

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS

**EFFECTO DE LA MÚSICA SOBRE LOS NIVELES DE CORTISOL
Y CONSTANTES FISIOLÓGICAS EN CUYES EN CRECIMIENTO**

PRESENTADA POR:

Br. ANA CECILIA RIOS ZUÑIGA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE MÉDICO VETERINARIO**

ASESORES:

PhD. JAVIER LLACSA MAMANI

Mg. Sc. SANTOS WILTON CALDERÓN RUIZ

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor SANTOS WILTON CALDERÓN RUIZ.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EFEECTO DE LA MÚSICA SOBRE LOS
NIVELES DE CORTISOL Y CONSTANTES FISIOLÓGICAS EN CUYES
EN CRECIMIENTO.....

Presentado por: ANA CECILIA RIOS ZÚNIGA..... DNI N° 77283739.....;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de MÉDICO VETERINARIO.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 02.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 27 de MAYO de 2026.....


Firma

Post firma SANTOS WILTON CALDERÓN RUIZ

Nro. de DNI 26960866.....

ORCID del Asesor 0000 - 0001 - 8091 - 5814.....

ORCID del 2º Asesor: 0000 - 0002 - 0035 - 9115

JAVIER LLACSA MAHANI DNI: 41463868

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259: 595036678.....

Ana Cecilia Rios Zuñiga

EFECTO DE LA MÚSICA SOBRE LOS NIVELES DE CORTISOL Y CONSTANTES FISIOLÓGICAS EN CUYES EN CRECIMIENTO

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:595016678

Fecha de entrega

27 may 2026, 11:23 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

27 may 2026, 11:43 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS ANA CECILIA RIOS ZUÑIGA.docx

Tamaño del archivo

6.5 MB

115 páginas

22.591 palabras

126.728 caracteres



M.Sc. SANTOS WILTON CALDERÓN RUIZ
ASESOR

2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 14 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi madre Marianella Zuñiga Medina, mi más grande inspiración para luchar día a día, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, la humildad y la perseverancia. Cada paso de este camino ha estado guiado por tu apoyo, tus palabras de aliento y la fuerza que siempre me has transmitido.

A mi hermana, por su cariño sincero, su comprensión y por estar siempre presente en cada etapa de mi vida. Gracias por tus palabras de aliento en los momentos difíciles, por tu paciencia infinita y por compartir conmigo cada pequeño logro con alegría.

Y a mi familia, por su amor, confianza y respaldo en todo momento. Gracias por creer en mí, incluso cuando las circunstancias parecían difíciles.

Este logro es también de ustedes, porque cada página de este trabajo refleja su presencia, su apoyo y el amor que me impulsa cada día.

Ana Cecilia Rios Zuñiga

AGRADECIMIENTOS

Con infinita gratitud a Dios, por ser mi guía y fortaleza en todo momento.

A la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y la Escuela profesional de Medicina Veterinaria Filial Sicuani, por ser el espacio donde adquirí los conocimientos, valores y experiencias que han contribuido a mi formación profesional y personal.

A mis asesores PhD. Javier Llacsá Mamani, Mg. Sc. Wilton S. Calderón por su constante orientación, sabiduría y compromiso durante todo el desarrollo de esta investigación. Gracias por compartir sus conocimientos, brindar su tiempo y acompañarme con paciencia y dedicación en cada paso de este trabajo. Su guía fue esencial para alcanzar los objetivos propuestos y consolidar los resultados de esta tesis.

Asimismo, al Dr. Walter Bravo Matheus por su valioso apoyo en el procesamiento de las muestras, así como por su disposición, orientación y colaboración durante esta etapa fundamental de la investigación. Su contribución fue importante para el desarrollo y obtención de los resultados del presente estudio.

A los docentes de la escuela profesional de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Abad del Cusco por compartir generosamente sus conocimientos y brindarme su orientación, enriqueciendo este proceso académico con sus enseñanzas y experiencia.

Al personal, que me brindó su colaboración durante el desarrollo de la tesis, facilitando cada etapa del trabajo con amabilidad y disposición.

A todos, mi más sincero agradecimiento por haber contribuido, de una u otra forma, a la culminación de este logro académico.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
GLOSARIO	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 Descripción del problema de investigación	3
2.2 Formulación del problema	5
2.2.1 Problema general	5
2.2.2 Problemas específicos.....	5
III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
3.1 Objetivo general	6
3.2 Objetivos específicos.....	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1 Antecedentes.....	7
4.2 Marco conceptual	11
4.2.1 Aspectos generales del cuy	11
4.2.2 Clasificación taxonómica	12

4.2.3 Espacio vital e instalaciones en la crianza de cuyes	12
4.2.4 Estrés	14
4.2.5 Fisiología del estrés	15
4.2.6 Factores desencadenantes de estrés en cuyes	16
4.2.7 Cortisol en cuyes	17
4.2.8 Secreción de glucocorticoides	17
4.2.9 Técnicas para medir el cortisol	18
4.2.10 Uso de la música como factor de relajación	21
4.2.11 Percepción auditiva y rango de frecuencias en el cuy	22
4.2.12 El estrés como indicador del estado de bienestar animal	22
4.2.13 Estrategias para la reducción del estrés en cuyes	23
4.2.14 Constantes fisiológicas	24
4.2.15 Mozart K.448.....	25
4.2.16 Efecto de los decibeles de la música en la respuesta al estrés	26
4.2.17 Definición de términos	27
V. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	28
5.1 Hipótesis general	28
5.2 Hipótesis específicas	28
VI. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
6.1 Lugar de estudio	29
6.2 Duración del estudio.....	29

6.3 Materiales	29
6.3.1 Material biológico.....	29
6.3.2 Materiales de campo	29
6.3.3 Materiales para recolección de muestras	30
6.3.4 Materiales para la obtención de plasma y saliva	30
6.3.5 Equipos y materiales de laboratorio	30
6.3.6 Reactivos e insumos de laboratorio	31
6.4 Metodología de la investigación	31
6.4.1 Tipo de investigación.....	31
6.4.2 Enfoque de investigación.....	31
6.5 Variables de la investigación	32
6.5.1 Variables independientes	32
6.5.2 Variables dependientes.....	32
6.6 Aspectos éticos del estudio.....	32
6.7 Animales.....	33
6.8 Manejo.....	34
6.9 Diseño Experimental	35
6.10 Procedimiento.....	35
6.10.1 Detección de cortisol en saliva y sangre.....	35
6.10.2 Procedimiento del ensayo según las instrucciones del kit ELISA.....	37
6.10.3 Evaluación de las constantes fisiológicas	39

6.10.4 Análisis estadístico	40
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	42
7.1 Efecto de la música sobre los niveles de cortisol en cuyes en crecimiento	42
7.1.1 Niveles de cortisol salival.....	42
7.1.2 Niveles de cortisol plasmático	47
7.2 Efecto de la música sobre las constantes fisiológicas en cuyes en crecimiento.....	53
7.2.1 Frecuencia respiratoria	53
7.2.2 Frecuencia cardiaca	57
7.2.3 Temperatura	61
7.2.4 Peso vivo.....	63
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
8.1 Conclusiones	68
8.2 Recomendaciones.....	69
IX. REFERENCIAS.....	70
X. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica del cuy	12
Tabla 2 . Distribución de cuyes para cada tratamiento.....	35
Tabla 3. Valores promedio de niveles de cortisol salival (ng/mL) según factor música	42
Tabla 4. Niveles de cortisol salival ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días	43
Tabla 5. Medias generales de cortisol salival ($\bar{X} \pm DS$; ng/mL) según días de evaluación.....	44
Tabla 6. Valores promedio de niveles de cortisol plasmático (ng/mL) según factor música ..	48
Tabla 7. Niveles de cortisol plasmático ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días	49
Tabla 8. Medias generales de cortisol plasmático ($\bar{X} \pm DS$; ng/mL) según días de evaluación	50
Tabla 9. Valores promedio de frecuencia respiratoria (resp/min) según factor música	54
Tabla 10. Frecuencia respiratoria ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días	55
Tabla 11. Medias generales de frecuencia respiratoria ($\bar{X} \pm DS$; resp/min) según días de evaluación	55
Tabla 12. Valores promedio de frecuencia cardiaca (lat/min) según factor música.....	57
Tabla 13. Frecuencia cardiaca ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días.....	58
Tabla 14. Medias generales de frecuencia cardiaca ($\bar{X} \pm DS$; lat/min) según días de evaluación	59
Tabla 15. Valores promedio de temperatura (°C) según factor música.....	61
Tabla 16. Temperatura corporal ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días	62
Tabla 17. Medias generales de temperatura ($\bar{X} \pm DS$; °C) según días de evaluación.....	62
Tabla 18. Valores promedio de peso corporal (g) según factor música.....	64

Tabla 19. Peso corporal ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días 64

Tabla 20. Medias generales de peso vivo ($\bar{X} \pm DS$; g) según días de evaluación 65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Niveles de cortisol salival (ng/mL) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental</i>	45
Figura 2. <i>Niveles de cortisol plasmático (ng/mL) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental</i>	51
Figura 3. <i>Frecuencia respiratoria (movimientos/min) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental</i>	56
Figura 4. <i>Frecuencia cardiaca (latidos/min) en cuyes con y sin exposición musical durante el periodo experimental</i>	60

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para los datos de cortisol plasmático y salival	83
Anexo 2. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para constantes fisiológicas	84
Anexo 3. Análisis de varianza factorial (2×4) para los niveles de cortisol salival en cuyes en crecimiento.....	86
Anexo 4. Análisis de varianza factorial (2×4) para los niveles de cortisol plasmático en cuyes en crecimiento	86
Anexo 5. Análisis de varianza factorial (2×4) para frecuencia respiratoria en cuyes en crecimiento.....	86
Anexo 6. Análisis de varianza factorial (2×4) para frecuencia cardiaca en cuyes en crecimiento	87
Anexo 7. Análisis de varianza factorial (2×4) para temperatura en cuyes en crecimiento.....	87
Anexo 8. Análisis de varianza factorial (2×4) para peso vivo en cuyes en crecimiento	87
Anexo 9. Análisis de varianza de los niveles de cortisol salival en cuyes expuestos a música según los días de evaluación	88
Anexo 10. Análisis de varianza de los niveles de cortisol salival en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación.....	88
Anexo 11. Análisis de varianza de los niveles de cortisol plasmático en cuyes expuestos a música según los días de evaluación.....	88
Anexo 12. Análisis de varianza de los niveles de cortisol plasmático en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación.....	89
Anexo 13. Análisis de varianza de la frecuencia respiratoria en cuyes expuestos a música según los días de evaluación	89

Anexo 14. Análisis de varianza de la frecuencia respiratoria en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación	89
Anexo 15. Análisis de varianza de la frecuencia cardíaca en cuyes expuestos a música según los días de evaluación	90
Anexo 16. Análisis de varianza de la frecuencia cardíaca en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación	90
Anexo 17. Análisis de varianza de la temperatura corporal en cuyes expuestos a música según los días de evaluación	90
Anexo 18. Análisis de varianza de la temperatura corporal en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación	91
Anexo 19. Análisis de varianza del peso corporal en cuyes expuestos a música según los días de evaluación	91
Anexo 20. Análisis de varianza del peso corporal en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación	91
Anexo 21. Ficha de registro para constantes fisiológicas	92
Anexo 22. Fotografías del experimento.....	93

GLOSARIO

µg	: Microgramos
4PL	: Modelo logístico de 4 parámetros
ACTH	: Hormona adrenocorticotrópica
CRH	: Hormona liberadora de corticotropina
Da	: Dáltones
Db	: Decibelios
dL	: Decilitros
DS	: Desviación estándar
ELISA	: Ensayo inmunoabsorbente ligado a enzima
FC	: Frecuencia cardiaca
FGM	: Metabolito de glucocorticoide fecal
FR	: Frecuencia respiratoria
G	: Gramos
HHA	: Hipotalámico-hipofisario-adrenal
IM	: Intramuscular
mL	: Mililitro
Ng	: Nanogramos
OMSA	: Organización Mundial de Sanidad Animal
PC	: Peso corporal
RIA	: Radioinmunoensayo
Rpm	: Revoluciones por minuto
TR	: Temperatura rectal
UI	: Unidades Internacionales

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la música sobre los niveles de cortisol plasmático y salival, y las constantes fisiológicas de cuyes en crecimiento. Se utilizaron 12 cuyes machos distribuidos en dos grupos de seis animales: un grupo expuesto diariamente a música (Mozart K.448, 65–75 dB) y un grupo control sin música. Las evaluaciones se realizaron en cuatro momentos: ocho días previos al destete (día –8), el día del destete (día 0) y posteriormente en los días 20 y 45. Los niveles de cortisol plasmático y salival se determinaron mediante ELISA, y se registraron frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura corporal y peso corporal. Los resultados mostraron que la exposición a la música redujo significativamente ($p = 0.0036$) los niveles de cortisol plasmático (106.79 ± 48.55 ng/mL) en comparación con el grupo sin música (156.07 ± 55.82 ng/mL), evidenciando un efecto modulador sobre la respuesta al estrés. En cambio, el cortisol salival no presentó diferencias significativas (66.99 ± 37.36 ng/mL con música y 60.17 ± 28.56 ng/mL sin música; $p = 0.5273$). Asimismo, la música disminuyó significativamente la frecuencia cardíaca y respiratoria ($p = 0.0253$; $p = 0.0008$), mientras que la temperatura corporal no mostró variaciones significativas ($p = 0.7369$). El peso corporal aumentó progresivamente en ambos grupos, observándose un efecto altamente significativo del tiempo ($p < 0.0001$). En conclusión, la exposición a la música se asoció con modificaciones favorables en algunos indicadores fisiológicos y hormonales relacionados con el estrés en cuyes en crecimiento.

Palabras clave: Música, Cortisol, Constantes fisiológicas, Cuyes.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of music on plasma and salivary cortisol levels and physiological constants in growing guinea pigs. Twelve male guinea pigs were used, divided into two groups of six animals: one group exposed daily to music (Mozart K.448, 65–75 dB) and a control group without music. Evaluations were performed at four time points: eight days prior to weaning (day –8), on the day of weaning (day 0), and subsequently on days 20 and 45. Plasma and salivary cortisol levels were determined by ELISA, and heart rate, respiratory rate, body temperature, and body weight were recorded. The results showed that exposure to music significantly reduced ($p = 0.0036$) plasma cortisol levels (106.79 ± 48.55 ng/mL) compared to the group without music (156.07 ± 55.82 ng/mL), demonstrating a modulating effect on the stress response. In contrast, salivary cortisol levels did not show significant differences (66.99 ± 37.36 ng/mL with music and 60.17 ± 28.56 ng/mL without music; $p = 0.5273$). Music also significantly decreased heart rate and respiratory rate ($p = 0.0253$; $p = 0.0008$), while body temperature showed no significant changes ($p = 0.7369$). Body weight increased progressively in both groups, with a highly significant effect of time observed ($p < 0.0001$). In conclusion, exposure to music was associated with favorable modifications in some physiological and hormonal indicators related to stress in growing guinea pigs.

Keywords: Music, Cortisol, Physiological constants, Guinea pigs.

I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) es una especie doméstica originaria de Sudamérica que ha evolucionado principalmente en las zonas altoandinas de Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia (Lord et al., 2020). Desde tiempos precolombinos, esta especie ha sido utilizada como una importante fuente de proteína animal para las poblaciones andinas, que además la incorporaron en su cultura y medicina tradicional. En la actualidad, el cuy constituye un recurso de gran relevancia económica y social, especialmente en regiones rurales, donde su crianza representa una actividad productiva de bajo costo, alta eficiencia reproductiva y rápida rentabilidad (Chauca, 2014; Huamán et al., 2019).

El interés en mejorar las condiciones de bienestar animal en la producción de cuyes ha incrementado notablemente en los últimos años. Esto se debe a que un entorno inadecuado o estresante puede alterar las respuestas fisiológicas, inmunológicas y conductuales de los animales, repercutiendo negativamente en su crecimiento, reproducción y salud general (Broom & Fraser, 2007; Moberg, 2000). El cuy es una especie altamente susceptible al estrés ambiental, debido a su tendencia a vivir en grupo, su comportamiento nervioso y su respuesta marcada ante ruidos, manipulación o cambios bruscos en el entorno (Huamán et al., 2019).

El estrés activa el eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (HHA), lo que desencadena la liberación de glucocorticoides, principalmente cortisol, por las glándulas adrenales (Chu et al., 2025). El cortisol cumple una función esencial en la regulación de la homeostasis y permite que el organismo se adapte a circunstancias adversas. Sin embargo, la exposición prolongada a niveles elevados de cortisol puede ocasionar efectos perjudiciales, como inmunosupresión, retraso en el crecimiento, alteraciones metabólicas y disminución del bienestar animal (Mormède et al., 2007). Por ello, la medición de cortisol en plasma o saliva se considera un buen indicador del nivel de estrés fisiológico en animales domésticos (Levine et al., 2007).

En las últimas décadas, la música ha emergido como una herramienta no invasiva y de bajo costo para el enriquecimiento ambiental y la reducción del estrés en diferentes especies animales. Este enriquecimiento permite que los animales interactúen más plenamente con su entorno, estimulando sus cerebros y promoviendo el bienestar general (Alworth & Buerkle, 2013). Estudios realizados en roedores, perros, bovinos, cerdos han demostrado que ciertos tipos de música, especialmente la música clásica o de ritmo lento, pueden disminuir la frecuencia cardíaca, la presión arterial, y los niveles de cortisol, de forma similar a sus efectos en los seres humanos (Alworth & Buerkle, 2013; Bowman et al., 2017; Kühlmann et al., 2018; Wells, 2009).

A través de esta investigación, se espera contribuir al entendimiento de cómo la música influye en el bienestar de los cuyes, ofreciendo información valiosa para la implementación de prácticas de crianza más apropiadas que promuevan el bienestar en cuyes. Además, para comprender cómo estos factores afectan los niveles de cortisol como indicadores de estrés. Este estudio contribuirá a ampliar el conocimiento sobre la relación entre los estímulos sensoriales y la fisiología del estrés en animales, un campo aún poco explorado en cuyes.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del problema de investigación

La crianza de cuyes es una actividad económica importante en diversas regiones del Perú, especialmente en América del Sur. Sin embargo, el manejo apropiado de su bienestar y salud es importante para garantizar una producción óptima (Huamán et al., 2019). Uno de los aspectos que afecta el bienestar y salud de los cuyes es el estrés, que puede ser medido a través de los niveles de cortisol. El estrés no solo afecta la salud física de los animales, sino que también puede influir en su crecimiento y desarrollo (Broom & Johnson, 2019).

El cortisol es uno de los principales biomarcadores de estrés, secretado por las glándulas adrenales bajo el control del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. En animales de laboratorio y producción, la determinación de cortisol en plasma o saliva es un método fiable para evaluar la magnitud de la respuesta fisiológica ante factores ambientales o de manejo (Nemeth et al., 2016; Romero & Butler, 2007). En el caso del cuy, la sensibilidad de esta especie al estrés hace del cortisol un indicador especialmente útil para valorar su bienestar, lo que resulta en una disminución de su rendimiento productivo y la aparición de enfermedades (Huamán et al., 2019).

