco amplio de trabajos que reportan efectos positivos de la música en comportamiento de numerosas especies: En gorilas, se ha reportado un efecto en la disminución del comportamiento “ansioso” (Brooker, 2016). En chimpancés, efectos positivos asociados a incremento de comportamientos afiliativos, reducción de conductas agonistas (Videan et al., 2007); reducción de la agresión y la exploración con aumento de la preparación social y el descanso (Howell et al., 2003). En elefantes reducción de estereotipias (Wells y Irwin, 2008). En perros, tres estudios con música clásica reportan aumento de las conductas de sueño y descanso, y una mayor actividad con aumento de ladridos con música rock (Bowman et al., 2015; Kogan et al., 2012; Wells et al., 2002). En vacas, la música tuvo un efecto en el acercamiento voluntario de los animales en los puestos de ordeño (Uetake et al., 1997). Y en ponis hubo una tendencia aunque no significativa, a una mayor alimentación con música country (Haupt et al., 2000).

Concretamente en la especie porcina en la literatura solo se encuentran tres estudios que han evaluado el enriquecimiento ambiental con música en el comportamiento de cerdos en crecimiento. Uno que evaluó las respuestas vocales de los lechones, durante procedimientos estresantes en granja y que no reporta efectos de la música en la mejora de las condiciones de los lechones (Cloutier et al., 2000), y otros dos estudios, también en lechones, reportan que la música de tempo rápido aumentaba la actividad, el juego y el movimiento de la cola (Li et al., 2019; Zhao et al., 2020).

En resumen, los resultados indican que la música tiene una variedad de efectos que varían dentro y entre especies. Hay pocos resultados consistentes, a pesar de estudios conducidos sobre el tema. Sin embargo, existe un marco conceptual basado en el conocimiento tanto de los sistemas de comunicación natural de las especies como en la identificación de componentes estructurales de la música que pueden influir en los estados emocionales, por ejemplo, calmar a un animal agitado versus estimular a un animal relajado, este concepto de música basada en animales puede conducir a obtener efectos más consistentes y específicos de la música. El conocimiento y el uso apropiado de la música en animales no humanos es importante en futuras investigaciones y aplicaciones si queremos mejorar el bienestar.

## **Capítulo 2. Emociones y música en animales**

Como se mencionó previamente, uno de los objetivos iniciales en este trabajo fue evaluar si la música podía generar respuestas emocionales en la especie porcina y los resultados mostraron evidencia consistente a este respecto, mostrando que estos animales presentan una amplia variedad de valencias afectivas en dependencia con el tipo de música utilizada.

La relevancia de estos resultados, radica en que la emoción es uno de los aspectos más relevantes del estudio de la música, ya que es el factor determinante de los efectos neurofisiológicos que se atribuyen a este tipo de estímulos. Ignorar los aspectos afectivos de la experiencia musical en los animales no humanos, puede ser un enfoque incompleto, porque es posible que estemos perdiendo algunos de los aspectos más destacados e importantes de la respuesta animal a la música. Sin embargo, el estudio de la música y las emociones en animales no humanos es intrínsecamente complicado por varias razones que serán expuestas más adelante y aunque en la literatura se encuentran varios estudios que evalúan respuestas comportamentales en diferentes especies, existe escasez en abordajes que consideren las respuestas afectivas.

La contribución de las imágenes cerebrales en animales no humanos a la base de conocimientos sobre el tema, es hasta ahora bastante limitada. En esta etapa de comprensión del fenómeno de la música y emoción en animales, es necesario mayor investigación que aporte a una comprensión sistemática de este complejo fenómeno. El artículo relacionado a este trabajo y que fue presentado en el capítulo 2, representa entonces uno de los primeros intentos de explorar la música y la emoción, y espero que sirva para estimular a otros a abordar también este tópico.

Como se mencionó antes, existe una importante cantidad de antecedentes sobre los efectos de la música en el comportamiento de varias especies. En primates por ejemplo, se ha reportado reducción del comportamiento ansioso con el uso de la música en gorilas (Brooker, 2016). En chimpancés aumento de comportamientos afiliativos y periodos de descanso, con reducción del comportamiento agonista (Howell et al., 2003; Videan et al., 2007). En contraste, en gibones, la música no produjo ningún cambio de comportamiento (Wallace et al., 2013); en elefantes, la música redujo la presentación de estereotipia (Wells y Irwin, 2008). En perros, los efectos reportados para la música son heterogéneos, en tres estudios se observó aumento de la conducta de sueño y descanso, o una mayor actividad y ladridos dependiendo del tipo de música utilizada (Bowman et al., 2015; Kogan et al., 2012; Wells et al., 2002). En vacas, la estimulación acústica influyó positivamente en la preparación conductual para acceder al compartimento de ordeño (Uetake et al., 1997). En gallinas, un estudio reporta que la música aumentaba la conducta de estrés (Campo et al., 2005), y otro reporta que no tuvo ningún efecto sobre el comportamiento (McAdie et al., 1993). En cerdos, un estudio en lechones no encontró efectos de la música (Cloutier et al., 2000), mientras que otros dos estudios encontraron que la música aumentaba la actividad, el juego y el movimiento de la cola (Li et al., 2019; Zhao et al., 2020).

En contraste, con respecto a la evaluación de respuestas emocionales a la música en la literatura, hasta donde sabemos, no existen estudios en animales no humanos que se centren en este ámbito. Si bien algunos estudios han sugerido un enfoque afectivo en su investigación, por ejemplo (Snowdon y Teie, 2010), la evaluación detallada de dichos trabajos sugiere que lo que se ha conducido es una evaluación comportamental, evaluando aspectos como la excitación y el nivel de actividad. En cualquier caso, en animales no humanos aún no se ha evaluado un amplio espectro de respuestas emocionales a la música como estímulo con características afectivas y por lo tanto nuestro trabajo en este campo es novedoso y pertinente. La carencia de estudios en este campo, refleja una escasez general en el contexto científico de las emociones en animales no-humanos, pese a el reconocimiento científico de la sintiencia en animales (Low et al., 2012) y la relevancia que puede tener el estudio de la emoción en modelos no humanos, para mejorar la comprensión de las emociones desde un punto de vista biológico y evolutivo (Ramachandran y Jalal, 2017).

Para explicar el vacío de conocimiento evidenciado en este campo, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones, la primera es inherente a la evaluación misma de emociones en

especies no humanas, y los métodos o instrumentos para llevar a cabo dicha evaluación; como se discutió previamente en el capítulo 2 de esta tesis, la emoción se ha considerado como una apreciación subjetiva, demasiado humana para incorporarla a la investigación científica de los otros animales. Sin embargo, en las últimas décadas, varios investigadores se han enfocado en aspectos concretos y objetivamente identificables del procesamiento emocional en especies no humanas (p.ej.: Berridge y Kringelbach, 2008; Panksepp, 1982). Además, y aunque actualmente, no existe un método perfecto para detectar estados emocionales en animales relacionados con la música, existen estrategias como la evaluación cualitativa del comportamiento (QBA) que se pueden aplicar para este objetivo. Para este momento de la investigación en el campo, es necesario implementar métodos que sean un punto de partida suficiente para estudiar los efectos de la música en los estados emocionales de los animales.

Si bien, el QBA no está exento de críticas, debido a su dependencia de la percepción 'subjetiva' humana. Es un método que presenta una alta confiabilidad interobservador e intraobservador en cerdos y otras especies. Se ha reportado correlaciones significativas con medidas de comportamiento basadas en etogramas e indicadores fisiológicos de estrés (p.ej.: Napolitano et al. 2010; Stockman et al. 2012; Velarde et al. 2015; Wemelsfelder y Lawrence, 2001; Wemelsfelder et al. 2009). Además, otras evaluaciones como la medición conductual cualitativa más “aceptadas” y aplicadas en el campo científico no difieren fundamentalmente en su dependencia de la percepción humana y la capacidad lingüística. Así, algunas de las dudas con respecto a la utilidad del QBA parecen infundadas, los observadores humanos y su poder de percepción se utilizan como una herramienta de evaluación, incluso para parámetros de evaluación fisiológica o clínica. Varios estudios han utilizado con éxito QBA para la evaluación de emociones en diferentes especies: caballos (Fleming et al., 2013); cerdos (Rutheford et al., 2012; Wemelsfelder et al., 2001); búfalos (Napolitano et al., 2012); ovejas (Phythian et al., 2013); perros (Arena et al., 2017); elefantes (Pollastri et al., 2021).

Otro aspecto que debe tenerse en consideración sobre la evaluación de las emociones en animales por un observador humano, tiene que ver con el contagio emocional. Los animales pueden transmitir información sobre su estado a otros animales, pero estas señales también se pueden utilizar para influir en el comportamiento de los demás a través del contagio emocional. La evidencia de contagio emocional en este contexto se refiere a que un observador capta de manera

contagiosa un estado emocional como resultado directo de la percepción del estado emocional en otro sujeto o en un grupo de otros (Preston y Waal, 2002; Russell et al. 1994), el cual puede ser un aspecto crucial de la comunicación animal intraespecífica (De Waal, 2007; Russell et al., 1994) y se considera el nivel de empatía filogenéticamente más primitiva, y que parece estar muy extendida entre los mamíferos. (De Waal, 2008; Preston y Waal, 2002). Si el observador humano, es capaz de percibir la emoción animal mediante un mecanismo de contagio emocional, la manifestación de las emociones que percibe constituye una valoración consistente.

En los seres humanos el contagio emocional puede ocurrir de múltiples formas, como la modalidad visual y auditiva (Russell et al., 1994). y se ha evidenciado que no es un proceso confinado a los humanos; se ha examinado ampliamente en roedores (Edgar et al., 2012). Por ejemplo, la transmisión social de la respuesta al miedo se ha informado en ratas (Knapska et al., 2010) y la sensibilidad al dolor en ratones también parece estar influenciada por la respuesta al dolor de un conoespecífico (Jeon et al., 2010; Langford et al., 2006). Las aves también pueden mostrar evidencia de contagio emocional, los gansos grises (Wascher et al., 2008) y los pollos (Edgar et al., 2011) muestran respuestas fisiológicas mientras observan a sus congéneres angustiados. Con respecto a las habilidades empáticas de los primates no humanos, hay evidencia de bostezos contagiosos tanto en simios, chimpancés, (Anderson et al., 2004) como en monos macacos (Paukner y Anderson, 2006) y reacciones faciales rápidas a la expresión facial emocional de la pareja durante el juego se ha descrito en orangutanes (mimetismo facial (Davila et al., 2008). También se ha informado en perros (Custance y Mayer, 2012), y en porcinos (Reimert, et al., 2013, 2014). Así, el valor del contagio emocional intraespecífico tiene un amplio sustento. Ahora bien, el contagio interspecífico, puede ser el sustento que fundamenta la evaluación humana de las emociones en animales no humanos.