Factores estresantes como una alimentación inadecuada, el espacio vital limitado y, especialmente, el destete afecta directamente a los cuyes en crecimiento. El destete constituye una etapa crítica del desarrollo, ya que incrementa la respuesta al estrés y puede impactar negativamente en el bienestar de los animales. En este contexto, las condiciones de crianza son determinantes para el adecuado manejo del estrés, siendo la medición de los niveles de cortisol uno de los parámetros más utilizados para su evaluación (García, 2022).

La creciente preocupación por el bienestar animal ha impulsado la búsqueda de estrategias no invasivas para reducir el estrés y mejorar las condiciones de manejo. Entre ellas, el uso de estímulos auditivos como la música ha mostrado efectos beneficiosos en distintas especies (Alworth & Buerkle, 2013)

La música ha sido reconocida como una herramienta potencial para reducir el estrés en diferentes especies animales, promoviendo un entorno más tranquilo. En particular, existe estudios que han indicado que la música suave puede tener efectos positivos en la reducción de la ansiedad y el estrés en los animales, lo que sugiere que su aplicación en la crianza de cuyes podría ser beneficiosa (Kogan et al., 2012).

No obstante, la evidencia científica sobre los efectos de la música en especies menores como el cuy aún es escasa. Dado que los cuyes son animales altamente sensibles al entorno sonoro y tienden a reaccionar con conductas de alerta o huida ante ruidos intensos (Dávila et al., 2018), resulta necesario explorar cómo diferentes estímulos auditivos, como la música, pueden modular su respuesta fisiológica al estrés. La falta de estudios que integren parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca, respiratoria, temperatura corporal) con indicadores hormonales como el cortisol limita el desarrollo de estrategias de manejo ambiental basadas en evidencia científica.

En este contexto, surge la necesidad de evaluar el efecto de la música sobre los niveles de cortisol y las constantes fisiológicas en cuyes en crecimiento, con el propósito de aportar información que permita diseñar programas de enriquecimiento ambiental enfocados en el bienestar animal y la productividad sostenible.

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la música sobre los niveles de cortisol plasmático y salival y las constantes fisiológicas de cuyes en crecimiento?

2.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es el efecto de la música sobre los niveles de cortisol plasmático y salival de cuyes en crecimiento?

¿Cuál es el efecto de la música sobre las constantes fisiológicas de cuyes en crecimiento?

III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la música sobre los niveles de cortisol plasmático y salival y las constantes fisiológicas de cuyes en crecimiento.

3.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de la música sobre los niveles de cortisol plasmático y salival de cuyes en crecimiento.

Determinar el efecto de la música sobre las constantes fisiológicas de cuyes en crecimiento.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes

Garris (1979) estudio las variaciones diurnas en las concentraciones plasmáticas de cortisol en cobayos, con el fin de comprender mejor el ritmo circadiano de esta hormona en la especie. La metodología consistió en mantener a los animales bajo un ciclo controlado de luz-oscuridad y realizar extracciones seriadas de sangre a lo largo de 24 horas, cuantificando las concentraciones de cortisol plasmático. Los resultados demostraron que durante la fase oscura los valores se mantuvieron relativamente estables entre 6,4 y 9,0 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$, mientras que un incremento significativo ocurrió aproximadamente cuatro horas antes del inicio de la fase de luz, alcanzando un pico de 12,3 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ entre las 04:00 y las 08:00 h. Posteriormente, las concentraciones descendieron progresivamente durante el día, retornando a niveles basales antes del inicio del siguiente ciclo nocturno. Lo que indico que los cobayos exhiben una marcada fluctuación diurna en los niveles de cortisol plasmático, similar a la observada en otras especies, lo que resalta la importancia de considerar el momento de la toma de muestra en estudios endocrinos y de estrés.

Fenske (1996) investigó la relación entre los niveles de cortisol en saliva y la función endocrina de las glándulas adrenales y los testículos en cuyes en muestras de saliva de cuyes adultos sometidos a diferentes condiciones de estrés por cambios en el ambiente y manejo. Evaluó los niveles de cortisol mediante el método de análisis de inmunoensayo. Se encontró que el cortisol en la saliva de animales tratados con solución salina varió entre 11 y 25 ng/mL, entre 2 y 4 horas post administración de 20 UI de hormona adrenocorticotrópica (ACTH), las concentraciones de cortisol en la saliva aumentaron: 125 ng/mL (2 h), 157 ng/mL (4 h). Los niveles de cortisol en saliva eran significativamente más altos en cuyes expuestos a condiciones de estrés agudo, lo que sugiere que el cortisol salival es un indicador eficaz del estrés fisiológico en esta especie.

Fenske (1997) realizó un estudio experimental en cobayas con el propósito de validar la medición de cortisol en saliva como indicador no invasivo de la función adrenal y determinar si el cortisol salival refleja de manera confiable los cambios endocrinos generados tanto por estimulación farmacológica como por condiciones de estrés ambiental. Para ello, emplearon cobayas adultos distribuidos en distintos tratamientos experimentales: administración de ACTH (20 UI vía IM), administración de insulina (2 UI vía IM) para inducir hipoglucemia, aislamiento en jaulas individuales en su sala habitual como en un ambiente desconocido, y animales sin tratamiento, que sirvieron como grupo control. La recolección de saliva se realizó mediante hisopos en diferentes intervalos temporales, y las concentraciones de cortisol fueron determinadas por radioinmunoensayo. Los resultados evidenciaron que en animales sin tratamiento el cortisol salival basal fue de aproximadamente 6.6 ng/mL, lo que confirmó la viabilidad de la técnica para cuantificaciones de rutina. Tras la administración de ACTH, el valor previo al tratamiento fue de 2.2 ng/mL, se observó un incremento progresivo en el cortisol salival, alcanzando valores de 47 ng/mL (1h), 72 ng/mL (2h), 137 ng/mL (3h) y 170 ng/mL (4h) posteriores a la inyección. En el caso de la insulina, los niveles se elevaron hasta 37 ng/mL (2h), descendiendo posteriormente a 24–25 ng/mL (3–4h). Finalmente, el aislamiento en jaulas individuales produjo un aumento significativo en el cortisol salival respecto de los animales alojados en grupo, confirmando la sensibilidad del método para detectar estresores ambientales.

Hennessy et al. (2002) investigaron cómo las interacciones sociales afectan los niveles de cortisol y las respuestas conductuales en cobayos en diferentes fases de su vida. Para llevar a cabo este estudio utilizaron cobayos de tres grupos de edad pre-destetados, crecimiento y adultos. El propósito de la investigación fue evaluar el efecto del aislamiento social y de la presencia de una figura social familiar sobre la activación del eje HHA empleando los niveles de cortisol como principal biomarcador. Para ello, los animales fueron expuestos a situaciones controladas de separación social, registrándose tanto indicadores conductuales de estrés como

concentraciones de cortisol. Los resultados mostraron que la separación social provocó un aumento significativo del cortisol en todas las etapas evaluadas, siendo esta respuesta más pronunciada en los cuyes más jóvenes. Asimismo, se observó que la compañía de la madre o de un congénere conocido redujo de manera notable la respuesta endocrina y conductual al estrés, efecto que disminuyó progresivamente con la maduración del animal. Estos hallazgos permiten concluir que el soporte social actúa como un factor modulador del estrés en cuyes, especialmente durante las primeras etapas de vida.

Nemeth et al. (2016) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar las mediciones no invasivas de cortisol como indicadores de respuestas fisiológicas al estrés en cuyes. La metodología consistió en dos experimentos en la recolección de muestras de saliva y heces de un grupo de 30 cuyes criados en condiciones controladas, lo que permitió medir los niveles de cortisol sin la necesidad hacer un manejo invasivo que pudiera provocar estrés adicional. Los resultados mostraron que los cuyes expuestos a situaciones de estrés, como el manejo y cambios ambientales, presentaron incrementos significativos en los niveles de cortisol en comparación con aquellos en condiciones estables.

Kühlmann et al. (2018) hicieron una revisión sistemática centrada en la influencia de la música en los niveles de estrés en roedores. El objetivo fue sintetizar los hallazgos de investigaciones previas para determinar patrones consistentes sobre el impacto de la música en estos animales. La metodología incluyó la selección y análisis de estudios que medían el cortisol en roedores expuestos a diferentes tipos de música. Los resultados de la revisión mostraron que la mayoría de los estudios coinciden en que la música clásica tiende a reducir los niveles de estrés, mientras que otros géneros pueden tener efectos variables o incluso negativos. La conclusión de esta revisión sugiere que la música tiene un efecto positivo en la estructura y neuroquímica del cerebro, así como en el comportamiento, la inmunología y la fisiología de los roedores.

Chen et al. (2019) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la exposición a la música en ratas jóvenes sobre conductas similares a la ansiedad y la extinción del miedo condicionado después de la estimulación eléctrica de las patas en la edad adulta. La metodología implicaba exponer a ratas Sprague-Dawley de dos semanas de edad a música con una intensidad de sonido de 65-75dB durante 2 horas diarias por un periodo de tres semanas. A los 60 días de edad, las ratas fueron sometidas a condicionamiento auditivo del miedo. Los resultados mostraron que las ratas que habían sido expuestas a música durante su juventud presentaron niveles de estrés significativamente más bajos en comparación con el grupo control después de la estimulación eléctrica. Además, se observó que la exposición a la música facilitó la extinción del miedo condicionado, sugiriendo que la música no solo reduce el estrés agudo, sino que también puede tener un efecto duradero en la regulación emocional y la ansiedad.

Ciborowska et al. (2021) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la música en el bienestar de diferentes tipos de ganado, incluyendo ganado vacuno, aves de corral y cerdos. La metodología consistió en dividir a los animales en grupos que fueron expuestos a distintos géneros musicales, como música clásica y música ambiental, y un grupo control que no recibió ninguna intervención musical. Utilizaron mediciones de estrés a través de la observación del comportamiento de los animales durante las sesiones musicales. Los resultados mostraron que la música clásica tuvo un impacto positivo, reduciendo significativamente los niveles de cortisol en los animales en comparación con el grupo control. Lo que sugiere que la música puede ser una herramienta efectiva para mejorar el bienestar y reducir el estrés en el ganado, lo que abre la posibilidad de aplicar estas estrategias en la crianza de cuyes y otros animales, promoviendo su salud y productividad.

Li et al. (2021) desarrollaron un estudio con el objetivo de evaluar cómo diferentes estímulos sonoros, incluida la música, influyen en las respuestas fisiológicas, conductuales e inmunológicas de cerdos en crecimiento. Los animales fueron expuestos a música clásica, ruido

mecánico o silencio durante seis horas diarias a lo largo de varias semanas. Para evaluar la respuesta al estrés, los investigadores midieron tanto los niveles de cortisol sérico como salival, además de parámetros inmunológicos. Los resultados mostraron que los cerdos expuestos a música presentaron comportamientos más tranquilos, una reducción significativa del cortisol en ambas matrices biológicas y una mejora en los indicadores inmunitarios, mientras que aquellos sometidos a ruido mostraron respuestas opuestas. Estos hallazgos evidencian que la música puede actuar como un modulador ambiental que reduce el estrés fisiológico y favorece el bienestar animal.

Estudios en el Perú, García (2022) determinó los niveles de cortisol sanguíneo en cuyes criados en pozas y mantenidos en diferentes áreas de espacio vital y con diferente tipo de alimentación. En su estudio utilizó 40 cuyes con una edad de 15 días de vida que fueron distribuidos en cuatro tratamientos: T1 (alimento balanceado + agua, con un espacio vital de 0.20 m^2 por animal), T2 (alimento balanceado + agua, con un espacio vital de 0.10 m^2 por animal), T3 (alimentados con alfalfa fresca, con un espacio vital de 0.20 m^2 por animal) y T4 (alimentados con alfalfa fresca, con un espacio vital de 0.10 m^2 por animal). En su metodología para determinar los niveles de cortisol sanguíneo utilizó el método de inmunoensayo quimioluminiscente enzimático competitivo. Los resultados para cada tratamiento fueron: T1: $24.7 \pm 4.41\text{ }\mu\text{l/dL}$, T2: $24.4 \pm 4.47\text{ }\mu\text{l/dL}$, T3: $26.0 \pm 5.12\text{ }\mu\text{l/dL}$ y T4: $28.6 \pm 4.80\text{ }\mu\text{l/dL}$, lo que indicó, que no existía una diferencia en los valores de cortisol sanguíneo.

4.2 Marco conceptual

4.2.1 Aspectos generales del cuy

El cuy es un mamífero roedor originario de las regiones andinas de Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia. Este animal tiene facilidades para adaptarse a diversas condiciones climáticas, antiguamente eran utilizados en la alimentación de las poblaciones indígenas (Chauca, 2020). De este modo, la crianza del cuy se popularizó principalmente en la sierra

peruana y posteriormente con la migración de sus habitantes hacia las ciudades de la costa, comenzó a diversificarse. Esto ha llevado al desarrollo de una demanda considerable por la carne de cuy, no solo en gran parte del Perú, sino también en otros países (Ramos, 2014).

4.2.2 Clasificación taxonómica

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del cuy

Reino	Animal
Clase	Mammalia
Orden	Rodentia
Suborden	Hystricomorpha
Familia	Caviidae
Genero	Cavia
Especie	<i>Cavia porcellus</i>

(Vivas, 2009).

4.2.3 Espacio vital e instalaciones en la crianza de cuyes

4.2.3.1 Espacio vital

El espacio vital de un animal es el área requerida para realizar actividades básicas de mantenimiento y subsistencia. Se caracteriza por la distancia mínima entre el individuo y los otros miembros del grupo (Cvabodni, 2003).

Las necesidades de espacio vital pueden variar entre especies, razas e incluso entre individuos, dependiendo de su rango social. Cada animal requiere de un espacio mínimo para sentirse cómodo y seguro. Invadir este espacio vital puede generar disturbios en la organización social, aumentar las interacciones agresivas, promover la tensión social y causar estados de estrés que podrían afectar un buen desempeño productivo (Landaeta & Drescher, 2012).

El espacio vital juega un rol importante en los aspectos de estrés. En el cuy, el espacio vital reducido le genera incomodidad para alimentarse, desplazarse, descansar, etc., afectando sus niveles productivos y reproductivos. El espacio vital que recomendaron para cuyes fue: $0.16 \text{ m}^2/\text{cuy}$ para machos de recría, $0.14 \text{ m}^2/\text{cuy}$ para hembras de recría, $0.24 \text{ m}^2/\text{cuy}$ para machos de engorde, $0.18 \text{ m}^2/\text{cuy}$ para hembras de engorde y $0.28 \text{ m}^2/\text{cuy}$ para pozas de reproducción (Cáceres et al., 2004).

4.2.3.2 Instalaciones

Las instalaciones deben ofrecer un ambiente de confort a los cuyes. Deben estar diseñadas para proteger la vida de los cuyes facilitando su manejo y que permitan controlar la temperatura, tener buena iluminación y buena ventilación; para lograr este propósito es necesario hacer una selección correcta del lugar donde se van a ubicar las instalaciones y de los materiales que debe usarse para su construcción (Vivas, 2009).

Las pozas son corrales con dimensiones específicas, que pueden ser cuadradas o rectangulares, organizadas de tal manera que se optimice el uso del espacio interno. De esta forma, se pueden establecer pozas destinadas a reproductores, a recría y a animales de reserva. Este tipo de instalaciones permite clasificar a los animales según su edad, sexo y categoría. Facilita el manejo y control sanitario de los cuyes. Es de fácil construcción y permite el uso de materiales accesibles (Sánchez, 2009).

Las jaulas son instalaciones que suelen tener forma cuadrada y pueden construirse utilizando madera y mallas metálicas. Deben contar con un máximo de cuatro niveles, así como con sistemas de drenaje y evacuación de desechos, además de bebederos y comederos. Esto permite un mejor aprovechamiento del espacio en el galpón de crianza. También contribuye a mantener la higiene y la sanidad, ya que la limpieza se puede llevar a cabo de manera más eficiente (FONCODES, 2014).

4.2.4 Estrés

El estrés se define como una reacción biológica que ocurre cuando un individuo detecta una amenaza a su homeostasis, que se presenta cuando un animal se encuentra ante situaciones difíciles o desafiantes en su entorno (Moberg, 2000; Odeón & Romera, 2017).

El estrés como un mecanismo de enlace entre un agente estresor y su órgano diana, que resulta en una reacción fisiológica y conductual (Romero et al., 2020). Como parte de esta respuesta al agente estresor, se libera glucocorticoides (cortisol y cortisona), siendo el más importante el cortisol que facilita la excreción de agua y el mantenimiento de la presión arterial; afecta a los procesos infecciosos y produce una degradación de las proteínas intracelulares. Asimismo, tiene una acción hiperglucemiante (aumenta los niveles de glucosa de la sangre) (Nogareda, 1994).

4.2.4.1 Tipos de estrés

a) Según su duración

- **Estrés agudo.** Corresponde a una reacción fisiológica rápida y de corta duración que se produce cuando el animal enfrenta un estímulo inesperado o percibido como una amenaza. Situaciones como el manejo, el transporte, la exposición a depredadores o las alteraciones súbitas del entorno pueden desencadenar esta respuesta. En tales circunstancias, se activa el eje hipotálamo–hipófisis–adrenal (HHA) junto con el sistema nervioso simpático, lo que induce la liberación de catecolaminas y glucocorticoides, principalmente cortisol, responsables de preparar al organismo para afrontar el estímulo mediante la denominada respuesta de lucha o huida (Chen et al., 2015; McEwen, 2017).
- **Estrés crónico.** Se manifiesta cuando los estímulos estresantes se mantienen de forma continua o se repiten con frecuencia durante un tiempo prolongado, impidiendo que el organismo recupere su homeostasis. A diferencia del estrés

agudo, esta condición genera consecuencias negativas sobre la salud fisiológica, el comportamiento y el rendimiento productivo de los animales, debido a la activación sostenida de los mecanismos neuroendocrinos asociados al estrés (Karaer et al., 2023; Moberg, 2000).

b) Según su efecto adaptativo

- ***Eustrés.*** Es una respuesta al estrés adaptativa y transitoria, caracterizada por una activación regulada de los sistemas neuroendocrinos que no compromete la salud ni el bienestar animal; por ello, su evaluación a nivel fisiológico ha sido menos frecuente en comparación con el distrés (Carvajal, 2005; Karaer et al., 2023).
- ***Distrés.*** Se presenta cuando la respuesta al estrés supera la capacidad adaptativa del organismo, generando una activación excesiva o prolongada de los sistemas neuroendocrinos implicados. Desde el punto de vista fisiológico, esta condición se asocia con una estimulación persistente del eje HHA y con concentraciones elevadas de cortisol mantenidas en el tiempo. Esta condición supera la capacidad de afrontamiento del organismo y se asocia con alteraciones fisiológicas, conductuales y una disminución del bienestar (Carvajal, 2005; Karaer et al., 2023).