En este sentido, se ha establecido por ejemplo que los perros son sensibles a los estados humanos (Call et al., 2003; Udell et al., 2011) y responden de manera discriminatoria a las señales emocionales visuales y auditivas humanas (Kujala, 2017) y brindan consuelo emocional a los humanos (Kaminski et al., 2002). Además, los datos fisiológicos y de comportamiento sugieren que los perros y los dueños sincronizan sus emociones (Romero et al., 2013; Silva et al., 2012). Lo anterior, sustenta el contagio emocional interespecífico, sugiriendo una capacidad en doble vía para percibir las emociones de los otros, más allá de las diferencias entre las especies. Además, permite

deducir que las habilidades cognitivas humanas le asignan a la especie un enorme potencial para identificar los estados emocionales en otras especies.

Otro aspecto que es relevante discutir sobre las emociones y la música, es que pueden ser idiosincrásicas y heterogéneas. En humanos, se ha sugerido que estas dependen de una variedad de variables individuales, socioculturales, históricas, educativas y contextuales complejas y difíciles de controlar, lo que ha representado un problema particular para examinar las respuestas cerebrales a las emociones provocadas por la música y dificultado la disponibilidad de abordaje experimental consistente. Sin embargo, en animales no humanos varios de estos factores no están presentes, aportando consistencia a los estudios de las emociones en modelos animales. Además, hay evidencia, de ciertas características estructurales “generales” de la música que trascienden a la preferencia por un género o una característica individual.

En un estudio sobre el tema de emociones y música en humanos, (Blood et al., 1999), se propuso que una forma de obtener respuestas consistentes sería hacer uso de la disonancia. Esta propiedad musical se considera “una característica emocional” en la música humana. La disonancia induce sentimientos de ira o miedo y los patrones armónicos conducen a sentimientos de calma y relajación. Estudios neuropsicológicos de la actividad cerebral (Koelsch, 2012) soportan esta hipótesis asociando estas características emocionales con efectos diferentes y específicos en las diferentes áreas del cerebro asociadas con el procesamiento de diferentes emociones. Los musicólogos y biólogos (Altenmüller et al., 2013; Snowdon et al., 2015) han planteado la hipótesis de que estas características emocionales de la música están presentes en especies no humanas.

En humanos existe un cierto grado de acuerdo en que la música altamente disonante tiende a ser desagradable; y hay disponible abundante literatura sobre cognición musical y psicoacústica que trata estos temas (Handel, 1990). En contraste, la música consonante se relacionó con respuestas más positivas. Esto no es sorprendente para los oyentes humanos, expuestos al idioma tonal occidental, un fenómeno que presumiblemente internalizó las reglas tonales de la música en su cultura (Krumhansl, 1997). Si bien, en animales no humanos, la investigación en este campo aún es escasa y los mecanismos que subyacen a este tipo de preferencias aún no se han aclarado, la predilección por música consonante ha sido sugerida en varias especies y los resultados de nuestro trabajo también lo indican. Un estudio de un chimpancé joven informó una preferencia por la música consonante sobre la disonante (Sugimoto et al., 2010). Los pollos prefirieron la música

consonante a la disonante (Chiandetti y Vallortigara, 2011). De lo anterior, se podría sugerir una respuesta adaptativa a estas señales como resultado de procesos coevolutivos, pero esta hipótesis tendría que ser corroborada. En cualquier caso, nuestros resultados sugieren un efecto relevante de la estructura armónica de la música en los animales no humanos y en concordancia con lo observado en humanos puede ser un elemento destacado en el diseño de los estímulos.

La música es una herramienta con un enorme potencial para influir en el estado emocional. La investigación presentada titulada “Music generates emotional responses in growing pigs” muestra el efecto de la música para influir en las emociones de los animales. El uso de la música para influir en el bienestar emocional de los animales depende de nuestra comprensión de la variedad de estados emocionales que se pueden inducir a través de diferentes tipos de música.

### **Capítulo 3. Análisis psicoacústico en animales**

Previamente se planteó un abordaje de la música desde uno de sus efectos más relevantes, que es la emoción. Sin embargo, la explicación de cómo esta tiene este tipo de atributos es bastante complejo, de hecho, solo hasta hace unos años, y gracias en gran parte a los avances en neuroimagen, se han develado algunos mecanismos neurofisiológicos que aportan a la comprensión de las complejas interacciones que subyacen a la percepción de la música, siendo aún objeto de investigación para la neurociencia. Es así como, en coherencia con el trabajo de investigación planteado en esta tesis, el tercer capítulo se enfocó en las características de la música, logrando establecer cómo diferentes elementos acústicos temporales y espectrales de su estructura, interactúan de manera integrada en la modulación de las emociones en cerdos. Hasta donde sabemos, este es el primer trabajo sobre la evaluación de varias características acústicas de la música desde un enfoque cuantitativo con respuestas emocionales en animales no humanos. También es la primera vez que se tienen en cuenta las interacciones simultáneas entre estos parámetros.

Los hallazgos obtenidos son relevantes porque suponen que al igual que los humanos, la música es objeto de un procesamiento neurocognitivo en animales no humanos, es decir, que más allá de la mera percepción, los elementos constitutivos del estímulo, interactúan con diferentes áreas del cerebro animal, modulando funciones neurofisiológicas, porque esto finalmente es lo que determina las respuestas emocionales. Y es que estudios en el campo de la neuropsicología ya han

establecido que la estructura de la música tiene efectos específicos en áreas del cerebro asociadas con el procesamiento de diferentes emociones (Blood et al., 1999; Koelsch, 2012; Pereira et al., 2011; Trainor y Schmidt, 2003).

La música incorpora estructuralmente elementos espectrales (por ejemplo, jerarquía tonal, armonía, timbre de los instrumentos) y estructuras temporales (por ejemplo, secuenciales en la progresión de los acordes, ritmo y tempo). En humanos se ha demostrado que la interacción de estos componentes determina un atributo primordial, el contenido emocional de la música (Blood y Zatorre, 2001; Dalla et al., 2001; Sloboda y O'Neill, 2001). Lo interesante de estas características estructurales es que pueden manipularse de manera simple e independiente. Y en los oyentes humanos se han mostrado altos niveles de acuerdo sobre el contenido emocional de piezas musicales particulares, lo que demuestra que la alteración en las propiedades estructurales de la música puede influir de manera confiable la valencia emocional (Kim et al., 2019).

Sin embargo, y pese a que en cualquier pieza musical estos componentes estructurales están siempre presentes, el abordaje más común de los trabajos de investigación es estudiar separadamente una estructura espectral o temporal para evaluar las emociones inducidas por la música, por tanto, la interacción entre estos elementos de la música y su relación con los efectos sigue siendo en gran parte desconocida. Si la apreciación estética de la música fuera de hecho un proceso holístico como se ha sugerido (Brattico y Pearce, 2013), se esperaría que el procesamiento de componentes espectrales y temporales esté estrechamente relacionado y que incluso, por ejemplo los diferentes aspectos espectrales tengan efectos independientes. En otras palabras, que la modulación de la estructura espectral, alteraría las respuestas neurofisiológicas dependiendo de la estructura temporal, o que por ejemplo, sugerir que la modulación del timbre tiene un efecto en la respuesta a un estímulo, solo sería posible si las demás características espectrales y temporales se mantienen estables.

Ahora bien, para la evaluación de las características estructurales espectro-temporales de la música, se pueden sugerir al menos dos abordajes. El primero, más cualitativo, asociado a las características musicales propiamente dichas, basado en aspectos como la armonía, consonancia, disonancia, melodía, ritmos, sucesión de acordes, entre otros. El segundo abordaje corresponde a una evaluación con un enfoque cuantitativo, basado en la acústica, entendiendo la música como un estímulo físico, sobre el que pueden ser aplicados métodos informática musical, esto último permite

la extracción de valores numéricos que pueden ser objeto de análisis estadístico complejo, variables como centroide, contenidos de frecuencia, desviación del espectro o amplitud de la onda sonora pueden ser de esta manera evaluadas. Estos abordajes no son excluyentes, sino más bien complementarios y pueden enriquecer el estudio de los efectos de la estructura de la música. Sin embargo, al menos en animales no humanos son pocos los estudios que han estudiado el efecto de la estructura de la música y lo han hecho considerando exclusivamente algunos aspectos musicales. Por tanto, hasta ahora no existen antecedentes en especies no humanas que examinen la música aplicada desde el punto de vista acústico.

En humanos, autores como Scherer se han sugerido unas características generales musicales en relación con cierto tipo de emociones, por ejemplo que: la tristeza se transmite mediante tempos lentos, un rango de frecuencia estrecho, una velocidad de articulación lenta y disminuciones en el tono. La alegría se expresa en tempos rápidos, tonos ascendentes y variables y un ritmo rápido de articulación. La ira se expresa por una velocidad rápida de articulación, componentes de alta frecuencia y una frecuencia fundamental aumentada (Scherer, 2004). Bresin y Friburg probaron experimentalmente estas hipótesis con veinte músicos, quienes fueron capaces de manipular variables como tempo, intensidad, velocidad de articulación, fraseo, registrador, timbre y velocidad de ataque en una misma pieza musical logrando transmitir diferentes emociones en los oyentes (Bresin y Friberg, 2011). De esta manera, la relación de algunos aspectos musicales y las emociones básicas ha sido definidas en cierta medida en humanos.

En contraste, en animales no humanos desde este punto de vista musical, solo se han evaluado parámetros como la armonía, el tono, el tempo y el timbre. Con respecto a la armonía, que se describe en términos de disonancia y consonancia, se ha sugerido que existe una preferencia por la música consonante en estudios con chimpancés, monos tamarinos, aves de corral y gorriones de java (Chiandetti y Vallortigara, 2011; McDermott y Hauser, 2007; Sugimoto et al., 2010; Watanabe et al., 2005). En ratas, un estudio (Crespo-Bojorque y Toro, 2015, 2016) reportó que pueden ser entrenadas para discriminar entre consonancia y disonancia, pero no generalizan esta diferenciación a estímulos novedosos, sugiriendo diferencias con los humanos en términos de procesamiento de consonancias, sin embargo, y como se discutirá más adelante, la falta de un ajuste de los estímulos al rango auditivo de las especies puede llevar a conclusiones aceleradas.

Con respecto a la influencia de aspectos musicales como el tono y el tempo de la música. En polluelos se ha demostrado que tienen preferencia por tempos similares a la frecuencia de llamada materna (Kent, 1993) y en general a patrones de vocalizaciones naturales (De Tommaso et al., 2019). En gorilas, la música de tempo lento se asoció con más calma (Brooker, 2016). En lechones se ha reportado que la música de tempo rápido aumentaba la actividad, el juego y el movimiento de la cola (Li et al., 2019; Zhao et al., 2020). En humanos, la música con tempos que coinciden con la frecuencia cardíaca en reposo tiende a ser calmante, mientras que los tempos que coinciden con las frecuencias cardíacas más altas inducidas por el ejercicio o la danza son más excitantes (Suguna y Deepika, 2017). Así, y a partir de lo reportado en especies no humanas, parece probable que este principio también se aplique. Sin embargo, y pese a su relevancia, el tempo a menudo no se considera al seleccionar la música en los estudios en animales no humanos revisados en la literatura. También se ha reportado la capacidad de algunas especies para sincronizarse con diferentes ritmos como cacatúas (Patel et al., 2009), gorriones de Java (Soma y Mori, 2015) y leones marinos (Cook et al., 2013).

Es notable que la mayoría de los abordajes, han considerado características musicales, siendo poco abordado el tema acústico. Si bien ambos elementos tienen una relación directa, la acústica musical tiene un enfoque a partir la física del sonido posibilitando un abordaje bastante objetivo del análisis de los estímulos y puede apoyarse en herramientas computacionales. Este tipo de evaluaciones también conocidas como análisis digital de la música, se han utilizado ampliamente (Knox et al., 2011) y múltiple softwares tienen desarrollos en este sentido (p.ej.: MATLAB®, Sonic Visualizer) (Lartillot y Toiviainen, 2007; Lartillot et al., 2008). Esto permite extraer características numéricas, a las que se pueden aplicar a análisis estadísticos (Mathews et al., 2001; Priest et al., 2004). Es así como, en esta investigación se planteó un abordaje desde la informática musical para el análisis de características espectro temporales de la música, que integrado a la evaluación de respuestas emocionales en los animales constituye una aproximación desde la psicoacústica, que puede ser útil en el campo de investigación de los efectos potenciales de la estimulación auditiva. En humanos la evaluación de las emociones basada en características acústicas tiene un amplio desarrollo, con algunos modelos (Barthet, 2013; Deng y Leung, 2012). Sin embargo, en animales este enfoque aún no ha sido considerado, lo que deja un amplio campo por explorar que puede ser muy productivo.

Todo lo previamente mencionado es relevante porque aporta información valiosa para el diseño de música ajustada a las especies, pero también es adecuado resaltar otro aspecto que puede ser de gran relevancia y consiste en la consideración de marco auditivo de la especie en cuestión. La gran mayoría de los trabajos que se encuentran en la literatura sobre el uso de música en animales no humanos está basada en música diseñada para humanos, y como se ha mencionado previamente en esta discusión, esto puede explicar las enormes diferencias encontradas incluso en estudios dentro de una misma especie. Estos resultados mixtos sugieren el valor de adaptar la música a los sistemas sensoriales de las especies involucradas y de seleccionar estructuras musicales que probablemente produzcan los efectos deseados. Es bien sabido que existen diferencias notables en las capacidades auditivas de las diferentes especies animales (Stevens, 2013). Con rangos, que en ocasiones, están por fuera del alcance del oído humano e incluso aquellas que tienen un rango auditivo más cercano, pueden usar frecuencias para la comunicación de ciertas señales relevantes para la especie en frecuencias que deben ser consideradas en la composición de la música para los animales. En este marco, la especie porcina en particular es un modelo de estudio interesante, en términos comparativos, presenta un rango auditivo relativamente cercano al del humano, y sin embargo, deben tenerse en cuenta las leves diferencias en su sensibilidad auditiva para el diseño de los estímulos.

Y es que el ajuste en el diseño de los estímulos es crítico y puede explicar parte de la inconsistencia de los efectos reportados en la literatura sobre el tema en animales no humanos. Autores como (Snowdon y Teie, 2010) han resaltado la importancia de hacer coincidir la música con las habilidades perceptivas de la especie y han conducido algunos trabajos de investigación con esta consideración, logrando manipular el comportamiento en los tamarinos con música ajustada al rango de tono y tempos de sus vocalizaciones y observando comportamientos positivos en gatos, que mostraron preferencia e interés significativos por la música apropiada para su especie (Snowdon et al., 2015). Otros investigadores han coincidido en estas observaciones reportando efectos comportamentales en los gibones de Lar (Shepherdson et al., 1989) y en ratas (Akiyama y Sutoo, 2011).

Por todo lo anterior, las características estructurales específicas de la música y su aplicación dentro del rango perceptual de la especie son elementos claves en el diseño de los estímulos, permitiendo predecir la inducción de comportamiento deseados y de esta manera ser efectivos para el logro de objetivos de enriquecimiento ambiental. Esta tesis hace un aporte en este sentido,

ampliando la base de conocimiento sobre el tema en la especie porcina, ampliando la perspectiva del estudio de la música al ámbito acústico, que puede tener un valor traslacional al estudio en otras especies y puede motivar el desarrollo de futuros trabajos de investigación en el campo.

Con la presunción de que la música en animales puede conducir a diferentes respuestas emocionales, es presumible, que no se pretenda usar música que induzca estrés, miedo o malestar en los animales. Armados con el conocimiento de las habilidades perceptivas de una especie y con una visión clara de los objetivos del uso de la música, los estímulos pueden ser diseñados para mejorar el bienestar de los animales bajo cuidado humano.

#### **Capítulo 4. Música para el manejo del estrés en animales**

En el capítulo 4 de esta tesis se buscó investigar el impacto de la intervención con música ajustada en la reducción del estrés crónico. El logro de este objetivo requirió contar con varias condiciones, tales como un modelo animal consistente, disponer de música ajustada a la especie, además, considerar una evaluación multidimensional y objetiva, para la valoración del efecto de la aplicación de música sobre el estrés. Cada uno de estos requisitos, fue considerado en la investigación. El cerdo bajo condiciones producción intensiva es un buen modelo para el estrés crónico, las prácticas inherentes a este tipo de sistemas productivos, las necesidades etológicas y las capacidades cognitivas de la especie lo convierten en una especie particularmente susceptible a esta condición (Grandin, 2017; Hazel y Lloyd, 2015; Ormandy, 2010). La música utilizada en este punto de la investigación, fue seleccionada considerando los datos y análisis conducidos en los capítulos previos, siendo diseñada para la inducción de respuestas emocionales positivas. Ahora bien y partiendo de la consideración de que el estrés es una respuesta integrada que involucra de manera simultánea aspectos psicológicos y fisiológicos, su evaluación incluyó parámetros emocionales, fisiológicos y hormonales.

Los resultados obtenidos fueron presentados en el artículo que acompañó el capítulo cuatro de esta tesis, mostrando un efecto de la estimulación con música sobre el estrés. Deducimos que la estimulación con música ajustada a la especie generó cambios psicofisiológicos que se manifestaron a través de estados emocionales positivos y en la regulación del ritmo circadiano de la secreción de cortisol, con otros efectos fisiológicos. Esta discusión retomará varios aspectos entorno al efecto de la música en la regulación del estrés y la importancia de su aplicación en

animales de producción, considerando el estrés como una condición inherente a este tipo de sistemas.

Como punto de partida, es importante recordar que, en humanos varias vías psicológicas, neurológicas y bioquímicas están involucradas en el procesamiento y la respuesta a la música (Fancourt et al., 2014) y se ha documentado ampliamente un efecto beneficioso sobre la reducción del estrés (Chanda y Levitin, 2013); con la regulación de los niveles de cortisol (Khalifa et al., 2003; Linnemann et al., 2015), hormona efectora, del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA) y considerada como un indicador esencial de estrés (Cook et al., 1997); también involucrando el SNC, se ha reportado aumento de los niveles de serotonina y activación áreas involucradas con la recompensa. (Evers y Suhr, 2000; Menon y Levitin, 2005); además, se reportan efectos de la exposición a la música en el sistema nervioso autónomo, permitiendo una regulación más rápida después de la exposición a un factor estresante (Chafin et al., 2004; Thoma et al., 2013). Estos efectos en el sistema nervioso central y periférico, determinan cambios multiorgánicos, que pueden ser reflejados en la fisiología, el metabolismo y la distribución y función de las células del sistema inmune (Dhabhar y McEwen, 1997; Dhabhar et al., 1993).

El efecto de la música sobre el estrés, determina un potencial terapéutico que si bien ha sido ampliamente documentado en humanos (Alban et al., 2017; Knight y Rickard, 2001; Tse et al., 2005), en animales ha sido escasamente abordado. Esto deriva en un vacío de conocimiento, que trasciende a que estemos perdiendo la posibilidad de contar con una herramienta que pueda ser útil en el manejo de estrés en los animales. Por esta razón un enfoque de investigación en este sentido fue pertinente.