4.2.5 Fisiología del estrés

El estrés es una respuesta fisiológica del organismo como reacción ante situaciones percibidas como amenazantes. El proceso comienza con la activación del eje HHA. Ante un estímulo estresante, se da la liberación de la hormona liberadora de corticotropina (CRH) desde el hipotálamo, que estimula la producción de adrenocorticotropina (ACTH) en la hipófisis. La ACTH, a su vez, induce la secreción de cortisol por las glándulas adrenales. Este aumento de cortisol tiene efectos metabólicos significativos, como la movilización de energía y la

modulación de la respuesta inmunitaria (Duval et al., 2010). Según Nogareda (1994) y Duval et al. (2010) el estrés presenta tres fases:

a) Fase de alarma. Esta fase se da ante la aparición de un agente que genera estrés. En esta fase se da la activación del eje hipofisoadrenal y se da la aparición de reacciones fisiológicas como el aumento de la frecuencia cardíaca, contracción del bazo liberándose glóbulos rojos y blancos, aumento de la capacidad respiratoria, dilatación de pupilas y una redistribución de la sangre dejando piel y órganos para distribuirse en el músculo, cerebro y corazón.

b) Fase de resistencia o adaptación. Esta etapa se activa solo si el estrés se mantiene, el organismo intenta adaptarse al estrés y mantener un estado de equilibrio. Los niveles de corticoesteroides se normalizan y se da la desaparición de la sintomatología.

c) Fase de agotamiento o de relajamiento. Sucede cuando la agresión se repite con frecuencia o se prolonga, es acompañado de un desequilibrio hormonal crónico y el nivel de adaptación es insuficiente. Se genera una alteración en los tejidos y puede provocar enfermedades psicosomáticas.

4.2.6 Factores desencadenantes de estrés en cuyes

a) Factores ambientales. Dentro de este factor se encuentra el espacio vital, que desempeña un papel importante en los aspectos de estrés. En los cuyes, el espacio vital reducido provoca incomodidad al momento de alimentarse, desplazarse, descansar, etc., afectando negativamente en su rendimiento productivo y reproductivo (Cáceres et al., 2004).

b) Manejo y manipulación. La manipulación frecuente, inadecuada o procedimientos invasivos constituyen estímulos estresantes que afectan el bienestar animal (Rault, 2012).

c) Interacción social. Los cuyes, como animales sociales, experimentan altos niveles de estrés cuando son separados de sus compañeros. El aislamiento puede producir un aumento

en los niveles de cortisol y a la manifestación de comportamientos ansiosos, como resultado de la ausencia de interacción social (Hennessy et al., 2006).

d) Ruido. Los cuyes tienen una gran sensibilidad a los ruidos fuertes debido a que tienen un agudo sentido del oído y son extremadamente susceptibles a ruidos repentinos o imprevistos, la exposición constante a ruidos estresantes puede inducir respuestas de miedo y ansiedad (Dávila et al., 2018).

4.2.7 Cortisol en cuyes

El cortisol es el glucocorticoide más importante secretado en respuesta a la hormona adrenocorticotropa (ACTH) es sintetizada en la adenohipófisis anterior (Chu et al., 2024). Tiene acción antiinflamatoria, que participa en numerosos procesos metabólicos y en la respuesta al estrés. En el hombre, el patrón de secreción de la ACTH, y consecuentemente de glucocorticoides en la sangre, está relacionado tanto con la ingesta de alimentos como con la duración de horas-luz y horas de sueño. Por ejemplo, la secreción del cortisol aumenta marcadamente durante el sueño, alcanzando el nivel máximo antes del despertar; es decir, en las primeras horas de la mañana. Después, disminuye progresivamente hasta alcanzar un nivel mínimo al final de la tarde (ritmo circadiano) (García, 2018).

El tiempo de vida media del cortisol en la circulación sanguínea es de aproximadamente 60 a 90 minutos, esto significa que una vez que el cortisol es secretado en respuesta a un estímulo estresante, su concentración en sangre comienza a disminuir rápidamente dependiendo de factores como la condición fisiológica del animal, el metabolismo y su excreción (Cortés et al., 2018; Sapolsky et al., 2000). En cuyes el rango de referencia para los niveles de cortisol es de 5 a 30 µg/dL (Suckow et al., 2012).

4.2.8 Secreción de glucocorticoides

La secreción de glucocorticoides está controlada mediante vía retroalimentación negativa. Este proceso ocurre a nivel sistémico, el cortisol regula de forma negativa e inhibe la

secreción de la hormona liberadora de corticotropina (CRH) del hipotálamo y la ACTH de la adenohipófisis. El nivel de secreción también estará sometido a un ritmo circadiano, como respuesta de una variación cíclica de los niveles de CRH a lo largo del día, alcanzando sus valores máximos en las primeras horas de la mañana. En situaciones de estrés el sistema nervioso incrementa la producción de la ACTH, lo que a su vez estimula la corteza adrenal para liberar glucocorticoides (Guerrero, 2017).

4.2.9 Técnicas para medir el cortisol

La determinación cuantitativa del cortisol en animales es fundamental para evaluar su bienestar, sobre todo en situación de estrés. Existen varias técnicas de laboratorio que permiten medir los niveles de cortisol de manera precisa y confiable.

4.2.9.1 Tipos de muestras para medir el cortisol.

a) Sangre (plasma o suero). Los métodos empleados para cuantificar el cortisol en sangre determinan tanto la fracción unida a proteínas como la libre, siendo esta última la biológicamente activa. La medición del cortisol plasmático o sérico se considera una de las estrategias más comunes para evaluar la respuesta aguda al estrés, ya que refleja con precisión la concentración inmediata de la hormona en circulación. Sin embargo, sus valores pueden verse afectados por variaciones fisiológicas a lo largo del día y por el propio estrés que puede generar el proceso de muestreo (Iqbal et al., 2023; Mormède et al., 2007).

b) Saliva. El cortisol presente en la saliva se reconoce como un biomarcador confiable y no invasivo para la evaluación del estrés, dado que representa directamente la fracción libre y fisiológicamente activa del cortisol circulante en el torrente sanguíneo (Hellhammer et al., 2009).

c) Heces. El análisis de los metabolitos fecales de glucocorticoides (FGM) constituye una herramienta eficaz para estimar la secreción acumulada de cortisol a lo largo del tiempo.

Este método resulta especialmente ventajoso en investigaciones que buscan reducir el estrés generado por la manipulación directa, ya que la obtención de las muestras fecales no requiere contacto con el animal. Además, el cortisol fecal permite valorar el estrés crónico y la influencia de factores ambientales o de manejo sin alterar el comportamiento natural de los individuos. No obstante, la interpretación de los resultados debe considerar variables como la dieta, el metabolismo intestinal y el tiempo de tránsito gastrointestinal, por lo que es fundamental mantener condiciones estandarizadas en la recolección y el análisis de las muestras (Palme et al., 2005; Wasser et al., 2000).

d) Pelo. El cortisol presente en el pelo se utiliza como un indicador de exposición prolongada al estrés, ya que su concentración refleja la acumulación gradual de la hormona durante el crecimiento del folículo piloso. Este tipo de análisis permite estimar los niveles de cortisol integrados a lo largo del tiempo, ofreciendo una visión retrospectiva del estrés crónico al que ha estado sometido el organismo (Iqbal et al., 2023; Russell et al., 2012).

4.2.9.2 Principales técnicas de laboratorio

a) Ensayo de inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA). Las pruebas de ELISA son técnicas inmunológicas que se basa en la interacción entre un antígeno y anticuerpos específicos como reactivos para la detección y cuantificación de diversas sustancias. Este método permite cuantificar la concentración de cortisol en muestras biológicas, como suero o plasma, mediante un sistema enzimático que produce una señal detectable. Este método se basa en la interacción entre un antígeno y un anticuerpo, donde el antígeno puede ser una proteína, un péptido o un pequeño compuesto químico. La unión del anticuerpo al antígeno se detecta mediante un sistema enzimático que produce una señal medible, generalmente un cambio de color, que se cuantifica utilizando un espectrofotómetro. La intensidad del color es proporcional a la concentración de cortisol en la muestra, permitiendo así su cuantificación (Guzmán, 2004).

Existen varios tipos de ELISA (directo, indirecto, tipo sándwich y competitivo), que difieren en su diseño y sensibilidad. Sin embargo, debido a que el cortisol es una molécula pequeña y no proteica (363 Da), los formatos directo, indirecto y tipo sándwich resultan poco apropiados. Por ello, el ELISA competitivo es el método de elección para cuantificar cortisol (Vignesh et al., 2024).

Principio del ELISA competitivo para cortisol

En el ELISA competitivo, el cortisol presente en la muestra compite con una cantidad conocida de cortisol marcado con una enzima por los sitios de unión de un anticuerpo específico fijado a la placa. Cuando la muestra contiene una alta concentración de cortisol, menos cortisol marcado se une al anticuerpo, generando una menor intensidad de color al agregar el sustrato cromogénico. Por el contrario, bajas concentraciones de cortisol en la muestra permiten una mayor unión del cortisol marcado y una mayor coloración final. Por tanto, la intensidad del color es inversamente proporcional a la cantidad de cortisol presente (Sheriff et al., 2011; Vignesh et al., 2024).

b) Radioinmunoensayo (RIA). Constituye uno de los primeros procedimientos desarrollados para la medición precisa de hormonas esteroideas como el cortisol. Este método se fundamenta en la competencia que ocurre entre el cortisol presente en la muestra y otro cortisol marcado con un isótopo radiactivo, ambos intentando unirse a un anticuerpo específico. La cantidad de radiación detectada es inversamente proporcional a la concentración de la hormona, lo que permite obtener resultados con alta exactitud y sensibilidad (Goldsmith, 1975).

c) Quimioluminiscencia. Una de las técnicas más utilizadas para la medición del cortisol es la quimioluminiscencia que se destaca por su alta sensibilidad y especificidad. Una de las principales ventajas de la quimioluminiscencia es su capacidad para realizar múltiples lecturas de manera eficiente, lo que aumenta la precisión de los ensayos (García & Martínez, 2009).

Este método es de gran ayuda en situaciones clínicas donde se requiere un diagnóstico rápido y preciso. La técnica implica la mezcla de la muestra de plasma con un anticuerpo específico para el cortisol y un marcador quimioluminiscente. La intensidad de la luz emitida es inversamente proporcional a la concentración de cortisol en la muestra, lo que permite determinar su nivel de manera cuantitativa (Kohen et al., 1980).

4.2.10 Uso de la música como factor de relajación

La música se ha considerado un modulador sensorial que puede afectar las respuestas emocionales y fisiológicas. Diferentes investigaciones indican que ciertos tipos de música generan relajación, disminuyen los niveles de cortisol, así como la activación simpática, lo que favorece la homeóstasis del organismo (Chanda & Levitin, 2013).

La exposición a música clásica puede tener efectos positivos en la reducción del estrés en animales. La música puede ser una herramienta efectiva para mejorar el bienestar de los animales (Kogan et al., 2012). Las intervenciones musicales parecen mejorar la estructura y la neuroquímica cerebral, el comportamiento, la inmunología y la fisiología en roedores (Kühlmann et al., 2018).

Mecanismos fisiológicos del efecto de la música. La música es un estímulo sensorial complejo que involucra la integración de sistemas auditivos, emocionales y neuroendocrinos, los cuales pueden modular el estado fisiológico. En términos fisiológicos, la exposición a música con características armónicas, ritmo lento y baja intensidad sonora se ha asociado con una disminución de la actividad simpática y una activación del sistema parasimpático, favoreciendo la relajación y la homeostasis del organismo (Chanda & Levitin, 2013; Knight & Rickard, 2001).

La música influye sobre el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA), responsable de la secreción de cortisol frente al estrés. Estudios en perros, bovinos y roedores han demostrado que la exposición a música clásica o instrumental reduce la liberación de glucocorticoides, la

frecuencia cardíaca y respiratoria, reflejando un efecto calmante (Bowman et al., 2015; Ciborowska et al., 2021).

Asimismo, la estimulación musical puede generar cambios neuroquímicos a nivel cerebral, promoviendo la liberación de dopamina y serotonina, neurotransmisores asociados al bienestar y a la reducción de la ansiedad (Zaatar et al., 2023). Estos efectos combinados explican por qué la música puede emplearse como una herramienta de enriquecimiento ambiental que mejora el bienestar animal, reduce la respuesta al estrés y favorece la estabilidad fisiológica.

4.2.11 Percepción auditiva y rango de frecuencias en el cuy

El cuy es utilizado ampliamente como modelo experimental en investigaciones audiológicas debido a la alta sensibilidad funcional de su sistema auditivo. Esta especie posee la capacidad de detectar tanto sonidos dentro del rango audible como señales ultrasónicas, presentando su mayor sensibilidad auditiva entre 4 y 8 kHz y alcanzando frecuencias elevadas cercanas a los 60 kHz. Además, el cuy muestra una notable capacidad para diferenciar estímulos sonoros en distintos intervalos de frecuencia, lo que refleja una elevada resolución auditiva y respalda su empleo en estudios orientados a la percepción acústica y a las respuestas fisiológicas inducidas por estímulos sonoros (Arch-Tirado et al., 2005).

4.2.12 El estrés como indicador del estado de bienestar animal

La relación entre el bienestar y el estrés en los animales constituye un tema esencial dentro de los estudios sobre producción y manejo ético. Cuando el ambiente ofrece condiciones apropiadas para el animal, su organismo mantiene un equilibrio fisiológico adecuado. En esas circunstancias, los valores de cortisol, así como las frecuencias cardíaca y respiratoria, permanecen dentro de los rangos considerados normales, lo que refleja un estado de homeostasis y bienestar (Moberg, 2000). El estrés puede entenderse como un conjunto de respuestas fisiológicas y conductuales que se desencadenan ante estímulos capaces de alterar

el equilibrio interno del organismo, afectando de manera directa su bienestar. La exposición a factores estresantes (como ambientes inadecuados o prácticas de manejo deficientes) activa el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, lo que conlleva la liberación de glucocorticoides. Este proceso puede modificar tanto la salud fisiológica como el comportamiento del animal, repercutiendo negativamente en su estado general de bienestar (Sierra, 2019).

El bienestar animal no se limita únicamente a la ausencia de experiencias negativas, sino que también requiere la existencia de condiciones que favorezcan la manifestación de conductas naturales y el mantenimiento de una buena salud física y mental (Broom, 1991). En este sentido, el nivel de estrés se considera un parámetro fundamental para valorar el bienestar, dado que una exposición continua o intensa a situaciones estresantes puede generar alteraciones fisiológicas, comprometer el crecimiento y la función reproductiva, además de reducir el rendimiento productivo de los animales.

4.2.13 Estrategias para la reducción del estrés en cuyes

a) Enriquecimiento ambiental. Constituye una herramienta clave para optimizar el bienestar de los animales mantenidos en condiciones de confinamiento o producción. Su finalidad es estimular la manifestación de comportamientos naturales y disminuir la aparición de conductas anómalas derivadas del estrés o la falta de estimulación. Esta práctica implica modificar el entorno del animal mediante la incorporación de elementos físicos, sensoriales, sociales y cognitivos que favorecen su interacción activa con el ambiente (Tallo & Manteca, 2020; Young, 2003).

b) Manejo ético. Involucra prácticas de manipulación respetuosas, minimizando el miedo y el dolor. El personal debe estar capacitado para reducir la exposición del animal a experiencias negativas durante la alimentación, limpieza o traslado. El manejo ético en producción animal es objeto de análisis que enfatizan la integración de bienestar, sostenibilidad y eficiencia productiva. Lapo-Bonilla (2025) presenta un enfoque integral del bienestar animal

en grandes especies, subrayando la importancia de condiciones higiénicas, nutrición adecuada, manejo sanitario preventivo y enriquecimiento ambiental para garantizar una producción ganadera ética y sostenible. Este artículo resalta que la ética en el manejo animal no solo mejora la calidad de vida de los animales, sino que también impacta positivamente en la rentabilidad y sostenibilidad del sistema productivo (Lapo-Bonilla et al., 2025)

La ética en la investigación con animales se fundamenta en el respeto, la responsabilidad y el compromiso del investigador para garantizar el bienestar de los sujetos experimentales. Estos principios incluyen evitar el sufrimiento innecesario, prevenir la duplicación de experimentos y asegurar condiciones adecuadas de manejo y cuidado. Dichos lineamientos no solo son esenciales en el ámbito científico, sino que también resultan aplicables a la producción animal, promoviendo prácticas humanitarias y responsables que salvaguarden la integridad de los animales utilizados en diversos contextos (Cardozo & Mrad, 2008).

c) Control del ambiente sonoro. El ruido excesivo puede generar estrés crónico, mientras que la música ambiental, especialmente con ritmos armónicos y frecuencias moderadas, puede inducir estados de relajación, reducir los niveles de cortisol y mejorar las constantes fisiológicas (Alworth & Buerkle, 2013).

La regulación del ambiente acústico dentro de los sistemas de producción animal representa un componente esencial del bienestar, ya que la exposición prolongada a ruidos intensos puede afectar de manera negativa tanto la salud como la conducta y el rendimiento productivo de los animales (García et al., 2019).

4.2.14 Constantes fisiológicas

a) Frecuencia respiratoria. Se refiere al número de respiraciones por minuto y es un indicador del funcionamiento del sistema respiratorio, teniendo en cuenta que en cuyes el valor normal es de 45-150 respiraciones/minuto (Riera & Cabrero, 2007). Sin embargo, la exposición

a situaciones de estrés, tanto agudo como crónico, puede alterar la regulación del sistema nervioso autónomo, desencadenando una serie de respuestas fisiológicas adversas. Entre ellas se encuentran la hiperreactividad bronquial y la inflamación. En el caso del estrés agudo, este puede inducir modificaciones en los patrones respiratorios debido a la constricción de las vías aéreas, lo que ocasiona disnea y respiración rápida y superficial, exacerbando las manifestaciones clínicas respiratorias (Chu et al., 2024).

b) Frecuencia cardíaca. Es utilizada como un indicador del estado fisiológico en animales. La música ha demostrado tener un efecto positivo en la frecuencia cardíaca de los animales que puede resultar en una disminución de la frecuencia cardíaca, lo que sugiere un estado de relajación y bienestar (Mason & Latham, 2004). Los cuyes jóvenes suelen tener una frecuencia cardíaca más alta debido a su metabolismo acelerado y a la necesidad de un rápido suministro de oxígeno y nutrientes para sustentar el crecimiento. En cuyes, la frecuencia cardíaca normal varía entre 230 y 380 latidos/minuto (Van et al., 2001).

c) Temperatura rectal. La temperatura corporal es un reflejo del estado metabólico del animal. Las variaciones en la temperatura pueden indicar la presencia de fiebre, infección o estrés (Bradley, 2019). La temperatura normal varía según la especie, y su monitoreo es esencial para el diagnóstico y el tratamiento (Fossum, 2019). En condiciones normales la temperatura rectal en cuyes se encuentra entre 37.5° y 39.5° C (Carpenter & Marion, 2018).

4.2.15 Mozart K.448

La investigación en fisiología del estrés ha demostrado que la exposición a música clásica puede modular de manera significativa las respuestas neuroendocrinas y conductuales. En estudios con ratones se evidenció que la música redujo los niveles de ansiedad; además, revisiones sistemáticas han confirmado disminuciones en corticosterona, mejoras en la regulación autonómica y una reducción consistente de conductas defensivas tras la audición de Mozart (Chikahisa et al., 2007; Kühlmann et al., 2018). En animales de producción, la música

clásica también muestra beneficios fisiológicos. En cerdos en crecimiento, la exposición controlada a música redujo significativamente los niveles de cortisol, destacando el papel de la música como enriquecimiento sensorial capaz de disminuir la carga fisiológica del estrés en ambientes intensivos de producción (Li et al., 2021).

Finalmente, un estudio reciente en humanos mostró que la exposición a la Sonata K.448 ejerce un efecto fisiológico sólido sobre los sistemas biológicos implicados en la respuesta al estrés (Cohen et al., 2025).