La evaluación conducida contó con un grupo control de animales sin música y un grupo con música (10 semanas de estimulación). Se evidenció que estos últimos presentaron una fluctuación diurna de cortisol, que sugiere una mejor regulación fisiológica de la función endocrina en comparación con el grupo control, que presentó una menor fluctuación del metabolito, que se asocia comúnmente al estrés crónico, como ha sido evidenciado en cerdos o roedores (Barnett et al., 1987; Becker et al., 1985; Janssens et al., 1995) y humanos (Deuschle et al., 1997, 1997). Si bien este resultado obtenido con la aplicación de la música es bastante relevante, al contrastarlo con la literatura se encuentra que son escasos los estudios conducidos sobre el tema y los pocos que lo abordan, pueden tener importantes limitaciones metodológicas, como por ejemplo haber

basado sus conclusiones en mediciones aisladas y puntuales, que corresponden a una hora del día, sin tener en consideración que dicha hormona tiene un ritmo circadiano y por tanto para su correcta interpretación al menos a partir de muestras como suero y saliva, es necesario evaluar sus fluctuaciones. En un estudio, los autores reportan niveles “más bajos” de cortisol en cerdos estimulados que los del grupo de control, sugiriendo que la exposición breve a la estimulación musical (durante un periodo de 8 días) fue eficaz para aliviar el estrés de los lechones (Li et al., 2021). Sin embargo, esta conclusión se deriva de una única medición de cortisol (entre las 14:00 y 15:00 horas) por lo que la conclusión puede ser acelerada y explicar las inconsistencias observadas en mediciones posteriores a los 30 y 57 días, cuando no encontraron diferencias en la evaluación del metabolito entre los grupos evaluados.

En este marco, los resultados obtenidos con la evaluación de cortisol mediante la valoración de una curva (que se genera a partir de mediciones continuas durante un período de tiempo), que en nuestro caso, correspondió al periodo comprendido entre las 8:00 y 17:00 horas, es un abordaje más riguroso y de mayor sensibilidad para la interpretación del efecto sobre el estrés. Además, y aunque el cortisol se considera el parámetro crítico para la evaluación del eje HPA y del estrés crónico (Rushen, 1991; Wiepkema y Koolhaas, 1993), otras medidas pueden ser consideradas para la evaluación integrada de la función neuroendocrina, otros biomarcadores como la  $\alpha$  amilasa salival pueden ser complementarios. Este se considera también un marcador significativo y fiable del estrés y parámetro para la evaluación de eje SAM (Pitman y Orr 1990). Su valoración permite la comparación con el eje HPA, mediante índices como AOC, brindando información valiosa sobre el balance y la regulación de la función neuroendocrina. Si bien, la AAs ha sido evaluada en el cerdo (Contreras-Aguilar et al., 2018; Fuentes et al., 2011) y otros animales (Behringer et al., 2012; Contreras-Aguilar et al., 2017; Fuentes-Rubio et al., 2015). Según el conocimiento del autor de esta tesis, en animales no existen estudios que comparen las asociaciones entre el estrés crónico y su regulación integrada desde los ejes SAM y HPA.

La importancia de esta evaluación radica en que los sistemas SNS y HPA se integran para generar la respuesta al estrés, y esa adaptación óptima requiere que los dos sistemas coordinen su respuesta. Por lo tanto, la activación o desactivación simultánea de los sistemas SNS y HPA sería más adaptativa y se asociaría con menos problemas de salud, mientras que las asimetrías o disociaciones entre los dos sistemas podrían ser desadaptativas y estar asociadas a problemas de salud o de comportamiento (Ali y Pruessner, 2012). En animales, no se encontraron estudios

previos que sirvieran de comparación para estos hallazgos, ya que la mayoría evalúa los biomarcadores de forma aislada sin tener en cuenta este tipo de interacciones. Sin embargo, en humanos, se indica que la proporción de sAA sobre cortisol es capaz de capturar la naturaleza específica de la disociación de los ejes SAM-HPA y este índice un marcador más sensible de desregulación del sistema de estrés (Ali y Pruessner 2012; Pitman y Orr 1990).

La falta de información en animales a este respecto limita la comparaciones que puedan ser presentadas en esta discusión, pero es una oportunidad para llamar la atención sobre la forma en que se está abordando la evaluación del estrés en las especies no humanas, y los resultados obtenidos pueden servir de referencia para otros estudios que sean conducidos en el mismo campo.

Adicionalmente, otros parámetros como la evaluación hematológica pueden complementar la evaluación. El efecto del estrés y las hormonas que lo regulan sobre los componentes del sistema inmunológico han sido ampliamente descritos (Chrousos 1995; Griffin 1989; Sheridan et al. 1994). Se ha sugerido que los perfiles de leucocitos son particularmente útiles en el campo de la fisiología presentando cambios cuantitativos durante el estrés (Dhabhar y Mcewen 1997), que induce un aumento en el número de neutrófilos (neutrofilia) y disminuciones en el número de linfocitos (linfopenia o linfocitopenia) (McGlone 2001; Salak-Johnson et al. 1997). Además, los investigadores han considerado la proporción relativa de neutrófilos y linfocitos (N: L) como una medida compuesta de la respuesta al estrés. En el presente estudio se observaron alteraciones cuantitativas significativas en las poblaciones de relativas y absolutas de leucocitos, lo que indica un efecto de la música en la distribución de las células sanguíneas. La evaluación de la proporción de neutrófilos - linfocitos entre los grupos presentó diferencias, la proporción fue menor en el grupo enriquecido, pero no se encontraron en la literatura valores de referencia para la proporción N: L en la especie porcina, lo que limita su interpretación.

La evaluación integrada de las medidas de estrés puede aportar información valiosa en la toma de decisiones. La escasez de datos relativos a estas medidas en la especie porcina refleja la falta de investigación científica en el campo. Adicionalmente, en la literatura se encuentran otros parámetros evaluados en términos fisiológicos en animales que pueden ser complementarios para futuras investigaciones. Cambios en la presión arterial han sido reportados en ratas (Akiyama y Sutoo, 2011), aunque en babuinos, la música no produjo cambios en la presión arterial, pero redujo la frecuencia y la actividad cardíacas (Brent y Weaver, 1996). En aves un estudio, con música de

sitar aumentó proteínas de unión sináptica (Sanyal et al., 2013), aumento de las proteínas de unión al calcio y aumento de la densidad y el volumen neuronales (Panicker et al., 2002), mientras que el ruido fuerte provocó una disminución de la densidad y el volumen neuronales (Sanyal et al., 2013).

Los parámetros productivos en animales pueden ser también un buen indicador en la evaluación del estrés. La investigación en peces ha mostrado resultados a este respecto. Estudios reportan un efecto de la música sobre el crecimiento en carpas (Papoutsoglou et al., 2007; Papoutsoglou et al., 2010), dorada (Papoutsoglou et al., 2008) y rodaballo (Catli et al., 2015); aunque un estudio contrasta estos resultados, reportando que la exposición a la música no tuvo ningún efecto sobre el crecimiento o el peso (Imanpoor et al., 2011).

En cerdos, también se han conducido estudios sobre el efecto de la música sobre parámetros productivos con algunos resultados heterogéneos. En un estudio se concluyó que el ruido fuerte y la música de ritmo rápido podrían reducir el rendimiento de crecimiento de los cerdos (Ekachat y Vajrabukka, 1994). Otro trabajo reporta que la exposición prolongada a la música no afecta el crecimiento de los lechones (Zhao et al., 2020). Sin embargo, los resultados de una investigación conducida por nuestro grupo de trabajo (pendientes de publicación), evidenciaron un efecto de la estimulación con música sobre la calidad y características de canal del cerdo al momento del beneficio (Resultados pendientes de publicación).

El trabajo de investigación desarrollado permitió verificar el efecto de la música sobre el estrés en la especie porcina. El abordaje planteado aporta a la validación del uso de la música como estrategia terapéutica y resalta su potencial como alternativa para mejorar la salud y el bienestar en la especie.

## **Capítulo 5. La empatía para la enseñanza del bienestar**

En los capítulos 2, 3 y 4 de esta tesis se abordó el desarrollo de una investigación en música para la especie porcina. Sin embargo, y como se ha resaltado en varios apartados previos, el propósito que fundamenta todo el trabajo realizado es mejorar el bienestar en animales de producción; este tópico es un punto de convergencia de muchos asuntos, involucrando aspectos éticos y morales de la interacción humana-animal, pero también tiene un alcance en diversos ámbitos, como la salud pública y la educación. Y precisamente es este último aspecto, el que

fundamenta el desarrollo del capítulo cinco de este escrito. Este se presentó como una estrategia de intervención educativa basada en la empatía por los otros animales.

El trabajo realizado consistió en la creación de un ambiente de aprendizaje contextualizado, que pretendía fomentar valores como respeto, autorregulación, tolerancia; la expresión de emociones de forma constructiva, mediante la elaboración de varios materiales e insumos cuya aplicación constituye la continuación de esta línea de trabajo y si bien, los resultados de dicha implementación escapaban al alcance de esta tesis, espero compartirlos cuando estén disponibles.

La consideración por el bienestar de los otros refleja empatía y respeto, y estas habilidades son importantes para una sociedad que pretenda fortalecer sus competencias morales y sociales, lo que es particularmente relevante en la ruralidad de un país históricamente violento como Colombia. El campo es el escenario donde se originan y aplicarán los desarrollos obtenidos con toda la investigación presentada en esta tesis. En este apartado en particular hay dos aspectos fundamentales que son objeto de discusión, el primero corresponde a la educación integral particularmente en la ruralidad y el segundo a la empatía interespecífica como estrategia que aporta a esa construcción holística.

En Colombia la educación en general y en particular la educación rural presenta importantes retos, quizá el más importante es la pertinencia, entendida no solo desde el marco del modelo educativo, que se traslada desde una educación urbana, diseñada para ciudadanos cosmopolitas, sino también desde la comprensión propia del contexto rural, obviando la realidad social de los niños y jóvenes que reciben sus clases en aulas perdidas en montañas, valles y páramos del campo, rodeados de una violencia que aún persiste y que en muchos sitios ha roto el tejido social, con importantes carencias de recursos, materiales didácticos, laboratorios e implementos deportivos (Arias Gaviria, 2017).