4.2.16 Efecto de los decibeles de la música en la respuesta al estrés

La intensidad sonora, expresada en dB, desempeña un papel crucial en la manera en que los animales interpretan y responden a los sonidos del entorno, incluida la música. Según la intensidad con la que se presente, un estímulo auditivo puede influir en la respuesta al estrés, bien intensificándola o contribuyendo a su disminución, lo cual depende tanto del rango auditivo propio de cada especie como de las características del sonido emitido, en el ámbito experimental, se ha documentado que exposiciones prolongadas por encima de los 80 dB generan una activación marcada del eje HHA, acompañada de aumentos en glucocorticoides y de una mayor actividad autonómica (como cambios en la frecuencia cardíaca y respiratoria) al ser interpretadas por el animal como señales amenazantes o perturbadoras (Milligan et al., 1993; Wallace et al., 2025).

Estudios que han empleado música como intervención, suelen utilizar intensidades entre 65 y 75 dB, ya que este rango se considera óptimo para generar estimulación auditiva sin ruido excesivo. Por ejemplo, investigaciones en cerdos, roedores han demostrado que este nivel de volumen favorece la relajación, promueve una modulación adecuada del sistema nervioso autónomo y evita respuestas fisiológicas de alerta asociadas a volúmenes altos (Alworth & Buerkle, 2013; Chen et al., 2019; Li et al., 2021).

4.2.17 Definición de términos

Cortisol. Hormona glucocorticoide producida en la corteza suprarrenal, liberada en respuesta al estrés y reguladora de funciones metabólicas e inmunológicas (Thau et al., 2023).

Estrés agudo. Respuesta fisiológica inmediata y de corta duración ante un estímulo potencialmente amenazante, con cambios rápidos en el sistema nervioso y endocrino (Chu et al., 2024).

Estrés crónico. Estado prolongado de estrés que altera la homeostasis y afecta la salud (Chu et al., 2024).

ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay). Técnica inmunoenzimática para cuantificar hormonas o proteínas mediante la reacción enzimática que genera un cambio de color medible (Alhajj et al., 2025).

Absorbancia. Magnitud que indica la cantidad de luz absorbida por una solución, utilizada para cuantificar analitos en ensayos como ELISA (Wormell & Rodger, 2018).

Bienestar animal. Estado físico y emocional que permite al animal desarrollar su comportamiento natural sin sufrimiento (Martínez et al., 2025).

Constantes fisiológicas. Parámetros como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura, indicativos del estado de salud del paciente (Montero, 2021).

V. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

5.1 Hipótesis general

La exposición a música suave y relajante durante la etapa de destete disminuye los niveles de cortisol (plasmático y salival) y mantiene las constantes fisiológicas normales en cuyes en crecimiento.

5.2 Hipótesis específicas

La exposición a música suave y relajante disminuye los niveles de cortisol plasmático y salival de cuyes en crecimiento.

La exposición a música suave y relajante contribuye al mantenimiento de las constantes fisiológicas de cuyes en crecimiento.

VI. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 Lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en el galpón de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria ubicada en la comunidad de Chectuyoc, en el distrito de Marangani de la Provincia de Canchis, departamento de Cusco, a una altitud de 3674 msnm. Su ubicación geográfica está comprendida en las siguientes coordenadas: latitud Sur: 14°21'03", longitud Oeste: 71°10'39"(Google Earth, 2025). En el distrito de Marangani la temperatura promedio es 14°C, siendo el mes más frío en junio donde las temperaturas bajan a -4°C y noviembre a 24°C, en los meses de julio y agosto existen vientos fuertes de 6 km/h y lluvias intensas de diciembre a marzo.

El procesamiento de muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Farmacología y posteriormente fueron analizadas en el laboratorio de Cromatografía de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria - Filial Sicuani de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

6.2 Duración del estudio

El presente estudio se realizó en el periodo comprendido de mayo a julio de 2025.

6.3 Materiales

6.3.1 *Material biológico*

- Cuyes machos en etapa de crecimiento, con pesos promedio de 202 ± 54 g (Muscari et al., 2004).

6.3.2 *Materiales de campo*

- Hojas de registro
- Malla metálica
- Lapiceros
- Cámara fotográfica

- Laptop
- Guantes
- Estetoscopio
- Termómetro
- Equipo de sonido
- Sonómetro

6.3.3 Materiales para recolección de muestras

- Hisopos
- Agujas hipodérmicas N°25G
- Tubos vacutainer
- Alcohol
- Algodón
- Caja de Tecnopor con acumuladores de frío
- Marcador indeleble
- Tubos para recolección de muestras

6.3.4 Materiales para la obtención de plasma y saliva

- Tubos eppendorf
- Puntas para pipeta
- Guantes
- Mandil
- Marcador indeleble

6.3.5 Equipos y materiales de laboratorio

- Centrífuga
- Espectrofotómetro
- Congeladora

- Estufa
- Micropipeta
- Vortex
- Tubos de ensayo

6.3.6 Reactivos e insumos de laboratorio

Cortisol (Cor) High-sensitive ELISA Kit, Cat. EKN52030 (Biomatik)

- Placa de tiras de 96 pocillos pre-recubierta
- Sellador de placas para 96 pocillos
- Estándar
- Diluyente estándar
- Reactivo de detección A
- Reactivo de detección B
- Diluyente de ensayo A
- Diluyente de ensayo B
- Sustrato TMB (Tetrametilbenzidina)
- Solución de parada
- Tampón de lavado (30 x concentrado)

6.4 Metodología de la investigación

6.4.1 Tipo de investigación

Experimental

6.4.2 Enfoque de investigación

Cuantitativo

6.5 Variables de la investigación

6.5.1 Variables independientes

Música clásica, con una intensidad sonora de 65-75dB con una duración de 12 horas todos los días.

6.5.2 Variables dependientes

Niveles de cortisol

Cortisol plasmático (ng/mL)

Cortisol salival (ng/mL)

Constantes fisiológicas

Frecuencia cardiaca (latidos/minuto)

Frecuencia respiratoria (respiraciones/minuto)

Temperatura rectal (°C)

Peso corporal (g)

6.6 Aspectos éticos del estudio

El presente estudio se realizó bajo criterios éticos orientados a garantizar el bienestar de los animales experimentales. El uso de cuyes fue necesario para evaluar el efecto de la exposición a música sobre los niveles de cortisol plasmático y salival y las constantes fisiológicas, dado que estas variables solo pueden ser evaluadas en organismos vivos. Se utilizaron doce cuyes machos en etapa de crecimiento, seleccionados bajo criterios de homogeneidad en edad, peso corporal y estado sanitario,

El número de animales fue determinado conforme al principio de reducción, uno de los principios de las 3R propuestos por Russell y Burch (1959). Los animales fueron alojados en ambientes adecuados, con acceso permanente a agua y alimentación balanceada, y manejados de forma cuidadosa para evitar estrés innecesario.

Los procedimientos incluyeron la medición de constantes fisiológicas, peso corporal y la recolección de muestras de saliva y sangre, realizados por personal capacitado y con tiempos de manipulación reducidos. Todas las actividades experimentales se desarrollaron conforme a la Ley N.º 30407, Ley de Protección y Bienestar Animal (2016), garantizando el respeto al bienestar animal durante todas las etapas del estudio.

6.7 Animales

El estudio se realizó utilizando crías de cuy. Inicialmente, se dispuso de diez cuyes hembras adultas con sus respectivas camadas, provenientes del galpón de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria. Las hembras no fueron consideradas animales experimentales, siendo empleadas únicamente como fuente biológica de crías y no participaron en ninguna evaluación ni medición del estudio.

Con la finalidad de asegurar una exposición ambiental temprana al estímulo sonoro, las hembras con sus crías fueron distribuidas aleatoriamente en dos ambientes: cinco hembras con sus camadas fueron ubicadas en un ambiente con exposición a música (grupo con estímulo musical), mientras que las cinco restantes permanecieron en un ambiente sin estímulo musical (grupo control). Esta distribución tuvo como único propósito garantizar la exposición o no de las crías al estímulo sonoro durante los primeros días de vida, sin que las hembras fueran incluidas como unidades experimentales.

Ocho días antes del destete, se identificaron y seleccionaron doce crías machos, con una edad aproximada de 14 días, las cuales constituyeron las unidades experimentales del estudio. La selección se realizó considerando criterios de homogeneidad en cuanto a edad, peso corporal (202 ± 54 g) y adecuado estado sanitario, con el fin de asegurar condiciones fisiológicas comparables entre los individuos.

El registro de las constantes fisiológicas (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura rectal) así como el peso corporal, se efectuó un día antes de la recolección de muestras biológicas para la determinación de cortisol. La toma de muestras (saliva y sangre) se realizó posteriormente, siendo el día -8 el inicio de la fase experimental del estudio.

6.8 Manejo

Los 12 cuyes machos seleccionados se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos de seis individuos cada uno, manteniendo la asignación inicial de exposición a música o control. Los animales se alojaron en dos ambientes separados, a fin de evitar la interferencia entre tratamientos. El grupo experimental continuó expuesto a música relajante, mientras que el grupo control permaneció sin intervención sonora.

Antes del inicio de las mediciones, los animales pasaron por un periodo de acostumbramiento de ocho días, con el propósito de reducir el estrés asociado a la manipulación y a la adaptación al ambiente experimental.

Las evaluaciones se realizaron en cuatro momentos: ocho días previos al destete (día -8), el día del destete (día 0), y posteriormente en los días 20 y 45. En cada uno de estos puntos se recolectaron muestras de saliva y sangre, siguiendo un protocolo uniforme para todos los individuos. El registro de las constantes fisiológicas (frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y temperatura corporal) y peso corporal se efectuó un día antes de la toma de las muestras biológicas en cada momento de evaluación, con el fin de evitar interferencias fisiológicas derivadas del procedimiento de muestreo.

6.9 Diseño Experimental

Un total de 12 cuyes machos fueron asignados aleatoriamente a dos grupos experimentales: T1 (control, sin música) y T2 (exposición a música), con seis individuos en cada grupo.

Tabla 2.

Distribución de cuyes para cada tratamiento

Tratamiento	T ₁	T ₂	Total
(exposición a música)	Grupo Control	Grupo con exposición a música	
Nº de animales	6	6	12

Las Sonatas de Mozart K.448 se aplicaron al grupo de música, mientras que el grupo control permaneció sin estímulo sonoro. La música fue reproducida diariamente con una intensidad controlada entre 65 y 75 dB, medida mediante un sonómetro para asegurar la uniformidad del estímulo sonoro. La exposición se mantuvo durante un periodo de 12 horas continuas, comprendidas entre las 6:00 a.m. y 6:00 p.m.

6.10 Procedimiento

6.10.1 Detección de cortisol en saliva y sangre

A. Obtención de muestras de saliva

La obtención de muestras de saliva se realizó en animales en ayunas entre las 8:00 y 10:00 am, en cuatro momentos experimentales: día -8 (previos al destete), 0 (destete), 20 y 45. Para la obtención de la muestra, se introdujo un hisopo de algodón estéril en la cavidad oral de cada animal durante 1 minuto. Una vez impregnado de saliva, el hisopo fue retirado cuidadosamente y colocado en un tubo de 5 mL.

Posterior a la recolección, las muestras se trasladaron al laboratorio de Farmacología donde fueron centrifugados (3000 rpm, 10min) para recuperar el fluido salival, el cual se transfirió a tubos Eppendorf estériles de 2 mL debidamente rotulados. Finalmente, las muestras fueron congeladas y almacenadas a -20°C hasta su posterior análisis.

B. Obtención de muestras de sangre

La recolección de muestras sanguíneas se realizó en cuatro momentos del experimento: días -8 , 0 (destete), 20 y 45 . Las extracciones se llevaron a cabo en animales en ayunas, dentro del intervalo de $8:00$ a $10:00$ a. m., con el fin de reducir la variabilidad asociada a los ritmos circadianos del cortisol. Para la obtención de las muestras se utilizó la vena safena lateral, previa desinfección de la zona con alcohol. Cada extracción se efectuó empleando una aguja de calibre 25 G acoplada a una jeringa de 1 mL , obteniéndose aproximadamente 1 mL de sangre por animal. El tiempo total de manipulación y muestreo se mantuvo entre 3 y 5 minutos por animal, con el propósito de minimizar la activación del eje HHA inducida por el manejo. Durante el procedimiento se siguieron estrictamente las recomendaciones de bioseguridad y bienestar animal. Las muestras recolectadas fueron depositadas en tubos con anticoagulante y trasladadas en una caja de Tecnopor con acumuladores de frío al laboratorio, donde se procedió a su centrifugación (3000 rpm , 15 minutos a 4°C). Posteriormente, el plasma separado fue transferido a tubos Eppendorf y almacenado a -20°C hasta su análisis de cortisol.

6.10.2 Procedimiento del ensayo según las instrucciones del kit ELISA

Preparación de muestras y reactivos

Acondicionamiento. Todas las muestras y reactivos del kit se dejaron atemperar a temperatura ambiente (18-25°C).

Solución de lavado. La solución de lavado fue obtenida a partir de la dilución del concentrado (30×), para lo cual se mezclaron 20 mL de solución concentrada con 580 mL de agua destilada, alcanzando un volumen total de 600 mL. La mezcla se agitó suavemente hasta la completa disolución de los cristales.

Estándar. Se reconstituyó con 0.5 mL del diluyente provisto, dejándose reposar durante 10 minutos a temperatura ambiente antes de homogenizarlo suavemente. La solución reconstituida correspondió a una concentración inicial de 1.000 ng/mL, a partir de la cual se prepararon 7 tubos de ensayo con 0.6mL del diluyente estándar y se realizó una triple dilución. Las diluciones seriadas en tubos de ensayo fueron de 1.000ng/mL, 333.33ng/mL, 111.11ng/mL, 37.04ng/mL, 12.35ng/mL, 4.12ng/mL y 1.37ng/mL.

Reactivo de detección A y reactivo de detección B. Se realizó una dilución de trabajo a razón de 1:100 con el diluyente A del kit, preparación que se efectuó inmediatamente antes de su utilización. En el caso del reactivo de detección B, el frasco se centrifugó brevemente y se procedió a su dilución 1:100 con el diluyente B suministrado.

Protocolo Elisa

Se asignaron siete pocillos en duplicado para los estándares, un pocillo para el blanco y los pocillos restantes para las muestras. En cada pocillo se añadió 50 µL de la dilución correspondiente (estándar, blanco o muestra). A continuación, se agregó 50 µL del reactivo de detección A, y se mezcló suavemente y la placa

fue cubierta con un sellador para su incubación durante 1 hora a 37 °C. Posteriormente, se aspiró el contenido de los pocillos y se realizó tres lavados con 350 µL de solución de lavado, asegurando la eliminación completa del líquido invirtiendo cuidadosamente la microplaca sobre papel absorbente limpio, golpeando suavemente para asegurar la completa evacuación del líquido residual. Luego, se añadió 100 µL del reactivo de detección B a cada pocillo, se cubrió nuevamente la placa con el sellador y se incubó por 30 minutos a 37 °C. Finalizada esta incubación, se efectuaron cinco lavados consecutivos con la solución de lavado para eliminar totalmente los residuos. Seguidamente, se adicionó 90 µL de la solución sustrato TMB a cada pocillo y se incubó durante 20 minutos a 37 °C, protegida de la luz, hasta observar el desarrollo del color azul. La reacción enzimática se detuvo con la adición de 50 µL de la solución de parada, lo que produjo el cambio de color de azul a amarillo. Finalmente, se midió la absorbancia a 450 nm utilizando un espectrofotómetro de microplacas.

Análisis del gold estándar de la absorbancia

Los valores de absorbancia obtenidos se ingresaron al programa GraphPad Prism (versión 10, GraphPad Software, San Diego, EE. UU.) para el procesamiento y análisis de los datos. Se construyó la curva estándar de calibración mediante un ajuste sigmoideal de cuatro parámetros (modelo 4PL, "X = Concentration"), que describe la relación entre la absorbancia (variable dependiente, eje Y) y la concentración de cortisol (variable independiente, eje X). Las concentraciones de las muestras se determinaron por interpolación en la curva estándar 4PL, obteniéndose los valores finales de cortisol expresados en ng/mL.

6.10.3 Evaluación de las constantes fisiológicas

Las mediciones de las constantes fisiológicas se realizaron siguiendo un procedimiento estandarizado, con el propósito de minimizar el estrés y la variabilidad entre los animales.

En primer lugar, se evaluó la frecuencia respiratoria (FR) mediante la observación directa de los movimientos toracoabdominales del animal en reposo, sin manipulación física, registrándose el número de respiraciones por minuto.

Posteriormente, se determinó la frecuencia cardíaca (FC) mediante auscultación con un estetoscopio colocado en la región torácica del lado izquierdo, y el valor se registró en latidos por minuto.

Seguidamente, se obtuvo el peso corporal (PC) utilizando una balanza digital con una precisión de 1 g, previamente calibrada. Cada ejemplar fue colocado cuidadosamente sobre el plato de medición y se registró el valor correspondiente en gramos (g).

Finalmente, se midió la temperatura rectal (TR) empleando un termómetro digital. La punta del termómetro se lubricó con vaselina antes de su introducción, procurando una manipulación suave para evitar el estrés o posibles lesiones. El valor se registró en grados Celsius (°C).

Durante todo el procedimiento, los animales fueron manipulados con cuidado, manteniéndose en una postura cómoda y segura. Después de cada medición, se devolvieron a su alojamiento y se verificó su estado general antes de continuar con el siguiente ejemplar.

6.10.4 Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados y expresados en medidas de tendencia central y dispersión (promedio, desviación estándar, máximo, mínimo) para las variables continuas: niveles de cortisol salival y plasmático, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, temperatura corporal y peso vivo. Para el análisis inferencial, se utilizó un diseño factorial 2×4 , considerando dos niveles de exposición a música (T1: sin música y T2: con música) y cuatro momentos de evaluación (día -8, día 0, día 20 y día 45). Este modelo permitió evaluar los efectos principales de la exposición a música, del tiempo y su interacción sobre las variables dependientes (cortisol salival y plasmático, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, temperatura y peso corporal). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de significación de Duncan, con un nivel de significancia de $p < 0.05$, de acuerdo con Calzada (1981). A continuación, se presenta el modelo aditivo lineal empleado en el análisis estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu \dots + \delta_i + \alpha_j + (\delta\alpha)_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (cortisol salival y plasmático, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, temperatura y peso corporal)

$\mu \dots$ = Efecto de la media poblacional

δ_i = Efecto del i – ésimo nivel del factor de la música (con y sin música) (1,2)

α_j = Efecto del j – ésimo nivel del factor días (día -8, día 0, día 20 y día 45)

$(\delta\alpha)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i – ésimo nivel del factor de la música con j – ésimo nivel del factor días

e_{ijk} = Error experimental.

Para evaluar los cambios temporales en cortisol salival, cortisol plasmático y constantes fisiológicas dentro de cada tratamiento, se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan.