Para la educación rural existen unos factores diferenciadores que deben ser considerados en un modelo de educación integral, las condiciones de vida y de trabajo de las poblaciones: su dispersión y aislamiento, el trabajo que realizan centrado en la explotación de los recursos naturales y su íntima relación con la naturaleza, sus conocimientos y valores ancestrales, su sentido comunitario (Ministerio de Educación, 2020). De esta manera las propuestas pedagógicas deben estar contextualizadas en aquellos asuntos que son significantes para estas realidades un tanto particulares de los niños y jóvenes en la ruralidad. Sin embargo, y aunque en el país se ha planteado

un Plan Especial de Educación Rural que busca subsanar asuntos estructurales en los programas de educación rural su aplicación aún está pendiente y por ahora hace parte de un panorama utópico de construcción social y de paz.

El asunto es que, las realidades antes mencionadas, han generado históricamente un panorama de incertidumbre y violencia en el campo, afectando generaciones enteras, que han sucumbido en un espiral de violencia y abandono estatal; existe el riesgo de que las nuevas generaciones den continuidad a estas dinámicas por tanto son un foco crítico de intervención; la escuela y la educación que allí se imparte se convierte en un escenario orgánico para lograr cambios y transformaciones. Y es que las experiencias adversas durante la niñez y la adolescencia, como vivir en condiciones de pobreza o la exposición a la violencia, se han relacionado con rezagos en el desarrollo cognitivo y en competencias socioemocionales (Heckman et al., 2006). Por lo que las intervenciones en estas edades son determinantes en cambios futuros.

En este marco la educación integral tiene un papel trascendental. Esta se puede definir como aquella va más allá de los contenidos disciplinares básicos y los conocimientos creados, re-creados, mantenidos, acumulados y transmitidos de generación en generación; es un proceso vinculado con el aprendizaje socioemocional, enseñando a los niños a reconocer y afrontar emociones poderosas en ellos mismos y en los demás, y a establecer relaciones positivas (Gunter et al., 2012). La educación integral lleva a una construcción que tiene en consideración el “otro”, ya sea humano, o no humano, promoviendo la compasión y el respeto por todos los seres vivos al reconocer la interdependencia de las personas, los animales y ecosistemas (WAN, 2012), y en un marco más amplio, promueve los principios de justicia social, ambiental y humanística (Arbour et al., 2009). A mi juicio esto traduce, al menos en parte, en un concepto: la empatía; una empatía universalizadora, que abarca no solo la dimensión humana, también lo interespecífico y la naturaleza en todo su contexto. Promover la empatía en la enseñanza escolar es un asunto relevante en coherencia con la formación integral de las personas (Thompson y Gullone, 2003).

La importancia de la empatía en el proceso de formación integral está bien fundamentada. Vignemont and Singer (2006) señalan que la empatía, "... motiva el comportamiento cooperativo y prosocial, así como ayuda a una comunicación social eficaz"; ayuda en la resolución de conflictos y juega un papel importante al abordar la desigualdad y la injusticia (King, 2011). Siendo un constructo de gran trascendencia en las relaciones humanas, cuyas implicaciones se dejan sentir en

todos los ámbitos: familia, escuela, trabajo y puede aportar de forma importante a la transformación social.

Ahora bien, la empatía dirigida hacia los animales no humanos parece tener una relevancia particular, se ha mostrado ampliamente que promover interacciones positivas con los animales enseña a los niños el respeto por todos los seres vivos y promueve la comprensión de límites y respeto mutuo que son aspectos importantes de las relaciones con los demás (Arluke et al., 2008; DeLisle y Ilte-Clark, 2011). La Asociación Americana de Medicina Veterinaria define el vínculo entre humanos y animales como “una relación dinámica y mutuamente beneficiosa entre las personas y otros animales que está influenciada por comportamientos que son esenciales para la salud y el bienestar de ambos” (Wollrab, 1998). Enseñar a los niños la bondad promoviendo una empatía dirigida hacia los animales, a su vez se generalizará en una empatía dirigida a los humanos y una reducción general concomitante de la conducta agresiva (Nicoll et al, 2008; Thompson y Gullone, 2003), particularmente en niños que han experimentado alguna forma de abuso (Taylor y Signal, 2005).

Actualmente existen numerosos estudios que destacan la importancia de la relación con los animales y cómo esta relación puede beneficiar a los niños y jóvenes, particularmente a aquellos con problemas de comportamiento (Bodmer, 1998; Friedmann et al., 2003) o con entornos sociales complejos que propician problemas de violencia. Sin embargo, en Colombia no se ha visibilizado ninguna iniciativa o programa de educación en este ámbito y actualmente se carece de herramientas que en la práctica permitan la promoción de la empatía y en particular aquella dirigida hacia los animales y es posible que los profesores, no cuenten con conocimiento o estrategias para promover de forma autónoma este tipo de iniciativas (Walker et al., 2015).

Por todo lo anterior y entendiendo que la investigación debe trascender desde el ámbito científico, comprendiendo el contexto social en el que se desarrolla y aportando a su transformación, se planteó el desarrollo de estrategia de intervención educativa basada en la empatía, los productos presentados en el capítulo 5 y otros derivados, que escapan al alcance de esta tesis pueden servir como insumos para los programas de educación integral en las escuelas sobre todo en el marco de la ruralidad. De este trabajo queda pendiente una importante tarea, que es dar continuidad a esta esta iniciativa y motivar a otros investigadores para que la producción de conocimiento no sea una construcción ajena a la sociedad.

## Referencias

- Akiyama, K., y Sutoo, D. (2011). Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neuroscience Letters*, 487(1), 58–60. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.09.073>
- Alban, L., Ellis-Iversen, J., Andreasen, M., Dahl, J., y Sönksen, U. W. (2017). Assessment of the Risk to Public Health due to Use of Antimicrobials in Pigs—An Example of Pleuromutilins in Denmark. *Frontiers in Veterinary Science*, 4 (May). <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00074>
- Ali, N., y Pruessner, J. C. (2012). The salivary alpha amylase over cortisol ratio as a marker to assess dysregulations of the stress systems. *Physiology and Behavior*, 106(1), 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.10.003>
- Altenmüller, E., Kopiez, R., y Grewe, O. (2013). A contribution to the evolutionary basis of music: lessons from the chill. *The Evolution of Emotional Communication: From Sounds in Nonhuman Mammals to Speech and Music in Man*, 313.
- Anderson, J. R., Myowa-Yamakoshi, M., y Matsuzawa, T. (2004). Contagious yawning in chimpanzees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(suppl\_6), S468–S470.
- Arbour, R., Signal, T., y Taylor, N. (2009). Teaching kindness: The promise of humane education. *Society and Animals*, 17(2), 136.
- Arias Gaviria, J. (2017). Problemas y retos de la educación rural colombiana. *Revista Educación y Ciudad*, (33), 53–62. <https://doi.org/10.36737/01230425.v0.n33.2017.1647>
- Arluke, A., y Sanders, C. (2008). *Between the species: An introduction to human-animal relations*. (NJ: Pearson., Ed.) (Upper Sadd).
- Barnett, J. L., Hemsworth, P. H., y Winfield, C. G. (1987). The effects of design of individual stalls on the social behaviour and physiological responses related to the welfare of pregnant pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 18(2), 133–142. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(87\)90187-0](https://doi.org/10.1016/0168-1591(87)90187-0)
- Barthet, M. (2013). Music Emotion Recognition : From Content- to Context-Based Models, 228–252.
- Bayvel, A. C. D. (2004). The OIE animal welfare strategic initiative—Progress, priorities and prognosis. In *Proceedings of the Global Conference on animal welfare: an OIE initiative* (pp. 13–17). Citeseer.
- Becker, B. A., Ford, J. J., Christenson, R. K., Manak, R. C., Hahn, G. L., y DeShazer, J. A. (1985). Cortisol response of gilts in tether stalls. *Journal of Animal Science*, 60(1), 264–270.
- Behringer, V., Deschner, T., Möstl, E., Selzer, D., y Hohmann, G. (2012). Stress affects salivary alpha-amylase activity in bonobos. *Physiology y Behavior*, 105(2), 476–482.
- Berridge, K. C., y Kringelbach, M. L. (2008). Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals. *Psychopharmacology*, 199(3), 457–480.
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., y Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2(4), 382–387. <https://doi.org/10.1038/7299>
- Bodmer, N. M. (1998). Impact of pet ownership on the well-being of adolescents with few familial resources. *Companion Animals in Human Health*, 237–248.
- Bowman, A., Scottish, S. P. C. A., Dowell, F. J., y Evans, N. P. (2015). “Four Seasons” in an animal rescue centre; classical music reduces environmental stress in kennelled dogs.

- Physiology and Behavior*, 143, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.02.035>
- Brattico, E., y Pearce, M. (2013). The neuroaesthetics of music. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(1), 48.
- Brent, L., y Weaver, O. (1996). The physiological and behavioral effects of radio music on singly housed baboons. *Journal of Medical Primatology*, 25(5), 370–374. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0684.1996.tb00031.x>
- Bresin, R., y Friberg, A. (2011). Emotion rendering in music: Range and characteristic values of seven musical variables. *Cortex*, 47(9), 1068–1081. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.05.009>
- Brooker, J. S. (2016). *An investigation of the auditory perception of western lowland gorillas in an enrichment study*. Wiley Online Library.
- Call, J., Bräuer, J., Kaminski, J., y Tomasello, M. (2003). Domestic dogs (*Canis familiaris*) are sensitive to the attentional state of humans. *Journal of Comparative Psychology*, 117(3), 257.
- Campo, J. L., Gil, M. G., y Dávila, S. G. (2005). Effects of specific noise and music stimuli on stress and fear levels of laying hens of several breeds. *Applied Animal Behaviour Science*, 91(1–2), 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.08.028>
- Catli, T., Yildirim, O., y Turker, A. (2015). The Effect of Different Tempos of Music During Feeding, on Growth Performance, Chemical Body Composition, and Feed Utilization of Turbot (*Psetta maeotica*, Pallas 1814). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*.
- Chafin, S., Roy, M., Gerin, W., y Christenfeld, N. (2004). Music can facilitate blood pressure recovery from stress. *British Journal of Health Psychology*, 9(3), 393–403. <https://doi.org/10.1348/1359107041557020>
- Chanda, M. L., y Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.02.007>
- Chiandetti, C., y Vallortigara, G. (2011). Chicks like consonant music. *Psychological Science*, 22(10), 1270–1273.
- Cloutier, S., Weary, D. M., y Fraser, D. (2000). Can Ambient Sound Reduce Distress in Piglets During Weaning and Restraint?. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 3(2), 107–116. [https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0302\\_3](https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0302_3)
- Contreras-Aguilar, M. D., Escribano, D., Martínez-Subiela, S., Martínez-Miró, S., Cerón, J. J., y Tecles, F. (2018). Changes in alpha-amylase activity, concentration and isoforms in pigs after an experimental acute stress model: an exploratory study. *BMC Veterinary Research*, 14(1), 256. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1581-2>
- Contreras-Aguilar, M. D., Tecles, F., Martínez-Subiela, S., Escribano, D., Bernal, L. J., y Cerón, J. J. (2017). Detection and measurement of alpha-amylase in canine saliva and changes after an experimentally induced sympathetic activation. *BMC Veterinary Research*, 13(1), 1–6.
- Cook, N. J., Schaefer, A. L., Lepage, P., y Morgan Jones, S. D. (1997). Radioimmunoassay for cortisol in pig saliva and serum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(2), 395–399.
- Cook, P., Rouse, A., Wilson, M., y Reichmuth, C. (2013). A California sea lion (*Zalophus californianus*) can keep the beat: motor entrainment to rhythmic auditory stimuli in a non vocal mimic. *Journal of Comparative Psychology*, 127(4), 412.
- Crespo-Bojorque, P., y Toro, J. M. (2015). The use of interval ratios in consonance perception by rats (*Rattus norvegicus*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, 129(1), 42–51. <https://doi.org/10.1037/a0037991>
- Crespo-Bojorque, P., y Toro, J. M. (2016). Processing advantages for consonance: A comparison between rats (*Rattus norvegicus*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*. Toro, Juan M.: Center for Brain and Cognition, Universitat Pompeu Fabra, C.