El modelo aditivo lineal del DCA es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Es la observación del nivel de cortisol del i-esimo tratamiento (día) sometido al j-esimo individuo. Parámetros fisiológicos observados.
- μ = Media general
- T_i = Efecto del i-esimo tratamiento (día)
- ε_{ij} = Error aleatorio

El análisis estadístico fue realizado utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2024) y se verificó el cumplimiento del supuesto de normalidad de los datos fueron evaluados por el test de normalidad de Shapiro-Wilk del mismo paquete estadístico, con el fin de garantizar la validez de los análisis paramétricos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Efecto de la música sobre los niveles de cortisol en cuyes en crecimiento

7.1.1 Niveles de cortisol salival

En la Tabla 3 se presentan los valores promedio de cortisol salival (ng/mL) obtenidos en cuyes sometidos o no a estímulos musicales en cuatro momentos del experimento (días -8, 0, 20 y 45).

Tabla 3.

Valores promedio de niveles de cortisol salival (ng/mL) según el factor música

Factor música	n	$\bar{X} \pm DS$	Min	Max	p-valor
Con música	6	66.99 $\pm$ 37.36	60.42	77.40	0.5273
Sin música	6	60.17 $\pm$ 28.56	43.61	75.69	

Los niveles de cortisol salival (Tabla 3) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, con y sin música, aunque se observó una ligera tendencia a valores más altos en el grupo con música en comparación con el grupo sin música. Esto sugiere que la exposición musical no generó variaciones apreciables en la secreción salival de cortisol bajo las condiciones experimentales aplicadas.

Tabla 4.

Niveles de cortisol salival ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días

Grupo	Días				p-valor
	-8	0	20	45	
experimental					
Con música	68.61 $\pm$ 14.22	62.37 $\pm$ 41.02	77.41 $\pm$ 66.55	60.42 $\pm$ 35.46	0.9255
Sin música	68.99 $\pm$ 36.14	43.61 $\pm$ 16.06	50.19 $\pm$ 34.35	75.69 $\pm$ 14.92	0.3454

En la Tabla 4 se presentan los valores promedio ($\bar{X} \pm DE$) de la variable fisiológica evaluada en cuyes en crecimiento expuestos y no expuestos a música en cuatro momentos del periodo experimental (días -8, 0, 20 y 45). Los análisis estadísticos mostraron que no hubo diferencias significativas entre los grupos experimentales en ninguno de los días evaluados, con valores de $p = 0.9255$ para el grupo con música y $p = 0.3454$ para el grupo sin música.

En el grupo con música, los valores oscilaron entre 60.42 ± 35.46 y 77.41 ± 66.55 , manteniéndose relativamente estables a lo largo del tiempo, sin variaciones significativas. De manera similar, en el grupo sin música, los valores fluctuaron entre 43.61 ± 16.06 y 75.69 ± 14.92 , también sin evidenciar cambios estadísticamente significativos.

La estabilidad observada en las concentraciones de cortisol a lo largo del tiempo sugiere que ninguno de los niveles del factor música provocó modificaciones relevantes en la dinámica del eje HHA durante los días evaluados (-8, 0, 20 y 45). De acuerdo con lo expuesto por Hennessy et al. (2002), las secreciones de cortisol tienden a reducir su variabilidad cuando los animales se familiarizan progresivamente con una determinada condición ambiental o de manejo, especialmente si esta no implica un estímulo estresante persistente. En concordancia con este planteamiento, la ausencia de variaciones significativas entre días en ambos grupos experimentales podría reflejar un proceso de habituación de los cuyes a las rutinas y procedimientos experimentales, lo que habría evitado respuestas endocrinas abruptas.

Tabla 5.

Medias generales de cortisol salival ($\bar{X} \pm DS$; ng/mL) según días de evaluación

Días	n	Media general $\bar{X} \pm DS$	Min	Max
-8	12	68.80 $\pm$ 25.18	11.44	111.15
0	12	52.99 $\pm$ 28.54	25.21	121.74
20	12	63.80 $\pm$ 50.45	13.31	156.37
45	12	68.06 $\pm$ 25.19	14.85	100.51

Nota. p-música = 0.5273; p-tiempo = 0.7760; p-música $\times$ tiempo = 0.6006.

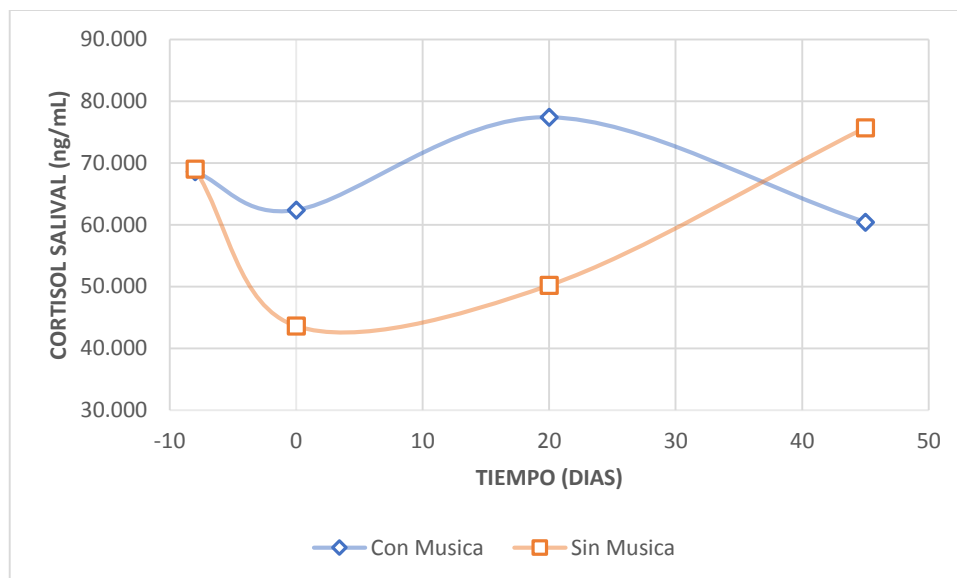
Los niveles de cortisol salival (tabla 5) no mostraron diferencias significativas a lo largo del tiempo ni en la interacción música por tiempo (p-tiempo = 0.7760; p-música $\times$ tiempo = 0.6006).

El promedio general sugiere una tendencia no significativa hacia menores concentraciones de cortisol al momento del destete (día 0) y una leve recuperación en los días 20 y 45, lo que coincide con el proceso natural de adaptación fisiológica posterior a este evento.

A pesar de ello, los valores promedio de cortisol salival obtenidos se mantuvieron dentro de los rangos fisiológicos descritos previamente para cuyes, lo que indica que las condiciones experimentales no generaron un estrés evidente en los animales. En la Figura 1 se presentan las variaciones promedio del cortisol salival para ambos tratamientos.

Figura 1.

Niveles de cortisol salival (ng/mL) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental



Aunque los niveles de cortisol salival mostraron fluctuaciones moderadas a lo largo del estudio tanto en el grupo con música como en el grupo sin música, estas variaciones no fueron estadísticamente significativas y se mantuvieron dentro del rango fisiológico esperado para la especie. A diferencia de los incrementos abruptos observados por Nemeth et al. (2016) durante episodios de estrés social agudo (donde el cortisol se elevó drásticamente de valores basales a 71.85 ± 14.07 ng/mL), los cambios observados en la Figura 1 no alcanzan magnitudes compatibles con una activación intensa del eje HHA. Esto sugiere que ni la exposición musical ni las condiciones de manejo empleadas actuaron como estresores potentes, permitiendo que los animales mantuvieran una respuesta endocrina estable a lo largo de los días evaluados.

Al comparar los valores obtenidos en esta investigación (con música: 66.99 ± 37.36 ng/mL; sin música: 60.17 ± 28.56 ng/mL) con los de estudios previos, se observan similitudes con las respuestas agudas descritas por Nemeth et al. (2016) y Fenske (1997). Nemeth et al. (2016) demostraron que los niveles de cortisol salival pueden incrementarse drásticamente ante un estrés social, mientras que Fenske validó el uso de la saliva como una matriz confiable para

evaluar la actividad del eje HHA, mostrando que tras la estimulación con ACTH, las concentraciones salivales pueden alcanzar valores superiores a 100–150 ng/mL, en contraste con niveles basales bajos en condiciones normales. De esta manera, los valores registrados en el presente trabajo se ubican en una zona intermedia: superiores a los basales estrictos, pero menores que los picos farmacológicos, lo que sugiere una activación moderada del eje HHA sin evidencia de estrés agudo.

Un aspecto relevante fue la ausencia de diferencias significativas entre los grupos experimentales, lo que podría explicarse por la variabilidad individual en la secreción hormonal o por diferencias en la dinámica de difusión del cortisol entre el plasma y la saliva. El cortisol plasmático refleja la concentración total de la hormona, mientras que el cortisol salival representa la fracción libre y biológicamente activa (Hellhammer et al., 2009). De acuerdo con Fenske (1997) y Hellhammer et al. (2009), aunque las mediciones no invasivas (saliva, heces o pelo) son útiles para evaluar el estrés animal, presentan limitaciones relacionadas con la sensibilidad temporal y la variabilidad interindividual, particularmente en especies pequeñas o de metabolismo acelerado, como los cuyes. Esto podría explicar por qué las variaciones observadas en plasma no se reflejaron con igual intensidad en las muestras salivales.

De manera similar, Li et al. (2021) reportaron que la exposición diaria a música clásica (Mozart K.448, 60–70 dB) durante seis horas en cerdos en crecimiento redujo significativamente el cortisol sérico, aunque los cambios en cortisol salival fueron menos consistentes. Este patrón sugiere que los efectos de la música sobre el eje HHA son más evidentes en matrices sistémicas como la sangre que en fluidos periféricos como la saliva.

Asimismo, en roedores, Sheikhi & Saboory (2015) demostraron que la exposición prolongada a música relajante mantuvo niveles bajos y estables de corticosterona, indicando que los estímulos musicales pueden modular de manera sostenida la actividad del eje HHA, favoreciendo un estado de equilibrio fisiológico y reduciendo las respuestas al estrés.

Diversos autores han documentado además una correlación positiva entre los niveles de cortisol plasmático y salival, dado que el cortisol libre del plasma se difunde fácilmente hacia la saliva a través de las glándulas salivales (Hellhammer et al., 2009; Levine et al., 2007). En cuyes, Fenske (1997) confirmó esta relación, validando el uso del cortisol salival como un indicador no invasivo del estrés fisiológico. Aunque en el presente estudio no se evaluó la relación directa entre ambas matrices. Por ello, los resultados deben interpretarse únicamente como patrones independientes, sin asumir correspondencia fisiológica entre plasma y saliva.

En conjunto, los resultados sugieren que la exposición a música ambiental relajante puede contribuir a modular o estabilizar la actividad del eje HHA, ayudando a mantener un estado fisiológico equilibrado en los cuyes. La ausencia de variaciones significativas no debe interpretarse como una falta de efecto, sino como un posible efecto modulador que reduce la reactividad fisiológica ante estímulos externos. No obstante, la alta variabilidad individual observada, junto con el tamaño de muestra limitado, resalta la necesidad de realizar estudios complementarios con mayor número de animales, distintos géneros musicales, intensidades sonoras y tiempos de exposición, además de un control más preciso sobre los momentos de muestreo.

En general, los resultados respaldan la hipótesis de que la música puede emplearse como una herramienta práctica para promover el bienestar animal, especialmente en especies sensibles al estrés como los cuyes, y que su aplicación controlada podría generar beneficios similares en otras especies domésticas o de laboratorio.

7.1.2 Niveles de cortisol plasmático

En el presente estudio se determinaron los niveles de cortisol plasmático en cuyes en crecimiento, con el propósito de evaluar el efecto del estímulo musical sobre la respuesta al estrés fisiológico. Se analizaron dos grupos experimentales: animales expuestos a música y un grupo control sin exposición musical. Las muestras se recolectaron en cuatro momentos del

ensayo (día -8, 0, 20 y 45). Los resultados se expresan en nanogramos por mililitro (ng/mL) como promedio $\pm$ desviación estándar.

Tabla 6.

Valores promedio de niveles de cortisol plasmático (ng/mL) según el factor música

Factor música	n	$\bar{X} \pm DS$	Min	Max	p-valor
Con música	6	106.79 ^b $\pm$ 48.55	89.23	130.22	0.0036
Sin música	6	156.07 ^a $\pm$ 55.82	140.10	171.66	

Nota. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Los niveles plasmáticos de cortisol mostraron diferencias significativas entre tratamientos, con y sin exposición a música relajante, tal como se observa en la Tabla 6. Los animales expuestos a música presentaron concentraciones promedio más bajas en comparación con aquellos sin música. Este resultado sugiere que la estimulación auditiva con música pudo haber contribuido a una reducción del estrés fisiológico en los cuyes, reflejada en menores niveles de cortisol circulante.

Tabla 7.

Niveles de cortisol plasmático ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días

Grupo	Días				p-valor
	-8	0	20	45	
Con música	110.37 $\pm$ 11.21	89.23 $\pm$ 44.21	130.22 $\pm$ 73.18	97.33 $\pm$ 47.48	0.5125
Sin música	145.68 $\pm$ 23.80	140.10 $\pm$ 14.63	166.94 $\pm$ 19.78	171.66 $\pm$ 106.22	0.7525

En la Tabla 7 se presentan los niveles de cortisol plasmático en cuyes con y sin exposición a música durante los días -8, 0, 20 y 45. En el grupo con música, los valores oscilaron entre 89.23 $\pm$ 44.21 ng/mL (día 0) y 130.22 $\pm$ 73.18 ng/mL (día 20), sin diferencias significativas entre días ($p = 0.5125$). De manera similar, el grupo sin música mostró niveles entre 140.10 $\pm$ 14.63 ng/mL (día 0) y 171.66 $\pm$ 106.22 ng/mL (día 45), también sin variaciones significativas a lo largo del periodo evaluado ($p = 0.7525$).

La evolución de los niveles de cortisol a lo largo del tiempo se presenta en la Tabla 7. Si bien se observó una tendencia general hacia una disminución del cortisol en los grupos con música durante las diferentes etapas, las variaciones no alcanzaron significancia estadística. A pesar de ello, se aprecia que en todos los momentos de muestreo (-8, 0, 20 y 45 días), los cuyes con música mantuvieron valores promedio inferiores a los del grupo sin música.

Tabla 8.

Medias generales de cortisol plasmático ($\bar{X} \pm DS$; ng/mL) según días de evaluación

Días	n	Media general $\bar{X} \pm DS$	Min	Max
-8	12	128.03 $\pm$ 17.50	95.21	171.81
0	12	114.66 $\pm$ 29.42	40.46	167.83
20	12	148.58 $\pm$ 46.48	20.37	225.32
45	12	134.49 $\pm$ 76.85	6.29	306.76

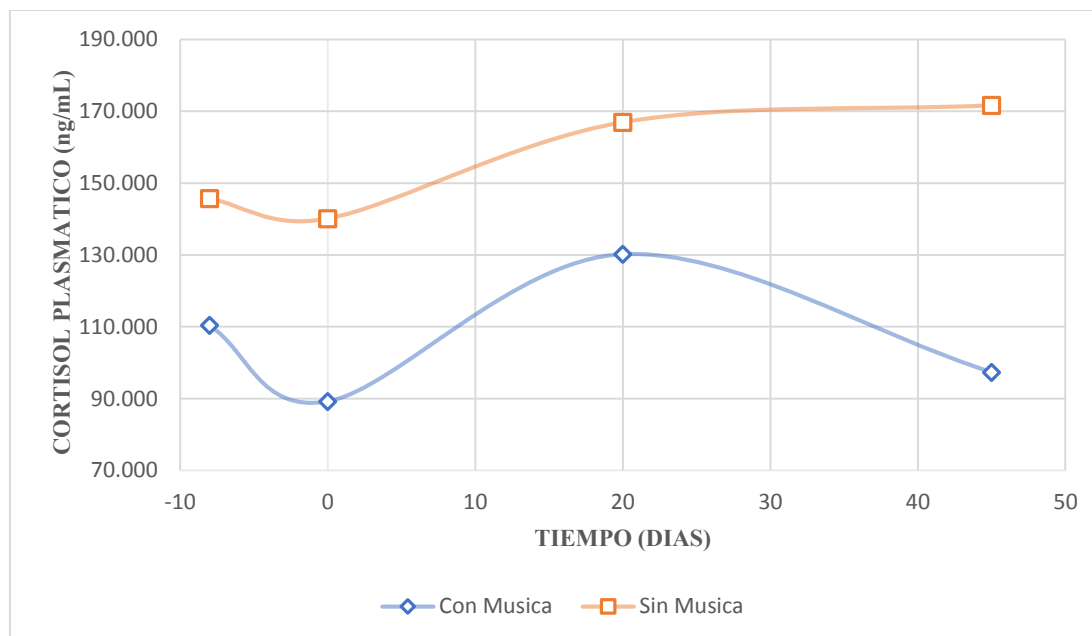
Nota. p-música = 0.0036; p-tiempo = 0.5088; p-música $\times$ tiempo = 0.8047.

Los niveles generales de cortisol plasmático mostraron variaciones entre los días evaluados (Tabla 8). El día -8 presentó un promedio de 128.03 ± 17.50 ng/mL, mientras que en el día 0 el valor descendió a 114.66 ± 29.42 ng/mL. Posteriormente, el día 20 se observó un incremento hasta 148.58 ± 46.48 ng/mL, seguido de una ligera reducción en el día 45 (134.49 ± 76.85 ng/mL). A pesar de estas fluctuaciones, no se detectaron diferencias significativas entre los momentos evaluados (p-tiempo = 0.5088), ni se encontró interacción significativa entre música y tiempo (p-música $\times$ tiempo = 0.8047).

En todas las mediciones, el grupo expuesto a música presentó valores inferiores a los del grupo control (Figura 2). Por ejemplo, en el día -8, el grupo con música registró una media de 110.37 ± 11.21 ng/mL, mientras que el grupo sin música alcanzó 145.68 ± 23.80 ng/mL. Aunque se observó una mayor dispersión de los valores en el grupo con música, particularmente en los días 0, 20 y 45, esta variabilidad no modificó la tendencia general hacia niveles más bajos de cortisol en presencia de música. Aunque las diferencias no alcanzaron significancia estadística ($p > 0.05$), esta tendencia sugiere que la exposición a música relajante podría tener un efecto modulador sobre la secreción de cortisol plasmático, especialmente en momentos de mayor estrés fisiológico, como el destete.

Figura 2.

Niveles de cortisol plasmático (ng/mL) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental



El valor mínimo promedio de cortisol plasmático se observó en el grupo con música al día 0 (89.23 ng/mL), mientras que el valor máximo se registró en el grupo sin música al día 45 (171.66 ng/mL). Estas diferencias respaldan la idea de que la música actúa como un estímulo ambiental modulador, capaz de favorecer la homeostasis endocrina y reducir la percepción de amenaza o excitación ambiental, en concordancia con lo descrito por Alworth y Buerkle (2013), quienes señalaron los efectos calmantes de la estimulación auditiva controlada en animales de laboratorio.

Al comparar los valores obtenidos con los reportados en la literatura, se observa que los niveles medios de cortisol plasmático en el grupo con música (106.79 ± 48.55 ng/mL) se encuentran dentro del rango descrito por Garris (1979), quien reportó valores entre 6.4 y 9.0 $\mu\text{g}/100$ mL (64–90 ng/mL) en fases de reposo y un pico máximo cercano a 12.3 $\mu\text{g}/100$ mL (123 ng/mL). En cambio, los cuyes sin música (156.07 ± 55.82 ng/mL) superan dicho pico

máximo. Estas diferencias podrían deberse a factores como el momento del muestreo (influenciado por el ritmo circadiano), el estrés inducido por la manipulación durante la recolección de muestras o las diferencias en los métodos analíticos empleados (Garris, 1979).