- Roc Boronat, 138, Barcelona, Spain, CP 08018, [juanmanuel.toro@upf.edu](mailto:juanmanuel.toro@upf.edu): American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/com0000027>
- Custance, D., y Mayer, J. (2012). Empathic-like responding by domestic dogs (*Canis familiaris*) to distress in humans: an exploratory study. *Animal Cognition*, *15*(5), 851–859.
- Davila Ross, M., Menzler, S., y Zimmermann, E. (2008). Rapid facial mimicry in orangutan play. *Biology Letters*, *4*(1), 27–30.
- De Tommaso, M., Kaplan, G., Chiandetti, C., y Vallortigara, G. (2019). Naïve 3-day-old domestic chicks (*Gallus gallus*) are attracted to discrete acoustic patterns characterizing natural vocalizations. *Journal of Comparative Psychology*, *133*(1), 118.
- De Waal, F. B. M. (2007). The ‘Russian doll’ model of empathy and imitation. *On Being Moved: From Mirror Neurons to Empathy*, 35–48.
- De Waal, F. B. M. (2008). Putting the altruism back into altruism: the evolution of empathy. *Annu. Rev. Psychol.*, *59*, 279–300.
- DeLisle, S., y Ilte-Clark, C. (2011). Humane education: A way to empower youth, enhance humane behaviors, and promote animal welfare.
- Deng, J. J., y Leung, C. H. C. (2012). Music emotion retrieval based on acoustic features. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, *155 LNEE*, 169–177. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28744-2\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28744-2_22)
- Deuschle, M., Schweiger, U., Weber, B., Gotthardt, U., Körner, A., Schmider, J., ... Heuser, I. (1997). Diurnal Activity and Pulsatility of the Hypothalamus-Pituitary-Adrenal System in Male Depressed Patients and Healthy Controls. *The Journal of Clinical Endocrinology y Metabolism*, *82*(1), 234–238. <https://doi.org/10.1210/jcem.82.1.3689>
- Dhabhar, F. S., y McEwen, B. S. (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. <https://doi.org/10.1006/brbi.1997.0508>
- Dhabhar, F. S., McEwen, B. S., y Spencer, R. L. (1993). Stress response, adrenal steroid receptor levels and corticosteroid-binding globulin levels - a comparison between Sprague-Dawley, Fischer 344 and Lewis rats. *Brain Research*, *616*(1–2), 89–98. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(93\)90196-T](https://doi.org/10.1016/0006-8993(93)90196-T)
- Edgar, J. L., Lowe, J. C., Paul, E. S., y Nicol, C. J. (2011). Avian maternal response to chick distress. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *278*(1721), 3129–3134.
- Edgar, J. L., Nicol, C. J., Clark, C. C. A., y Paul, E. S. (2012). Measuring empathic responses in animals. *Applied Animal Behaviour Science*, *138*(3–4), 182–193.
- Ekachhat, K., y Vajrabukka, C. (1994). Effect of music rhythm on growth performance of growing pigs. *Natural Science*.
- Engler, W. J., y Bain, M. (2017). Effect of different types of classical music played at a veterinary hospital on dog behavior and owner satisfaction. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *251*(2), 195–200.
- Evers, S., y Suhr, B. (2000). Changes of the neurotransmitter serotonin but not of hormones during short time music perception. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *250*(3), 144–147. <https://doi.org/10.1007/s004060070031>
- Fancourt, D., Ockelford, A., y Belai, A. (2014). The psychoneuroimmunological effects of music: A systematic review and a new model. *Brain, Behavior, and Immunity*, *36*, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.10.014>
- Friedmann, E., Thomas, S. A., Stein, P. K., y Kleiger, R. E. (2003). Relation between pet ownership and heart rate variability in patients with healed myocardial infarcts. *American Journal of Cardiology*, *91*(6), 718–721.

- Fuentes-Rubio, M., Fuentes, F., Otal, J., Quiles, A., Tecles, F., Cerón, J. J., y Hevia, M. L. (2015). Measurements of salivary alpha-amylase in horse: Comparison of 2 different assays. *Journal of Veterinary Behavior*, *10*(2), 122–127.
- Fuentes, M., Tecles, F., Gutiérrez, A., Otal, J., Martínez-Subiela, S., y Cerón, J. J. (2011). Validation of an automated method for salivary alpha-amylase measurements in pigs (*Sus scrofa domesticus*) and its application as a stress biomarker. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, *23*(2), 282–287.
- Grandin, T. (2017). On-farm conditions that compromise animal welfare that can be monitored at the slaughter plant. *Meat Science*, *132*(January), 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.004>
- Gunter, L., Caldarella, P., Korth, B. B., y Young, K. R. (2012). Promoting social and emotional learning in preschool students: A study of Strong Start Pre-K. *Early Childhood Education Journal*, *40*(3), 151–159.
- Handel, S. (1990). Listening as introduction to the perception of auditory events. *Ear and Hearing*, *11*(3), 243.
- Hazel, S. J., y Lloyd, J. K. F. (2015). The impact of social stress on animal health and welfare. *The Veterinary Journal*, *207*, 7–8. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.08.007>
- Heckman, J. J., Stixrud, J., y Urzua, S. (2006). The effects of cognitive and noncognitive abilities on labor market outcomes and social behavior. *Journal of Labor Economics*, *24*(3), 411–482.
- Houpt, K., Marrow, M., y Seeliger, M. (2000). A preliminary study of the effect of music on equine behavior. *Journal of Equine Veterinary Science*, *20*(11), 691–737.
- Howell, S., Schwandt, M., Fritz, J., Roeder, E., y Nelson, C. (2003). A Stereo Music System as Environmental Enrichment for Captive Chimpanzees. *Lab Animal*, *32*(10), 31–36. <https://doi.org/10.1038/labani1103-31>
- Imanpoor, M. R., Enayat Gholampour, T., y Zolfaghari, M. (2011). Effect of light and music on growth performance and survival rate of goldfish (*Carassius auratus*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *10*(4), 641–653.
- Janssens, C., Helmond, F. A., y Weigant, V. M. (1995). The effect of chronic stress on plasma cortisol concentrations in cyclic female pigs depends on the time of day. *Domestic Animal Endocrinology*, *12*(2), 167–177. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(94\)00018-V](https://doi.org/10.1016/0739-7240(94)00018-V)
- Jeon, D., Kim, S., Chetana, M., Jo, D., Ruley, H. E., Lin, S.-Y., ... Shin, H.-S. (2010). Observational fear learning involves affective pain system and Ca v 1.2 Ca 2+ channels in ACC. *Nature Neuroscience*, *13*(4), 482–488.
- Kaminski, M., Pellino, T., y Wish, J. (2002). Play and pets: The physical and emotional impact of child-life and pet therapy on hospitalized children. *Children's Health Care*, *31*(4), 321–335.
- Kent, J. P. (1993). The chick's preference for certain features of the maternal cluck vocalization in the domestic fowl (*Gallus gallus*). *Behaviour*, *125*(3–4), 177–187.
- Khalfa, S., Bella, S. D., y Roy, M. (2003). Effects of relaxing music on salivary cortisol level after psychological stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *021*(999), 374–376. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.045>
- Kim, S. G., Mueller, K., Lepsien, J., Mildner, T., y Fritz, T. H. (2019). Brain networks underlying aesthetic appreciation as modulated by interaction of the spectral and temporal organisations of music. *Scientific Reports*, *9*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55781-9>
- Knapska, E., Mikosz, M., Werka, T., y Maren, S. (2010). Social modulation of learning in rats. *Learning y Memory*, *17*(1), 35–42.
- Knight, W. E. J., y Rickard, N. S. (2001). Relaxing music prevents stress-induced increases in subjective anxiety, systolic blood pressure, and heart rate in healthy males and females.

- Journal of Music Therapy*, 38(4), 254–272.
- Knox, D., Beveridge, S., Mitchell, L. A., y MacDonald, R. A. R. (2011). Acoustic analysis and mood classification of pain-relieving music. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(3), 1673–1682. <https://doi.org/10.1121/1.3621029>
- Koelsch, S. (2012). *Brain and music*. John Wiley y Sons.
- Kogan, L. R., Schoenfeld-Tacher, R., y Simon, A. A. (2012). Behavioral effects of auditory stimulation on kenneled dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 7(5), 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.11.002>
- Krumhansl, C. L. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 51(4), 336.
- Kujala, M. V. (2017). Canine emotions as seen through human social cognition. *Animal Sentience*, 2(14), 1.
- Langford, D. J., Crager, S. E., Shehzad, Z., Smith, S. B., Sotocinal, S. G., Levenstadt, J. S., ... Mogil, J. S. (2006). Social modulation of pain as evidence for empathy in mice. *Science*, 312(5782), 1967–1970.
- Lartillot, O, y Toiviainen, P. (2007). A matlab toolbox for musical feature extraction from audio. *International Conference on Digital Audio ...*, 1–8. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-78246-9\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-540-78246-9_31)
- Lartillot, Olivier, Eerola, T., Toiviainen, P., y Fornari, J. (2008). Multi-feature modeling of pulse clarity: design, validation and optimization. *Paper Presented at the ISMIR Conference*.
- Li, J., Li, X., Liu, H., Li, J., Han, Q., Wang, C., ... Bao, J. (2021). Effects of music stimulus on behavior response, cortisol level, and horizontal immunity of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 99(5), 1–9. <https://doi.org/10.1093/jas/skab043>
- Li, X., Zhao, J. N., Zhao, P., Zhang, X., Bi, Y. J., Li, J. H., ... Bao, J. (2019). Behavioural responses of piglets to different types of music. *Animal*, 13(10), 2319–2326. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000260>
- Linnemann, A., Ditzen, B., Strahler, J., Doerr, J. M., y Nater, U. M. (2015). Music listening as a means of stress reduction in daily life. *Psychoneuroendocrinology*, 60, 82–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2015.06.008>
- Low, P., Panksepp, J., Reiss, D., Edelman, D., Van Swinderen, B., y Koch, C. (2012). The Cambridge declaration on consciousness. In *Francis crick memorial conference, Cambridge, England* (pp. 1–2).
- Mathews, R. M., Clair, A. A., y Kosloski, K. (2001). Keeping the beat: Use of rhythmic music during exercise activities for the elderly with dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease y Other Dementias®*, 16(6), 377–380. <https://doi.org/10.1177/153331750101600608>
- McAdie, T. M., Foster, T. M., Temple, W., y Matthews, L. R. (1993). A method for measuring the aversiveness of sounds to domestic hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 37(3), 223–238.
- McDermott, J., y Hauser, M. D. (2007). Nonhuman primates prefer slow tempos but dislike music overall. *Cognition*, 104(3), 654–668. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.07.011>
- Menon, V., y Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *NeuroImage*, 28(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.05.053>
- Mingle, M. E., Eppley, T. M., Campbell, M. W., Hall, K., Horner, V., y de Waal, F. (2014). Chimpanzees prefer African and Indian music over silence. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, 40(4), 502.
- Ministerio de Educación. Plan Especial de Educación Rural (2020). Colombia.

- Nicoll, K., Samuels, W. E., y Trifone, C. (2008). An in-class, humane education program can improve young students' attitudes toward animals. *Society y Animals*, 16(1), 45–60.
- Ormandy, E. (2010). The Lifecycle of the Farm Pig The Lifecycle of the Farm Pig, 8705. <https://doi.org/10.1080/10888705.2010.483898>
- Panicker, H., Wadhwa, S., y Roy, T. S. (2002). Effect of prenatal sound stimulation on medio-rostral neostriatum/hyperstriatum ventrale region of chick forebrain: a morphometric and immunohistochemical study. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 24(2), 127–135.
- Panksepp, J. (1982). Toward a general psychobiological theory of emotions. *Behavioral and Brain Sciences*, 5(3), 407–422.
- Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., Louizos, E., Chadio, S., Kalogiannis, D., Dalla, C., ... Papadopoulou-Daifoti, Z. (2007). Effect of Mozart's music (Romanze-Andante of "Eine Kleine Nacht Musik", sol major, K525) stimulus on common carp (*Cyprinus carpio* L.) physiology under different light conditions. *Aquacultural Engineering*, 36(1), 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.07.001>
- Papoutsoglou, S E, Karakatsouli, N., Batzina, A., Papoutsoglou, E. S., y 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.
- Papoutsoglou, Sofronios E, Karakatsouli, N., Papoutsoglou, E. S., y Vasilikos, G. (2010). Common carp (*Cyprinus carpio*) response to two pieces of music ("Eine Kleine Nachtmusik" and "Romanza") combined with light intensity, using recirculating water system. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(3), 539–554.
- Patel, A. D., Iversen, J. R., Bregman, M. R., y Schulz, I. (2009). Experimental evidence for synchronization to a musical beat in a nonhuman animal. *Current Biology*, 19(10), 827–830.
- Paukner, A., y Anderson, J. R. (2006). Video-induced yawning in stump-tail macaques (*Macaca arctoides*). *Biology Letters*, 2(1), 36–38.
- Pereira, C. S., Teixeira, J., Figueiredo, P., Xavier, J., Castro, S. L., y Brattico, E. (2011). Music and Emotions in the Brain: Familiarity Matters. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027241>
- Preston, S. D., y Waal, F. B. M. De. (2002). Preston y deWaal, 2002. *Behavioural and Brain Sciences*, 25, 1–72.
- Priest, D.-L., Karageorghis, C. I., y Sharp, N. C. C. (2004). The characteristics and effects of motivational music in exercise settings: the possible influence of gender, age, frequency of attendance, and time of attendance.
- Ramachandran, V. S., y Jalal, B. (2017). The evolutionary psychology of envy and jealousy. *Frontiers in Psychology*, 8, 1619.
- Reimert, I., Bolhuis, J. E., Kemp, B., y Rodenburg, T. B. (2013). Indicators of positive and negative emotions and emotional contagion in pigs. *Physiology and Behavior*, 109(1), 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.11.002>
- Reimert, I., Bolhuis, J. E., Kemp, B., y Rodenburg, T. B. (2014). Emotions on the loose: emotional contagion and the role of oxytocin in pigs. *Animal Cognition*, 18(2), 517–532. <https://doi.org/10.1007/s10071-014-0820-6>
- Ritvo, S. E., y MacDonald, S. E. (2016). Music as enrichment for Sumatran orangutans (*Pongo abelii*). *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 4(3), 156–163.
- Robbins, L., y Margulis, S. W. (2014). The effects of auditory enrichment on gorillas. *Zoo Biology*, 33(3), 197–203.
- Romero, T., Konno, A., y Hasegawa, T. (2013). Familiarity bias and physiological responses in contagious yawning by dogs support link to empathy. *PloS One*, 8(8), e71365.

- Russell, J. A., Salem, A., Scherer, K. R., Banse, R., y Wallbott, H. G. (n.d.). Hatfield, E., Cacioppo, JT y Rapson, RL (1994). *Emotional Contagion*. New York: Cambridge University Press.
- Sanyal, T., Kumar, V., Nag, T. C., Jain, S., Sreenivas, V., y Wadhwa, S. (2013). Prenatal loud music and noise: differential impact on physiological arousal, hippocampal synaptogenesis and spatial behavior in one day-old chicks. *PLoS One*, *8*(7), e67347.
- Sanyal, T., Palanisamy, P., Nag, T. C., Roy, T. S., y Wadhwa, S. (2013). Effect of prenatal loud music and noise on total number of neurons and glia, neuronal nuclear area and volume of chick brainstem auditory nuclei, field L and hippocampus: a stereological investigation. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *31*(4), 234–244.
- Scherer, K. R. (2004). Which Emotions Can be Induced by Music? What Are the Underlying Mechanisms? And How Can We Measure Them? *Journal of New Music Research*, *33*(3), 239–251. <https://doi.org/10.1080/0929821042000317822>.
- Shepherdson, D., Bemment, N., Carman, M., y Reynolds, S. (1989). Auditory enrichment for Lar gibbons *Hylobates lar* at London Zoo. *International Zoo Yearbook*, *28*(1), 256–260
- Silva, K., Bessa, J., y De Sousa, L. (2012). Auditory contagious yawning in domestic dogs (*Canis familiaris*): first evidence for social modulation. *Animal Cognition*, *15*(4), 721–724.
- Snowdon, C. T. (2021). Animal signals, music and emotional well-being. *Animals*, *11*(9). <https://doi.org/10.3390/ani11092670>
- Snowdon, C. T., y Teie, D. (2010). Affective responses in tamarins elicited by species-specific music. *Biology Letters*, *6*(1), 30–32. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0593>
- Snowdon, C. T., Teie, D., y Savage, M. (2015). Cats prefer species-appropriate music. *Applied Animal Behaviour Science*, *166*(1), 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.02.012>
- Snowdon, C. T., Zimmermann, E., y Altenmüller, E. (2015). Music evolution and neuroscience. *Progress in Brain Research*, *217*, 17–34.
- Soma, M., y Mori, C. (2015). The songbird as a percussionist: syntactic rules for non-vocal sound and song production in Java sparrows. *PLoS One*, *10*(5), e0124876.
- Stevens, M. (2013). *Sensory ecology, behaviour, and evolution*. Oxford University Press.
- Sugimoto, T., Kobayashi, H., Nobuyoshi, N., Kiriya, Y., Takeshita, H., Nakamura, T., y Hashiya, K. (2010). Preference for consonant music over dissonant music by an infant chimpanzee. *Primates*, *51*(1), 7–12.
- Suguna, S., y Deepika, K. (2017). The effects of music on pulse rate and blood pressure in healthy young adults. *Int J Res Med Sci*, *5*(12), 5268–5272.
- Taylor, N., y Signal, T. D. (2005). Empathy and attitudes to animals. *Anthrozoös*, *18*(1), 18–27. <https://doi.org/10.2752/089279305785594342>
- Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., y Nater, U. M. (2013). The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE*, *8*(8), e70156. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070156>
- Thompson, K. L., y Gullone, E. (2003). Promotion of empathy and prosocial behaviour in children through humane education. *Australian Psychologist*, *38*(3), 175–182.
- Trainor, L. J., y Schmidt, L. A. (2003). Processing emotions induced by music.
- Tse, M. M. ., Chan, M. ., y Benzie, iris F. . (2005). The Effect of Music Therapy on Postoperative Pain, Heart Rate, Systolic Blood Pressure and Analgesic Use Following Nasal Surgery. *Journal of Pain y Palliative Care Pharmacotherapy*, *19*(3), 21–29. [https://doi.org/10.1080/J354v19n03\\_05](https://doi.org/10.1080/J354v19n03_05)
- Udell, M. A. R., Dorey, N. R., y Wynne, C. D. L. (2011). Can your dog read your mind? Understanding the causes of canine perspective taking. *Learning y Behavior*, *39*(4), 289–302.
- Uetake, K., Hurnik, J. F., y Johnson, L. (1997). Effect of music on voluntary approach of dairy