Asimismo, al contrastar con la investigación de García (2022), quien determinó los niveles de cortisol sanguíneo en cuyes mediante un inmunoensayo quimioluminiscente competitivo, se observaron valores significativamente mayores (24.7–28.6 µg/dL, equivalentes a 247–286 ng/mL), sin diferencias estadísticas entre tratamientos. En comparación, los valores del presente estudio son inferiores a los reportados por dicho autor, lo que podría explicarse por la edad de los animales, las condiciones ambientales, el tipo de estímulo aplicado y el método de detección utilizado.

Los valores obtenidos en esta investigación se encuentran dentro de los rangos fisiológicos descritos para la especie. (Künzl & Sachser, 1999) reportaron niveles basales de cortisol en cuyes entre 85 y 120 ng/mL en condiciones de reposo, y aumentos superiores a 200 ng/mL tras la exposición a estresores agudos. En este contexto, los valores más elevados observados en el grupo sin música podrían reflejar una mayor carga de estrés fisiológico, posiblemente asociada a la ausencia de estímulos ambientales relajantes. Este patrón concuerda con las observaciones de Hennessy (2006), quien demostró que la falta de amortiguadores sociales o sensoriales incrementa la liberación de cortisol en cobayos ante situaciones de estrés.

Los hallazgos de este trabajo apoyan la hipótesis de que la musicoterapia ambiental puede atenuar las respuestas fisiológicas al estrés, reduciendo la activación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HHA). Este efecto también ha sido documentado en otras especies. En cerdos, Li et al. (2021) reportaron una disminución significativa del cortisol sérico tras la exposición diaria a música instrumental (Mozart K.448, 60–70 dB), en comparación con animales expuestos a ruido o sin estímulo musical. De manera similar, en roedores, la exposición a música ha mostrado efectos comparables sobre la hormona corticosterona

(análoga al cortisol), donde Tasset et al. (2012) y Sheikhi y Saboory (2015) observaron reducciones significativas de corticosterona plasmática, interpretadas como una respuesta ansiolítica y moduladora del estrés. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que la música actúa como un estímulo ambiental positivo capaz de mitigar la activación del eje HHA y promover un estado de equilibrio fisiológico (Dhungana et al., 2018; Kogan et al., 2012).

Desde una perspectiva de bienestar animal, los resultados sugieren que la exposición a música ambiental constituye una estrategia viable de enriquecimiento sensorial, especialmente en entornos de confinamiento. El estímulo auditivo relajante podría contribuir a reducir las concentraciones de cortisol plasmático hacia niveles basales, promoviendo una respuesta adaptativa más eficiente y disminuyendo los efectos del estrés generado por el manejo o la restricción espacial (Putra et al., 2023). En conjunto, los resultados de este estudio evidencian que la música puede ser una herramienta efectiva para mejorar el bienestar fisiológico y emocional de los cuyes, con implicaciones potenciales para la cría, el manejo y la investigación en pequeños mamíferos.

7.2 Efecto de la música sobre las constantes fisiológicas en cuyes en crecimiento

7.2.1 Frecuencia respiratoria

En la tabla 9, se observa diferencias significativas en la frecuencia respiratoria de los cuyes entre tratamientos. Los animales expuestos a música presentaron un promedio de 114.08 ± 6.42 respiraciones por minuto, mientras que los no expuestos registraron un valor significativamente mayor de 121.58 ± 8.67 respiraciones por minuto. Esto indica que la exposición a música ambiental relajante produjo una disminución significativa de la frecuencia respiratoria en comparación con el grupo control, lo cual sugiere un efecto modulador sobre la respuesta fisiológica asociada al estrés.

Tabla 9.*Valores promedio de frecuencia respiratoria (resp/min) según factor música*

Factor música	n	$\bar{x} \pm DS$	Min	Max	p-valor
Con música	6	$114.083^b \pm 6.420$	100	126	<i>0.0008</i>
Sin música	6	$121.583^a \pm 8.667$	100	132	

Nota. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre los niveles del factor música ($p < 0.05$).

Al analizar la evolución temporal dentro de cada grupo experimental (Tabla 10), se observó que la frecuencia respiratoria de los cuyes que recibieron música se mantuvo estable a lo largo de los días -8, 0, 20 y 45, sin cambios significativos entre las mediciones. Este patrón sugiere un estado de estabilidad fisiológica sostenida en presencia de música. Por el contrario, el grupo sin música presentó fluctuaciones más marcadas, particularmente en los días iniciales, lo cual indica una mayor reactividad frente a las condiciones del entorno o del manejo experimental. En los animales expuestos a música, los valores oscilaron ligeramente entre 109.0 ± 5.2 y 116.7 ± 8.5 resp/min, sin diferencias significativas entre los días evaluados ($p = 0.1529$). De manera similar, en el tratamiento sin música los promedios variaron entre 117.67 ± 12.5 y 128.33 ± 4.3 resp/min, pero el análisis de varianza tampoco evidenció un efecto significativo del tiempo ($p = 0.1187$). Aunque los valores del grupo sin música fueron numéricamente superiores en la mayoría de los días, estas diferencias no alcanzaron significancia estadística.

Tabla 10.

Frecuencia respiratoria ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días

Grupo experimental	Días				p-valor
	-8	0	20	45	
Con música	109.0 $\pm$ 5.2	116.7 $\pm$ 8.5	115.0 $\pm$ 3.7	115.7 $\pm$ 5.7	0.1529
Sin música	117.7 $\pm$ 12.5	128.3 $\pm$ 4.3	122.0 $\pm$ 5.5	118.3 $\pm$ 7.4	0.1187

Asimismo (tabla 11), se detectaron diferencias significativas a lo largo del tiempo ($p = 0.0268$), aunque no se observó interacción entre música y tiempo ($p = 0.4832$), lo que sugiere que la variación temporal afectó a ambos grupos de manera similar. En general, los valores más altos se registraron al día 0, mientras que las mediciones iniciales y finales mostraron valores más bajos y estables (Figura 3).

Tabla 11.

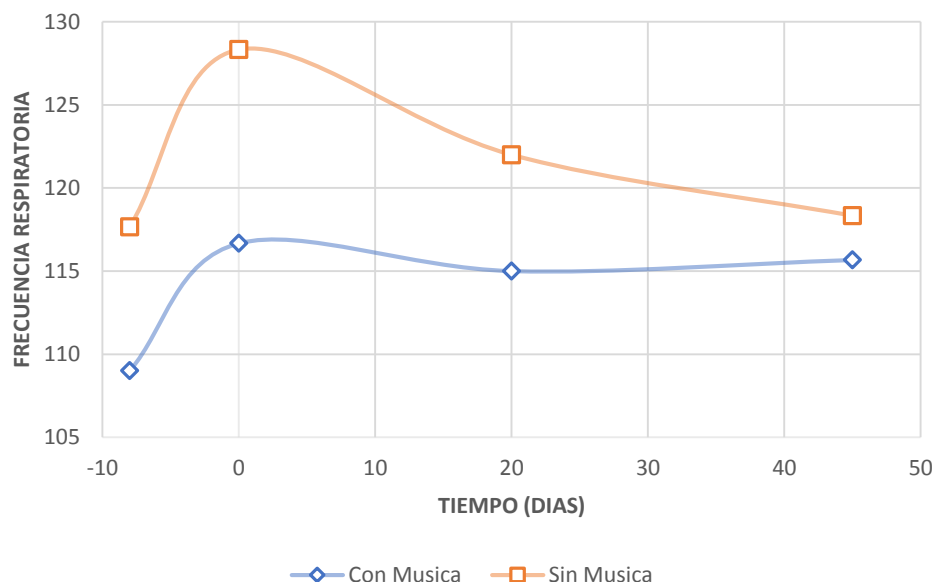
Medias generales de frecuencia respiratoria ($\bar{X} \pm DS$; resp/min) según días de evaluación

Días	n	Media general $\bar{X} \pm DS$	Min	Max
-8	12	113.3 ^b $\pm$ 8.8	100	130
0	12	122.5 ^a $\pm$ 6.4	106	132
20	12	118.5 ^{ab} $\pm$ 4.6	110	130
45	12	117.0 ^{ab} $\pm$ 6.6	108	126

Nota. p-música = 0.0008; p-tiempo = 0.0268; p-música $\times$ tiempo = 0.4832. Letras distintas (a, b) indican diferencias significativas por día ($p < 0.05$).

Figura 3.

Frecuencia respiratoria (movimientos/min) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental



La disminución de la FR en el grupo con música evidencia una respuesta respiratoria de relajación, consistente con una menor activación del eje simpático. Campoverde et al. (2023) reportaron efectos semejantes en animales domésticos expuestos a música suave, donde se observó una reducción en la tasa respiratoria y muscular debido a la acción calmante del sonido. Asimismo, Alworth y Buerkle (2013) indicaron que la música puede actuar como enriquecimiento ambiental positivo, disminuyendo los signos fisiológicos de estrés y favoreciendo un estado de homeostasis.

Estudios recientes en caballos y vacas confirman que la música adecuada (lenta, armoniosa y a volumen moderado) disminuye la frecuencia cardíaca y respiratoria, modulando el sistema nervioso autónomo y reduciendo la secreción de cortisol (Oliveira et al., 2024; Santos, 2025).

Asimismo, Boissy et al. (2007) y Von Borell et al. (2007) señalan que la ausencia de estímulos enriquecedores puede incrementar la actividad fisiológica, lo cual coincide con la

mayor variabilidad observada en los cuyes sin música, particularmente en los primeros días. Esta respuesta podría estar asociada a una mayor sensibilidad a los estímulos ambientales o al manejo experimental, siendo el destete un factor relevante que contribuye a este aumento de la reactividad inicial.

Esto sugiere que la música contribuye a mantener un estado más constante de homeostasis respiratoria en los cuyes, reduciendo variaciones asociadas al estrés o a la novedad del entorno.

7.2.2 Frecuencia cardíaca

En la Tabla 12 se presentan los valores promedio de la frecuencia cardíaca (FC) de los cuyes expuestos y no expuestos a música relajante. El análisis estadístico mostró una diferencia significativa ($p = 0.0253$), hacia una menor frecuencia cardíaca en los animales sometidos al factor con música, lo que sugiere un posible efecto modulador del estímulo sonoro sobre la respuesta fisiológica cardíaca.

Tabla 12.

Valores promedio de frecuencia cardíaca (lat/min) según factor música

Factor música	n	$\bar{X} \pm DS$	Min	Max	p-valor
Con música	6	$253.00^b \pm 14.55$	220	280	0.0253
Sin música	6	$260.00^a \pm 9.40$	244	282	

Nota. Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de comparación de medias ($p < 0.05$).

La frecuencia cardíaca mostró un comportamiento diferente entre grupos experimentales a lo largo del periodo experimental (Tabla 13). En el grupo con música, los valores presentaron variaciones significativas entre días ($p = 0.0026$). La frecuencia cardíaca inicial (245.7 ± 9.9 lat/min) aumentó marcadamente el día 0 (266.0 ± 12.6 lat/min), para luego

disminuir progresivamente hacia los días 20 y 45 (259.3 ± 6.0 y 241.0 ± 13.8 lat/min, respectivamente), evidenciando fluctuaciones temporales en la respuesta cardiaca.

En contraste, el grupo sin música no presentó diferencias significativas entre días ($p = 0.7691$), manteniendo valores similares durante todo el estudio (257.0 ± 10.4 a 263.0 ± 11.6 lat/min). Esto indica que, sin la intervención musical, la frecuencia cardiaca permaneció estable a través del tiempo.

Tabla 13.

Frecuencia cardiaca ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días

Grupo	Días				p-valor
	-8	0	20	45	
Con música	$245.7^b \pm 9.9$	$266.0^a \pm 12.6$	$259.3^a \pm 6.0$	$241.0^b \pm 13.8$	0.0026
Sin música	257.0 ± 10.4	263.0 ± 11.6	260.3 ± 6.5	259.7 ± 10.0	0.7691

Nota. Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre días de evaluación según la prueba de comparación de medias ($p < 0.05$).

En la Tabla 14 se muestran los valores promedio de la frecuencia cardíaca (FC) en cuyes con y sin exposición a música relajante a lo largo del experimento. El análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre días de muestreo ($p = 0.0042$), lo que indica que el tiempo influyó en la frecuencia cardíaca. Sin embargo, la interacción música $\times$ tiempo no fue significativa ($p = 0.0603$), lo que sugiere que el patrón de cambio fue similar entre grupos, aunque con niveles absolutos menores en los animales expuestos a música.

La frecuencia cardiaca de los cuyes presentó variaciones a lo largo de los días evaluados. El día -8 registró un promedio de 251.3 ± 10.2 latidos/min, aumentando de manera notable el día 0 hasta 264.5 ± 12.1 latidos/min, lo que representa el valor más alto del estudio. Posteriormente, la frecuencia cardiaca disminuyó ligeramente en el día 20 a 259.8 ± 6.3

latidos/min y continuó reduciéndose hacia el día 45, alcanzando 250.3 ± 11.9 latidos/min, similar al valor inicial.

Tabla 14.

Medias generales de frecuencia cardiaca ($\bar{X} \pm DS$; lat/min) según días de evaluación

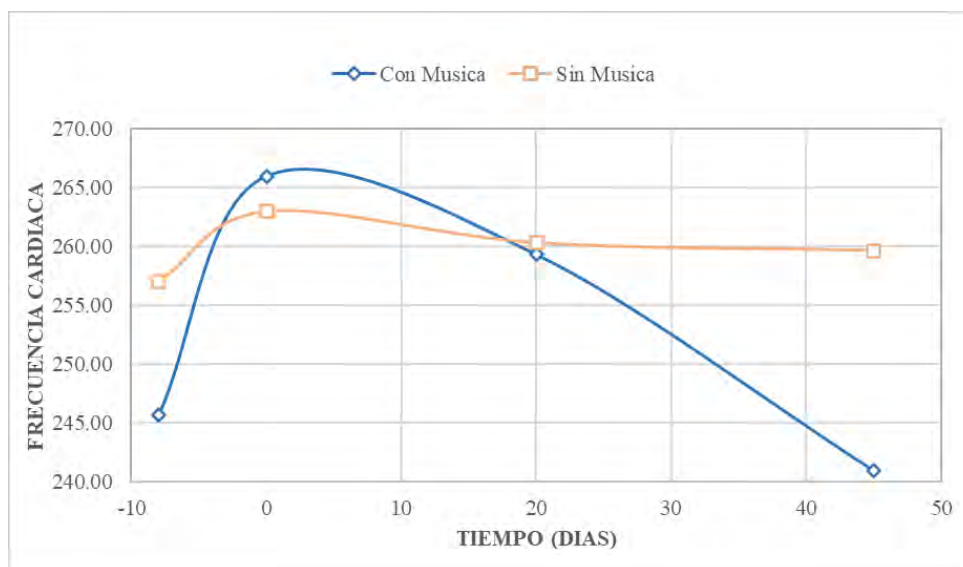
Días	n	Media general $\bar{X} \pm DS$	Min	Max
-8	12	$251.3^{bc} \pm 10.2$	238	270
0	12	$264.5^a \pm 12.1$	244	282
20	12	$259.8^{ab} \pm 6.3$	248	268
45	12	$250.3^c \pm 11.9$	220	270

Nota. p-música = 0.0253; p-tiempo = 0.0042; p-música $\times$ tiempo = 0.0603. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre medias por día ($p < 0.05$).

Estos resultados indican que los cuyes experimentaron un aumento transitorio en la frecuencia cardiaca al inicio del experimento, seguido de una estabilización progresiva hacia valores cercanos a los registrados inicialmente, reflejando un patrón de adaptación fisiológica a lo largo del tiempo (Figura 4).

Figura 4.

Frecuencia cardíaca (latidos/min) en cuyes con y sin exposición musical durante el periodo experimental



Los resultados obtenidos indican que la exposición a música relajante ejerció un efecto modulador sobre la frecuencia cardíaca de los cuyes, evidenciando una respuesta fisiológica asociada a la relajación y a una mayor activación del sistema nervioso parasimpático. Este comportamiento sugiere que la música actuó como un estímulo de enriquecimiento ambiental positivo, capaz de reducir la excitación autonómica y promover un estado de calma. En este sentido, Alworth & Buerkle, (2013) señalaron que la música ambiental puede disminuir tanto la frecuencia cardíaca como los niveles de cortisol en animales de laboratorio, contribuyendo a la reducción del estrés. De igual modo, Oliveira et al. (2024) y Lemmer, (2008) observaron que la exposición a música clásica o de ritmo lento favorece una menor actividad simpática y un incremento del tono parasimpático, efecto que coincide con la disminución de la frecuencia cardíaca registrada en los cuyes del presente estudio.

La evolución temporal de la frecuencia cardíaca (Tabla 13) mostró que los animales expuestos a música mantuvieron valores más estables y homogéneos a lo largo del periodo

experimental, mientras que los cuyes sin música presentaron ligeras fluctuaciones ascendentes, posiblemente asociadas a una mayor reactividad al entorno. Este patrón es consistente con lo descrito por Bowman et al. (2017), quienes evidenciaron en perros alojados en perreras que la exposición a géneros musicales suaves produjo una reducción significativa en la frecuencia cardíaca, reflejando un equilibrio entre las ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo. En conjunto, estos resultados respaldan que la música puede actuar como un modulador eficaz, contribuyendo al bienestar y estabilidad fisiológica de los animales.

7.2.3 Temperatura

Los valores promedio de temperatura corporal registrados en los cuyes durante el experimento en el grupo con música y en el grupo sin música (Tabla 15). Donde el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre tratamientos, indicando que la exposición a música clásica no modificó de forma apreciable la temperatura corporal de los animales.

Tabla 15.

Valores promedio de temperatura (°C) según factor música

Factor música	n	$\bar{X} \pm DS$	Min	Max	p-valor
Con música	6	38.05 ± 0.52	36.9	39.1	<i>0.7369</i>
Sin música	6	38.00 ± 0.46	36.9	39.1	

La temperatura corporal de los cuyes se mantuvo dentro del rango fisiológico esperado durante todo el período experimental (Tabla 16). En el grupo con música, los valores oscilaron entre 38.0 ± 0.3 y 38.1 ± 0.9 °C, sin diferencias significativas entre los días evaluados ($p = 0.9859$). En el grupo sin música, los valores fluctuaron entre 37.9 ± 0.5 y 38.2 ± 0.5 °C, también sin diferencias significativas entre los días ($p = 0.4536$).

Tabla 16.

Temperatura corporal ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días

Grupo experimental	Días				p-valor
	-8	0	20	45	
Con música	38.1 $\pm$ 0.6	38.1 $\pm$ 0.9	38.1 $\pm$ 0.3	38.0 $\pm$ 0.3	0.9859
Sin música	38.1 $\pm$ 0.3	37.9 $\pm$ 0.5	38.2 $\pm$ 0.5	37.9 $\pm$ 0.5	0.4536

Estos resultados indican que, independientemente de la exposición a música, la temperatura corporal de los cuyes permaneció estable durante el estudio.

Tabla 17.

Medias generales de temperatura ($\bar{X} \pm DS$; °C) según días de evaluación

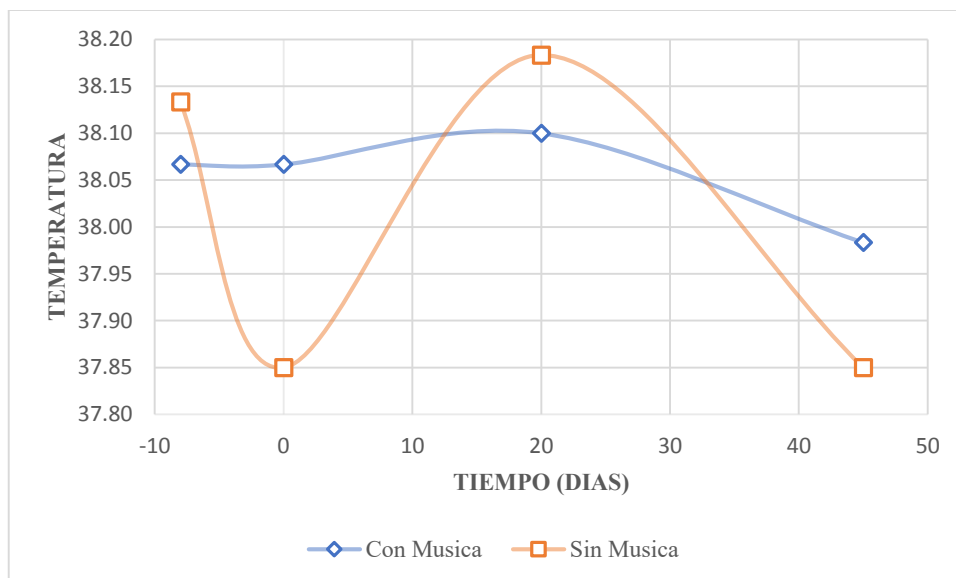
Días	n	Media general $\bar{X} \pm DS$	Min	Max
-8	12	38.1 $\pm$ 0.4	37.3	39.1
0	12	38.0 $\pm$ 0.7	36.9	39.1
20	12	38.1 $\pm$ 0.4	37.7	39.1
45	12	37.9 $\pm$ 0.4	36.9	38.3

Nota. p-música = 0.7369; p-tiempo = 0.6581; p-música $\times$ tiempo = 0.8593.

Asimismo, el análisis por días (Tabla 17) (Figura 5) mostró valores estables a lo largo del periodo experimental, dentro del rango fisiológico normal para cuyes 37.2–39.5 °C (Pignon & Mayer, 2021). Sin variaciones significativas ni por efecto del tiempo ni por interacción música $\times$ tiempo, lo que evidencia que la exposición musical no alteró la termorregulación de los animales.

Figura 5.

Temperatura corporal (°C) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental



La estabilidad térmica registrada sugiere que la música no tuvo un efecto directo sobre la termorregulación. Diversos estudios señalan que la temperatura corporal es un indicador sensible de estrés agudo o fiebre, pero tiende a mantenerse constante cuando el animal se encuentra en condiciones ambientales adecuadas (Broom & Fraser, 2007). En este sentido, los resultados sugieren que los cobayos mantuvieron una homeostasis térmica normal.

7.2.4 Peso vivo

Los valores promedio de peso corporal mostraron un incremento en el grupo expuesto a música relajante en comparación con el grupo sin música; sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas tal como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18.*Valores promedio de peso corporal (g) según factor música*

Factor música	n	$\bar{X} \pm DS$	Min	Max	p-valor
Con música	6	435.96 $\pm$ 157.25	200	720	0.6452
Sin música	6	427.33 $\pm$ 140.85	200	712	

El peso corporal de los cuyes aumentó significativamente a lo largo del tiempo en ambos tratamientos Tabla 19. En el grupo con música, los valores pasaron de 250.00 $\pm$ 44.72 g al inicio del estudio (día -8) a 634.67 $\pm$ 69.55 g al final del período (día 45). En el grupo sin música, el peso corporal aumentó de 258.33 $\pm$ 49.16 g a 607.67 $\pm$ 72.41 g durante el mismo periodo. El análisis estadístico indicó diferencias significativas entre días en ambos grupos ($p < 0.0001$), reflejando un crecimiento progresivo y consistente de los animales a lo largo del tiempo.

Tabla 19.*Peso corporal ($\bar{X} \pm DE$) según grupo experimental a diferentes días*

Grupo experimental	Días				p-valor
	-8	0	20	45	
Con música	250.00 ^d $\pm$	380.83 ^c $\pm$	478.33 ^b $\pm$	634.67 ^a $\pm$	<.0001
	44.72	77.23	79.17	69.55	
Sin música	258.33 ^d $\pm$	382.00 ^c $\pm$	461.33 ^b $\pm$	607.67 ^a $\pm$	<.0001
	49.16	57.50	56.08	72.41	

Nota. Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre días de evaluación según la prueba de comparación de medias ($p < 0.05$).

El análisis de las medias generales del peso corporal (Tabla 20) muestra un aumento significativo a lo largo del tiempo, independientemente de la exposición a música. En el día -8, los cuyes presentaron un peso promedio de 254.17 ± 46.94 g. Este valor aumentó a 381.42 ± 67.36 g en el día 0, 469.83 ± 67.63 g en el día 20 y alcanzó 621.17 ± 70.98 g en el día 45. El análisis estadístico indica que el tiempo tuvo un efecto significativo sobre el peso corporal ($p < 0.0001$), mientras que el factor música y la interacción música $\times$ tiempo no mostraron efectos significativos ($p = 0.6452$ y $p = 0.9021$, respectivamente). Esto evidencia que el incremento en el peso corporal fue atribuible principalmente al crecimiento natural de los cuyes y no a la música.

Tabla 20.

Medias generales de peso vivo ($\bar{X} \pm DS$; g) según días de evaluación

Días	n	Media general $\bar{X} \pm DS$	Min	Max
-8	12	$254.17^d \pm 46.94$	200	300
0	12	$381.42^c \pm 67.36$	305	500
20	12	$469.83^b \pm 67.63$	365	567
45	12	$621.17^a \pm 70.98$	494	720

Nota. p-música = 0.6452; p-tiempo = < 0.0001 ; p-música $\times$ tiempo = 0.9021. Letras diferentes (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre medias por día ($p < 0.05$)

El incremento progresivo (Figura 6) coincide con el patrón descrito para el crecimiento posdestete en roedores y pequeños herbívoros, donde la maduración fisiológica, el aumento en la eficiencia digestiva y la estabilización del consumo alimenticio impulsan un rápido incremento ponderal durante las primeras semanas de desarrollo (National Research Council (US) Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition, 1995)

Figura 6.

Peso corporal (g) en cuyes en crecimiento con y sin exposición musical durante el periodo experimental



La ausencia de diferencias significativas entre animales con y sin música sugiere que la exposición a música no modificó la trayectoria de crecimiento. Este resultado es consistente con lo reportado por Alworth y Buerkle (2013), quienes revisaron de manera sistemática la evidencia del uso de música en animales de laboratorio y concluyeron que, aunque la música puede modular parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca, niveles de actividad o ciertos indicadores comportamentales, su impacto en variables productivas como el consumo de alimento o la ganancia de peso suele ser limitado o poco consistente.

El aumento del peso en el tiempo es un indicador de bienestar y de condiciones adecuadas de alimentación, temperatura y manejo. De acuerdo con Broom y Fraser (2015), el crecimiento sostenido, junto con la estabilidad fisiológica (frecuencia cardíaca, respiratoria y temperatura), es una señal de ausencia de estrés crónico. En este sentido, aunque la música no modificó el peso, podría haber contribuido indirectamente al mantenimiento de un entorno menos estresante, reflejado en la disminución de las variables relacionadas con la activación simpática.

En conjunto, los resultados muestran que la música influyó significativamente en los parámetros fisiológicos relacionados con la respuesta al estrés, particularmente en la frecuencia cardíaca y respiratoria, lo que sugiere una disminución del estrés fisiológico en los cuyes expuestos. La ausencia de cambios en temperatura y peso indica que la intervención fue segura y no alteró la homeostasis general.

Por tanto, la exposición musical puede considerarse una estrategia no invasiva y efectiva para modular las respuestas fisiológicas y promover el bienestar en cuyes en crecimiento, contribuyendo a un mejor manejo y adaptación al entorno experimental.

En conjunto con los niveles de cortisol salival y plasmático (determinados en la misma investigación), estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la música puede servir como método no invasivo de enriquecimiento ambiental, capaz de atenuar la respuesta de estrés y mejorar el bienestar fisiológico en cuyes.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- La exposición a música redujo el cortisol plasmático en cuyes en crecimiento, confirmando su efecto modulador del estrés, sin cambios significativos en el cortisol salival.

- La exposición a música redujo significativamente la frecuencia cardíaca y respiratoria de los cuyes, mientras que la temperatura corporal y el peso se mantuvieron estables. Se demuestra un efecto relajante sin alterar la homeostasis, confirmando que la música es una estrategia no invasiva y eficaz para disminuir el estrés y promover el bienestar en cuyes en crecimiento.

8.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar la música como estrategia de manejo en ambientes donde se críen cuyes, con el fin de reducir el estrés fisiológico y mejorar su bienestar.
- Realizar estudios adicionales que evalúen biomarcadores del estrés, para determinar mejor la influencia de la música en diferentes vías de medición.
- Evaluar diferentes géneros, intensidades y duraciones de música para identificar las condiciones óptimas que maximicen el efecto positivo sobre los niveles de cortisol y el bienestar animal.
- Complementar futuros estudios con parámetros productivos, indicadores hormonales y conductuales de estrés para una evaluación más integral del bienestar.

IX. REFERENCIAS

- Alhaji, M., Zubair, M., & Farhana, A. (2025). Enzyme Linked Immunosorbent Assay. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555922/>
- Alworth, L. C., & Buerkle, S. C. (2013). The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab Animal*, 42(2), 54-61. <https://doi.org/10.1038/labanimal.162>
- Arch-Tirado, E., Verduzco-Mendoza, A., Azuara-Pliego, E., Hernández-Orozco, F., & Collado-Corona, M. (2005). Utilidad del cobayo como modelo de estudios audiológicos y propuesta de accesos quirúrgicos al oído y cuello. *Cirugía y Cirujanos*, 73(5).
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M. B., Moe, R. O., Spruijt, B., Keeling, L. J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I., & Aubert, A. (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior, Stress and Welfare in Farm Animals*, 92(3), 375-397. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.02.003>
- Bowman, A., Scottish Spca, null, Dowell, F. J., & Evans, N. P. (2015). «Four Seasons» in an animal rescue centre; classical music reduces environmental stress in kennelled dogs. *Physiology & Behavior*, 143, 70-82. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.02.035>
- Bowman, A., Scottish SPCA, Dowell, F. J., & Evans, N. P. (2017). «The effect of different genres of music on the stress levels of kennelled dogs». *Physiology & Behavior*, 171, 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.01.024>
- Bradley, K. (2019). *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology* (6th ed.). ELSEVIER.
- Broom, D. M. (1991). Animal welfare: Concepts and measurement. *Journal of Animal Science*, 69(10), 4167-4175. <https://doi.org/10.2527/1991.69104167x>
- Broom, D. M., & Fraser, A. F. (2007). *Domestic animal behaviour and welfare* (4th ed). CABI.

- Broom, D. M., & Johnson, K. G. (2019). *Stress and Animal Welfare: Key Issues in the Biology of Humans and Other Animals* (Vol. 19). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32153-6>
- Cáceres, F., Jiménez, R., Ara, M., Huamán, H., & Huamán, A. (2004). Evaluación del espacio vital de cuyes criados en pozas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 15(2), 100-112. <https://doi.org/10.15381/rivep.v15i2.1577>
- Calzada, J. (1981). *Métodos Estadísticos para la Investigación* (Cuarta Edición). Universidad Nacional Agraria la Molina
- Campoverde, W. A., Maldonado, M. E., & Castillo, E. P. (2023). Musicoterapia como enriquecimiento ambiental durante el estudio ecográfico en perros. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 8(3 (Marzo 2023)), 2013-2027.
- Cardozo, C. A., & Mrad, A. (2008). Ética en investigación con animales: Una actitud responsable y respetuosa del investigador con rigor y calidad científica. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 8(2), 46-71.
- Carpenter, J., & Marion, C. (2018). *Exotic animal formulary* (5th Edition). ELSEVIER.
- Carvajal, C. (2005). Estrés y depresión: Una mirada desde la clínica a la neurobiología. *Rev. Med. Clin. Condes*. <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-X0716864005320521>
- Chanda, M. L., & Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(4), 179-193. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.02.007>
- Chauca, L. (2014). *Desarrollo de la crianza de cuyes en el Perú: Contribución de la mejora genética*. INIA.
- Chauca, L. (2020). *Manual de crianza de cuyes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA.

- Chen, S., Liang, T., Zhou, F. H., Cao, Y., Wang, C., Wang, F.-Y., Li, F., Zhou, X.-F., Zhang, J.-Y., & Li, C.-Q. (2019). Regular Music Exposure in Juvenile Rats Facilitates Conditioned Fear Extinction and Reduces Anxiety after Foot Shock in Adulthood. *BioMed Research International*, 2019, 8740674. <https://doi.org/10.1155/2019/8740674>
- Chen, Y., Arsenault, R., Napper, S., & Griebel, P. (2015). Models and Methods to Investigate Acute Stress Responses in Cattle. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 5(4), 1268-1295. <https://doi.org/10.3390/ani5040411>
- Chikahisa, S., Sano, A., Kitaoka, K., Miyamoto, K.-I., & Sei, H. (2007). Anxiolytic effect of music depends on ovarian steroid in female mice. *Behavioural Brain Research*, 179(1), 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2007.01.010>
- Chu, B., Marwaha, K., Sanvictores, T., Awosika, A. O., & Ayers, D. (2024). Physiology, Stress Reaction. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541120/>
- Chu, B., Marwaha, K., Sanvictores, T., Awosika, A. O., & Ayers, D. (2025). Physiology, Stress Reaction. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541120/>
- Ciborowska, P., Michalczuk, M., & Bień, D. (2021). The Effect of Music on Livestock: Cattle, Poultry and Pigs. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 11(12), 3572. <https://doi.org/10.3390/ani11123572>
- Cohen, S., Tsur, E. E., & Meiron, O. (2025). Passively listening to Mozart's sonata K. 448 enhances verbal working memory performance: A quantitative EEG study. *Current Psychology*, 44(10), 9342-9357. <https://doi.org/10.1007/s12144-025-07755-6>
- Congreso de la Republica del Perú. (2016). Ley N.º 30407 - Ley de Protección y Bienestar Animal. Lima, Perú.

- Cortés Romero, C. E., Escobar Noriega, A., Cebada Ruiz, J., Soto Rodríguez, G., Bilbao Reboledo, T., & Vélez Pliego, M. (2018). Estrés y cortisol: Implicaciones en la ingesta de alimento. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3), 1-15.
- Cvabodni, G. (2003). Principios del comportamiento individual de los caprinos: Comportamiento Ingestivo. *Departamento de Producción Animal y Tecnología de los Alimentos Universidad de Zaragoza, España*.
- Dávila, A. P., Mora, C. F., & Córdoba, C. A. (2018). Caracterización etológica del cuy (*Cavia porcellus*) en sistemas de producción tradicional y tecnificado. *Revista Investigación Pecuaria*, 5(1), 5-15. <https://doi.org/10.22267/revip.1851.1>
- Dhungana, S., Khanal, D. R., Sharma, M., Bhattarai, N., Tamang, D. T., Wasti, S., & Acharya, R. C. (2018). Effect of Music on Animal Behavior: A Review. *Nepalese Veterinary Journal*, 35, 142-149. <https://doi.org/10.3126/nvj.v35i0.25251>
- Duval, F., González, F., & Rabia, H. (2010). Neurobiología del estrés. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 48(4), 307-318. <https://doi.org/10.4067/S0717-92272010000500006>
- Fenske, M. (1996). Measurement of salivary cortisol in guinea pigs. *Journal of Experimental Animal Science*, 38(1), 13-19.
- Fenske, M. (1997). The use of salivary cortisol measurements for the non-invasive assessment of adrenal cortical function in guinea pigs. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes: Official Journal, German Society of Endocrinology [and] German Diabetes Association*, 105(3), 163-168. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1211746>
- FONCODES. (2014). *Proyecto “Mi Chacra Emprendedora—Haku Wiñay”*.
- Fossum, T. (2019). *Cirugía de pequeños animales* (5ª ed.). Elsevier.
- García, A. (2018). *Fisiología veterinaria*. Tébar Flores.
- García, C., & Martínez, I. (2009). Ventajas del método de quimioluminiscencia frente al de radioinmunoanálisis (RIA). 1(2), 60-68.