- cows to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science*, 53(3), 175–182. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01159-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01159-8)
- Videan, E. N., Fritz, J., Howell, S., y Murphy, J. (2007). Effects of two types and two genre of music on social behavior in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 46(1), 66–70.
- Walker, P., Aimers, J., y Perry, C. (2015). Animals and social work: An emerging field of practice for Aotearoa New Zealand. *Aotearoa New Zealand Social Work*, 27(1/2), 24–35.
- Wallace, E. K., Altschul, D., Körfer, K., Benti, B., Kaeser, A., Lambeth, S., ... Slocombe, K. E. (2017). Is music enriching for group-housed captive chimpanzees (*Pan troglodytes*)? *PloS One*, 12(3), e0172672.
- Wallace, E. K., Kingston-Jones, M., Ford, M., y Semple, S. (2013). An investigation into the use of music as potential auditory enrichment for moloch gibbons (*Hylobates moloch*). *Zoo Biology*, 32(4), 423–426. <https://doi.org/10.1002/zoo.21074>
- WAN. (2012). World Animal Net. Retrieved from <http://worldanimal.net/our-programs/constitution-project-resources/constitutions-chart>
- Wascher, C. A. F., Scheiber, I. B. R., y Kotrschal, K. (2008). Heart rate modulation in bystanding geese watching social and non-social events. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1643), 1653–1659.
- Watanabe, S., Uozumi, M., y Tanaka, N. (2005). Discrimination of consonance and dissonance in Java sparrows. *Behavioural Processes*, 70(2), 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2005.06.001>
- Watanabe, Shigeru, y Nemoto, M. (1998). Reinforcing property of music in Java sparrows (*Padda oryzivora*). *Behavioural Processes*, 43(2), 211–218.
- Wells, D L, Graham, L., y Hepper, P. G. (2002). The influence of auditory stimulation on the behaviour of dogs housed in a rescue shelter. *Animal Welfare*, 11(4), 385–393.
- Wells, Deborah L, Coleman, D., y Challis, M. G. (2006). A note on the effect of auditory stimulation on the behaviour and welfare of zoo-housed gorillas. *Applied Animal Behaviour Science*, 100(3–4), 327–332.
- Wells, Deborah L, y Irwin, R. M. (2008). Auditory stimulation as enrichment for zoo-housed Asian elephants (*Elephas maximus*). *Animal Welfare*, 17(4), 335–340.
- Wollrab, T. I. (1998). Human-animal bond issues. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 212(11), 1675.
- Zhao, P., Zhao, J., Liu, H., Zhang, R., Li, J., Zhang, M., ... Yi, R. (2020). Effects of long-term exposure to music on behaviour, immunity and performance of piglets. *Animal Production Science*, 61(5), 532–539.

## **Conclusiones generales**

El trabajo realizado en esta tesis tuvo dos componentes, el primero, corresponde al desarrollo de una investigación básica y aplicada, que respondió a varios interrogantes con respecto al uso y diseño de música para la especie porcina, dando lugar al desarrollo de una tecnología con una aplicación potencial para el enriquecimiento ambiental. El segundo componente, consistió en el diseño de una estrategia pedagógica basada en el bienestar animal y la empatía interespecífica como un proceso de apropiación social de conocimiento. A continuación, se presentan las conclusiones a este respecto.

En el marco general del trabajo realizado y con respecto al bienestar animal, es importante concluir que si bien, los seres humanos, hemos transformado nuestros entornos, condicionando el del resto de especies animales y vegetales, nuestra concepción biosocial ha llevado a que dicha transformación sea un poco distante de los principios de respeto y equidad en la forma en la que nos relacionamos con los demás seres que comparten con nosotros este planeta. Esta situación debe hacernos reflexionar sobre la necesidad de repensar nuestras interacciones con el entorno y en el caso que nos ocupa, con los animales, considerando también sus necesidades de bienestar. La producción animal intensiva, particularmente la porcina, plantea importantes retos para el bienestar animal. Es adecuado abordar este tipo de problemas complejos, desde un sistema articulado, y es probable que lo más adecuado sea desde una perspectiva multidisciplinar. En este sentido, esta investigación involucró diferentes áreas como la biomusicología, la psicoacústica, la fisiología y la educación, en el diseño, validación y aplicación de una estrategia para mejorar el bienestar en cerdos.

A partir de los resultados obtenidos en los capítulos 2-4, se puede concluir que música puede constituir una estrategia útil en el enriquecimiento ambiental, con un potencial terapéutico para el manejo del estrés. Su implementación puede ser económica y no invasiva. Su uso y efectos habían sido poco explorado en animales, al menos de forma sistemática, integral y rigurosa que permitiera llegar a conclusiones consistentes. La investigación presentada en esta tesis, permitió resolver algunas cuestiones fundamentales sobre aspectos de percepción, preferencia, diseño de estímulos y efectos de la música en los cerdos. El conocimiento generado permitió el diseño de música ajustada a la especie, con un valor traslacional a otras especies. Lo anterior, dio lugar al desarrollo de una tecnología innovadora, ya que a nivel nacional o internacional, no se dispone

de herramientas de este tipo, ajustadas para ser aplicadas a las necesidades y características biológicas particulares de las especies animales y a numerosos fines terapéuticos.

Los resultados obtenidos demostraron que los cerdos responden emocionalmente a los estímulos musicales y que pueden percibir varios de sus componentes estructurales, lo que determina un procesamiento neurocognitivo. Además, y según el conocimiento del autor, el presente trabajo es el primer análisis psicoacústico en el marco del enriquecimiento ambiental basado en música en animales. Los hallazgos obtenidos permitieron demostrar que las características acústicas de la música determinan diferentes valencias en las respuestas emocionales en los cerdos, y que por tanto, pueden ser moduladas desde el diseño y composición de los estímulos para inducir en los animales respuestas psicobiológicas positivas. Esto es relevante, si se considera que es posible que muchas de las investigaciones sobre música aplicada a animales no humanos, conducidas hasta la fecha han tenido deficiencias metodológicas con respecto al tipo de música utilizada.

El análisis psicoacústico, es una herramienta que puede facilitar el uso adecuado de la música en especies no humanas para los fines del enriquecimiento. El modelo de análisis psicoacústico desarrollado durante esta investigación, integrando elementos del análisis informático musical y las respuestas emocionales evaluadas mediante QBA, se propone como un método útil en la evaluación de la música en animales. La validación de los hallazgos obtenidos con dicho modelo fue validado mediante la evaluación de respuestas neurofisiológicas presentados en el capítulo 4 de la presente tesis. El conocimiento derivado de la evaluación psicoacústica permitirá incorporar ajustes en el diseño de estímulos musicales específicos para la especie porcina y tiene un valor traslacional a otras especies, facilitando el desarrollo de protocolos de enriquecimiento ambiental basados en música.

El estrés es una respuesta psicofisiológica compleja y la música a su vez es un estímulo capaz de regular de forma integrada los estados emocionales y fisiológicos del organismo, por tanto, su implementación para el manejo del estrés parece un enfoque consistente y orgánico. Los hallazgos experimentales obtenidos a este respecto, permiten concluir que de forma similar a los humanos, la música induce en los cerdos cambios orgánicos, que pueden determinar su potencial terapéutico. La evidencia objetiva obtenida mediante la evaluación de diferentes parámetros neurofisiológicos y comportamentales sustentan la utilidad de la música en el enriquecimiento

ambiental para la especie porcina, con un impacto en la salud y el bienestar. El abordaje experimental aplicado tiene además un potencial traslacional a otras especies.

En el marco del capítulo 5 de esta tesis, es adecuado resaltar que la empatía constituye una herramienta con un enorme potencial para la promoción del bienestar animal y el fortalecimiento de competencias sociales niños y jóvenes; aportando a la formación holística de las nuevas generaciones y propendiendo por una consciencia ecológica y social. Por lo anterior, es importante que los sistemas educativos y los programas académicos cuenten con herramientas que promuevan la empatía, favoreciendo transformaciones que conduzcan a una mejor sociedad en términos morales.

La apropiación social del conocimiento, es el fundamento de cualquier forma de innovación y el conocimiento generado en este trabajo se desarrolló dentro de un marco social que es la ruralidad, generando una estrategia pedagógica contextualizada que puede aportar al fortalecimiento de habilidades sociales en los niños y jóvenes y promueve la sinergia entre la academia, el sector productivo y la población rural.

La promoción de la empatía en los programas de educación, es una forma de garantizar un mejor relacionamiento del ser humano con sus congéneres, con otros animales y un camino para la reconciliación con la naturaleza. El presente trabajo permitió diseñar y estructurar varias herramientas pedagógicas, en el contexto de la empatía interespecífica y enmarcadas en un programa educativo, que podrá ser incorporado en los programas de enseñanza escolar para fortalecer habilidades sociales en los niños y jóvenes, sobretodo en el contexto rural en Colombia, pretendiendo aportar a la transformación social de un país marcado profundamente por la violencia. Su aplicación deberá ser validado en futuras investigaciones.

Finalmente, es preciso mencionar que varios aspectos de la investigación desarrollada fueron innovadores, entendiendo la innovación como la creación, pero también como la transferencia de prácticas o conocimientos de un área a otra donde no había dado una aplicación previa. En este sentido, numerosos aspectos de este trabajo fueron innovadores, como la aplicación del método del QBA en la evaluación de las respuestas emocionales a la música, el análisis psicoacústico conducido para evaluar los estímulos musicales, integrando análisis computacional y QBA, así como los modelos estadísticos implementados para este tipo de análisis, que sirvieron de sustrato para la creación de música ajustada a la especie, cuyo efecto fue validado en la

regulación del estrés. También la incorporación de informática musical para la creación de música para animales, la composición y producción de los estímulos, la elaboración de un programa de enriquecimiento con objetivos definidos y el diseño de un programa educativo como estrategia de apropiación social.