- García, F. E., Zúñiga, A., Flórez, D. C., & Cubides, J. A. (2019). Niveles de ruido durante el ordeño de lecherías con sistemas mecánicos del trópico alto colombiano y su efecto en la calidad de la leche y el bienestar animal. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 691-698. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.14642>
- García, M. A. (2022). *Nivel de cortisol sanguíneo en cuyes de engorde (Cavia porcellus) mantenidos en diferentes áreas de crianza y en diferentes tipos de alimentación*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Garris, D. R. (1979). Diurnal fluctuation of plasma cortisol levels in the guinea pig. *Acta Endocrinologica*, 90(4), 692-695. <https://doi.org/10.1530/acta.0.0900692>
- Goldsmith, S. J. (1975). Radioimmunoassay: Review of basic principles. *Seminars in Nuclear Medicine*, 5(2), 125-152. [https://doi.org/10.1016/S0001-2998\(75\)80028-6](https://doi.org/10.1016/S0001-2998(75)80028-6)
- Google Earth. (2025). *Google Earth* [Map]. https://earth.google.com/web/search/Marangani,+Sicuni/@-14.35103432,-71.17765072,3673.60761015a,59.39174079d,35y,0h,0t,0r/data=CiwiJgokCR39530eOjRAER39530eOjTAGYDd5DbtPEhAIe8me0m9oUrAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA?authuser=0
- Guerrero, J. (2017). Para entender la acción de cortisol en inflamación aguda: Una mirada desde la glándula suprarrenal hasta la célula blanco. *Revista médica de Chile*, 145(2), 230-239. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000200011>
- Guzmán, E. (2004). V. Las pruebas de Elisa. *Gac Med Mex.*, Vol. 140.
- Hellhammer, D. H., Wüst, S., & Kudielka, B. M. (2009). Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*, 34(2), 163-171. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.10.026>

- Hennessy, M. B., Hornschuh, G., Kaiser, S., & Sachser, N. (2006). Cortisol responses and social buffering: A study throughout the life span. *Hormones and Behavior*, 49(3), 383-390. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.08.006>
- Hennessy, M. B., O'Leary, S. K., Hawke, J. L., & Wilson, S. E. (2002). Social influences on cortisol and behavioral responses of preweaning, periadolescent, and adult guinea pigs. *Physiology & Behavior*, 76(2), 305-314. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)00712-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00712-6)
- Huaman, M., Killerby Campos, M., & Chauca Francia. (2019). *Manual de bioseguridad y sanidad en cuyes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA.
- Iqbal, T., Elahi, A., Wijns, W., & Shahzad, A. (2023). Cortisol detection methods for stress monitoring in connected health. *Health Sciences Review*, 6, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100079>
- Karaer, M. C., Čebulj-Kadunc, N., & Snoj, T. (2023). Stress in wildlife: Comparison of the stress response among domestic, captive, and free-ranging animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1167016>
- Knight, W. E., & 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. <https://doi.org/10.1093/jmt/38.4.254>
- Kogan, L. R., Schoenfeld-Tacher, R., & 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>
- Kohen, F., Pazzagli, M., Kim, J. B., & Lindner, H. R. (1980). An immunoassay for plasma cortisol based on chemiluminescence. *Steroids*, 36(4), 421-437. [https://doi.org/10.1016/0039-128X\(80\)90030-6](https://doi.org/10.1016/0039-128X(80)90030-6)

- Kühlmann, A. Y. R., de Rooij, A., Hunink, M. G. M., De Zeeuw, C. I., & Jeekel, J. (2018). Music Affects Rodents: A Systematic Review of Experimental Research. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 301. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00301>
- Künzl, C., & Sachser, N. (1999). The behavioral endocrinology of domestication: A comparison between the domestic guinea pig (*Cavia aperea* f. *porcellus*) and its wild ancestor, the cavy (*Cavia aperea*). *Hormones and Behavior*, 35(1), 28-37. <https://doi.org/10.1006/hbeh.1998.1493>
- Landaeta, A., & Drescher, K. (2012). Instalaciones, conducta y bienestar en vacunos tropicales. *Mundo Pecuario*, VIII(2), 121-131.
- Lapo-Bonilla, A., Amón-Loor, N., Desiderio, L. F., & González-Puetate, I. (2025). Bienestar animal en grandes especies: Un enfoque integral para la productividad y sostenibilidad ganadera en el siglo XXI. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 7(3), 417-423. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v7i3.1513>
- 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>
- Levine, A., Zagoory-Sharon, O., Feldman, R., Lewis, J. G., & Weller, A. (2007). Measuring cortisol in human psychobiological studies. *Physiology & Behavior*, 90(1), 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.08.025>
- Li, J., Li, X., Liu, H., Li, J., Han, Q., Wang, C., Zeng, X., Li, Y., Ji, W., Zhang, R., & Bao, J. (2021). Effects of music stimulus on behavior response, cortisol level, and horizontal immunity of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 99(5), skab043. <https://doi.org/10.1093/jas/skab043>
- Lord, E., Collins, C., deFrance, S., LeFebvre, M. J., Pigière, F., Eeckhout, P., Erauw, C., Fitzpatrick, S. M., Healy, P. F., Martínez-Polanco, M. F., Garcia, J. L., Ramos Roca, E.,

- Delgado, M., Sánchez Urriago, A., Peña León, G. A., Toyne, J. M., Dahlstedt, A., Moore, K. M., Laguer Diaz, C., ... Matisoo-Smith, E. (2020). Ancient DNA of Guinea Pigs (*Cavia spp.*) Indicates a Probable New Center of Domestication and Pathways of Global Distribution. *Scientific Reports*, *10*, 8901. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65784-6>
- Martínez, R., Mora, P., & Albertos, P. J. (2025). EPI-DOM approach for comprehensive assessment of integral animal welfare. *Frontiers in Animal Science*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1495149>
- Mason, G., & Latham, N. (2004). Can't stop, won't stop: Is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Animal Welfare*, *13*(S1), S57-S69. <https://doi.org/10.1017/S096272860001438X>
- McEwen, B. S. (2017). Neurobiological and Systemic Effects of Chronic Stress. *Chronic Stress (Thousand Oaks, Calif.)*, *1*, 2470547017692328. <https://doi.org/10.1177/2470547017692328>
- Milligan, S. R., Sales, G. D., & Khirnykh, K. (1993). Sound levels in rooms housing laboratory animals: An uncontrolled daily variable. *Physiology & Behavior*, *53*(6), 1067-1076. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(93\)90361-i](https://doi.org/10.1016/0031-9384(93)90361-i)
- Moberg, G. (2000). *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare*. CABI.
- Montero, T. L. M. (2021). *Análisis de los parámetros fisiológicos de monitoreo en pacientes caninos y felinos internados en la uci en la clínica veterinaria punto vet, Medellín-Colombia*.
- Mormède, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., Manteca, X., Manteuffel, G., Prunet, P., van Reenen, C. G., Richard, S., & Veissier, I. (2007). Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal

- welfare. *Physiology & Behavior, Stress and Welfare in Farm Animals*, 92(3), 317-339.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.12.003>
- Muscari, J., Chauca, L., & Higaonna, R. (2004). Caracterización de la línea de cuyes andina. *XXVII Reunión de la asociación peruana de producción animal*.
- National Research Council (US) Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition. (1995). *Nutrient Requirements of Laboratory Animals: Fourth Revised Edition, 1995*. National Academies Press (US). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231927/>
- Nemeth, M., Pschernig, E., Wallner, B., & Millesi, E. (2016). Non-invasive cortisol measurements as indicators of physiological stress responses in guinea pigs. *PeerJ*, 4.
<https://doi.org/10.7717/peerj.1590>
- Nogareda, S. (1994). Fisiología del estrés. *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España*.
- Odeón, M. M., & Romera, S. A. (2017). Estrés en ganado: Causas y consecuencias. *Revista veterinaria*, 28(1), 69-77.
- Oliveira, F. Y. U. de, Odakura, A. M., de Castro Burbarelli, M. F., Ouros, C. C. dos, de Lima Almeida Paz, I. C., Braz, J. M., Garcia, R. G., & Caldara, F. R. (2024). Impact of musical rhythm on blood, physiological and welfare parameters in stabled horses. *Scientific Reports*, 14, 31311. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82637-8>
- Palme, R., Rettenbacher, S., Touma, C., El-Bahr, S. M., & Möstl, E. (2005). Stress hormones in mammals and birds: Comparative aspects regarding metabolism, excretion, and noninvasive measurement in fecal samples. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1040, 162-171. <https://doi.org/10.1196/annals.1327.021>
- Pignon, C., & Mayer, J. (2021). Guinea Pigs. En *Ferrets, Rabbits, and Rodents* (pp. 270-297). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-48435-0.00021-6>

- Putra, A. A. N. K., Irwanto, I'tishom, R., Setyoboedi, B., & Mustakim, M. R. D. (2023). Mozart music stimulation effect on wistar rats' neurogenesis. *Bali Medical Journal*, 12(1), 921-925. <https://doi.org/10.15562/bmj.v12i1.4202>
- Ramos, I. (2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. MACRO.
- Rault, J.-L. (2012). Friends with benefits: Social support and its relevance for farm animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 136(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.002>
- Riera, A., & Cabrero, N. (2007). *Manejo y tratamiento de los animales exóticos*. Ediciones Mayo, S.A. <https://books.google.com.pe/books?id=i-U9QwAACAAJ>
- Romero, E. E., Young, J., & Salado-Castillo, R. (2020). Fisiología del estrés y su integración al sistema nervioso y endocrino. *Revista Médico Científica*, 32, 61-70. <https://doi.org/10.37416/rmc.v32i1.535>
- Romero, L., & Butler, L. (2007). Endocrinology of Stress. *International Journal of Comparative Psychology*.
- Russell, E., Koren, G., Rieder, M., & Van Uum, S. (2012). Hair cortisol as a biological marker of chronic stress: Current status, future directions and unanswered questions. *Psychoneuroendocrinology*, 37(5), 589-601. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.09.009>
- Rusell, W. M. S., & Burch, R. L. (1959). *The principles of humane experimental technique*.
- Sánchez, C. (2009). *Cuadernillo Técnico: Cuyes y cambios micro climáticos*.
- Santos, A. S. (2025). *The science behind cows and music: Can tunes really boost welfare and milk production?* <https://ruminants.ceva.pro/milk-production>
- Sapolsky, R. M., Romero, L. M., & Munck, A. U. (2000). *How Do Glucocorticoids Influence Stress Responses? Integrating Permissive, Suppressive, Stimulatory, and Preparative Actions*.

- Sheikhi, S., & Saboory, E. (2015). Neuroplasticity Changes of Rat Brain by Musical Stimuli during Fetal Period. *Cell Journal (Yakhteh)*, 16(4).
<https://doi.org/10.22074/cellj.2015.490>
- Sheriff, M. J., Dantzer, B., Delehanty, B., Palme, R., & Boonstra, R. (2011). Measuring stress in wildlife: Techniques for quantifying glucocorticoids. *Oecologia*, 166(4), 869-887.
<https://doi.org/10.1007/s00442-011-1943-y>
- Sierra, C. A. (2019). Indicadores de bienestar en bovinos del trópico: Una visión desde el estrés y el eje hipotalámico pituitario adrenal. *Revista Veterinaria*, 30(2), 101-114.
<https://doi.org/10.30972/vet.3024143>
- Suckow, M., Stevens, K., & Wilson, R. (2012). *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents*. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780123809209/the-laboratory-rabbit-guinea-pig-hamster-and-other-rodents>
- Tallo, O., & Manteca, X. (2020). *Enriquecimiento ambiental en animales de zoológico*.
- Tasset, I., Quero, I., García-Mayórgaz, Á. D., del Río, M. C., Túnez, I., & Montilla, P. (2012). Changes caused by haloperidol are blocked by music in Wistar rat. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 68(2), 175-179. <https://doi.org/10.1007/s13105-011-0129-8>
- Thau, L., Gandhi, J., & Sharma, S. (2023). Physiology, Cortisol. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538239/>
- Van, L. F. M. van, Baumans, V., & Beynen, A. C. (Eds.). (2001). *Principles of laboratory animal science* (Rev. ed). Elsevier.
- Vignesh, V., Castro-Dominguez, B., James, T. D., Gamble-Turner, J. M., Lightman, S., & Reis, N. M. (2024). Advancements in Cortisol Detection: From Conventional Methods to

- Next-Generation Technologies for Enhanced Hormone Monitoring. *ACS Sensors*, 9(4), 1666-1681. <https://doi.org/10.1021/acssensors.3c01912>
- Vivas, J. (2009). *Especies Alternativas: Manual de crianza de cobayos (Cavia porcellus)*. Universidad Nacional Agraria.
- Von Borell, E., Langbein, J., Després, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant, J., Marchant-Forde, R., Minero, M., Mohr, E., Prunier, A., Valance, D., & Veissier, I. (2007). Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals—A review. *Physiology & Behavior*, 92(3), 293-316. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.01.007>
- Wallace, M. N., Berger, J. I., Sumner, C. J., Palmer, A. R., Akeroyd, M. A., & McNaughton, P. A. (2025). Breathing Rate as a Marker for Noise-Induced Stress in Guinea Pigs. *Brain Sciences*, 15(11), 1152. <https://doi.org/10.3390/brainsci15111152>
- Wasser, S. K., Hunt, K. E., Brown, J. L., Cooper, K., Crockett, C. M., Bechert, U., Millspaugh, J. J., Larson, S., & Monfort, S. L. (2000). A generalized fecal glucocorticoid assay for use in a diverse array of nondomestic mammalian and avian species. *General and Comparative Endocrinology*, 120(3), 260-275. <https://doi.org/10.1006/gcen.2000.7557>
- Wells, D. L. (2009). Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 118(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.01.002>
- Wormell, P., & Rodger, A. (2018). Absorbance Spectroscopy: Overview. En European Biophysical Societies, G. Roberts, & A. Watts (Eds.), *Encyclopedia of Biophysics* (pp. 1-2). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35943-9_784-1
- Young, R. (2003). *Environmental enrichment for captive animals*. Blackwell Science.

Zaatar, M., Alhakim, K., Enayeh, M., & Tamer, R. (2023). The transformative power of music: Insights into neuroplasticity, health, and disease. *Brain, Behavior, & Immunity - Health*, 35, 100716. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2023.100716>

X. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para los datos de cortisol plasmático y salival

Variable	Día	Tratamiento	Estadístico W	Valor de p
Cortisol plasmático (ng/mL)	-8	Con música	0.967	0.872
		Sin música	0.935	0.634
	0	Con música	0.857	0.179
		Sin música	0.813	0.076
	20	Con música	0.979	0.948
		Sin música	0.935	0.633
	45	Con música	0.878	0.261
		Sin música	0.925	0.543
Cortisol salival (ng/mL)	-8	Con música	0.911	0.445
		Sin música	0.905	0.435
	0	Con música	0.829	0.165
		Sin música	0.915	0.508
	20	Con música	0.903	0.446
		Sin música	0.970	0.842
	45	Con música	0.922	0.541
		Sin música	0.937	0.638

Anexo 2. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para constantes fisiológicas

Variable	Día	Tratamiento	Estadístico W	Valor de p
Frecuencia cardiaca	-8	Con música	0.818505	0.0857
		Sin música	0.920103	0.5061
	0	Con música	0.926265	0.5516
		Sin música	0.976819	0.9347
	20	Con música	0.81387	0.0780
		Sin música	0.905397	0.4068
	45	Con música	0.963836	0.8488
		Sin música	0.804984	0.0651
Frecuencia respiratoria	-8	Con música	0.880532	0.2715
		Sin música	0.890739	0.3221
	0	Con música	0.892472	0.3313
		Sin música	0.75011	0.0200
	20	Con música	0.981889	0.9606
		Sin música	0.912456	0.4528
	45	Con música	0.989006	0.9866
		Sin música	0.889328	0.3147
Temperatura	-8	Con música	0.934455	0.6149
		Sin música	0.863707	0.2023
	0	Con música	0.959597	0.8166
		Sin música	0.767709	0.0295
	20	Con música	0.957195	0.7979

Peso	45	Sin música	0.864638	0.2057
		Con música	0.930008	0.5802
		Sin música	0.851495	0.1618
		Con música	0.853191	0.1670
		Sin música	0.775164	0.0347
		Con música	0.888273	0.3092
	0	Sin música	0.91562	0.4744
		Con música	0.934311	0.6138
	20	Sin música	0.943716	0.6893
		Con música	0.900228	0.3753
	45	Sin música	0.97185	0.9046
		Con música		

Anexo 3. Análisis de varianza factorial (2×4) para los niveles de cortisol salival en cuyes en crecimiento

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Música	1	506.135381	506.135381	0.41	0.5273
Tiempo	3	1366.810703	455.603568	0.37	0.7760
Música*tiempo	3	2341.345672	780.448557	0.63	0.6006

Anexo 4. Análisis de varianza factorial (2×4) para los niveles de cortisol plasmático en cuyes en crecimiento

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Música	1	27784.41937	27784.41937	9.62	0.0036
Tiempo	3	6817.05899	2272.35300	0.79	0.5088
Música*tiempo	3	2846.61327	948.87109	0.33	0.8047

Anexo 5. Análisis de varianza factorial (2×4) para frecuencia respiratoria en cuyes en crecimiento

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Música	1	675.0000000	675.0000000	13.30	0.0008
Tiempo	3	518.0000000	172.6666667	3.40	0.0268
Música*tiempo	3	127.0000000	42.3333333	0.83	0.4832

Anexo 6. Análisis de varianza factorial (2×4) para frecuencia cardiaca en cuyes en crecimiento

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Música	1	588.000000	588.000000	5.40	0.0253
Tiempo	3	1678.000000	559.333333	5.14	0.0042
Música*tiempo	3	872.666667	290.888889	2.67	0.0603

Anexo 7. Análisis de varianza factorial (2×4) para temperatura en cuyes en crecimiento

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Música	1	0.03000000	0.03000000	0.11	0.7369
Tiempo	3	0.42416667	0.14138889	0.54	0.6581
Música*tiempo	3	0.19833333	0.06611111	0.25	0.8593

Anexo 8. Análisis de varianza factorial (2×4) para peso vivo en cuyes en crecimiento

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Música	1	892.6875	892.6875	0.22	0.6452
Tiempo	3	856779.0625	285593.0208	68.86	<.0001
Música*tiempo	3	2373.7292	791.2431	0.19	0.9021

Anexo 9. Análisis de varianza de los niveles de cortisol salival en cuyes expuestos a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	750.59397	250.19799	0.15	0.9255
Error	15	24377.57873	1625.17192		
Total corregido	18	25128.17270			

Anexo 10. Análisis de varianza de los niveles de cortisol salival en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	2847.66651	949.22217	1.21	0.3454
Error	13	10204.83206	784.98708		
Total corregido	16	13052.49857			

Anexo 11. Análisis de varianza de los niveles de cortisol plasmático en cuyes expuestos a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	5757.56518	1919.18839	0.79	0.5125
Error	20	48450.29318	2422.51466		
Total corregido	23	54207.85835			

Anexo 12. Análisis de varianza de los niveles de cortisol plasmático en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4119.23459	1373.07820	0.40	0.7525
Error	18	61315.79385	3406.43299		
Total corregido	21	65435.02844			

Anexo 13. Análisis de varianza de la frecuencia respiratoria en cuyes expuestos a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	215.1666667	71.7222222	1.96	0.1529
Error	20	732.6666667	36.6333333		
Total corregido	23	947.8333333			

Anexo 14. Análisis de varianza de la frecuencia respiratoria en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	429.833333	143.277778	2.21	0.1187
Error	20	1298.000000	64.900000		
Total corregido	23	1727.833333			

Anexo 15. Análisis de varianza de la frecuencia cardiaca en cuyes expuestos a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	2441.333333	813.777778	6.70	0.0026
Error	20	2430.666667	121.533333		
Total corregido	23	4872.000000			

Anexo 16. Análisis de varianza de la frecuencia cardiaca en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	109.333333	36.444444	0.38	0.7691
Error	20	1922.666667	96.133333		
Total corregido	23	2032.000000			

Anexo 17. Análisis de varianza de la temperatura corporal en cuyes expuestos a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.04458333	0.01486111	0.05	0.9859
Error	20	6.25500000	0.31275000		
Total corregido	23	6.29958333			

Anexo 18. Análisis de varianza de la temperatura corporal en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.57791667	0.19263889	0.91	0.4536
Error	20	4.23166667	0.21158333		
Total corregido	23	4.80958333			

Anexo 19. Análisis de varianza del peso corporal en cuyes expuestos a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	473399.4583	157799.8194	33.10	<.0001
Error	20	95347.5000	4767.3750		
Total corregido	23	568746.9583			

Anexo 20. Análisis de varianza del peso corporal en cuyes sin exposición a música según los días de evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	385753.3333	128584.4444	36.45	<.0001
Error	20	70554.0000	3527.7000		
Total corregido	23	456307.3333			

Anexo 21. Ficha de registro para constantes fisiológicas**Ficha de Registro de Constantes Fisiológicas en Cuyes**

Fecha de evaluación: _____

Día experimental: Día _____ (constantes fisiológicas)

Día _____ (toma de muestra para cortisol)

ID del animal	Grupo experimental	Frecuencia respiratoria (rpm)	Frecuencia cardíaca (lat/min)	Temperatura rectal (°C)	Peso corporal (g)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Leyenda de campos:

- FR (rpm): Frecuencia respiratoria — número de movimientos toracoabdominales por minuto.
- FC (lat/min): Frecuencia cardíaca — latidos por minuto.
- TR (°C): Temperatura rectal — lectura obtenida con termómetro digital.
- Observaciones: lesiones, secreciones, dificultad respiratoria, signos de estrés u otros.

Anexo 22. Fotografías del experimento



Figura 5. *Periodo de acostumbramiento musical de los cuyes sin exposición a música antes del inicio del tratamiento*



Figura 6. *Periodo de acostumbramiento musical de los cuyes con exposición a música antes del inicio del tratamiento*



Figura 7. *Hisopado oral de un cuy durante la toma de muestra salival*



Figura 8. *Extracción de sangre de la vena safena de un cuy*

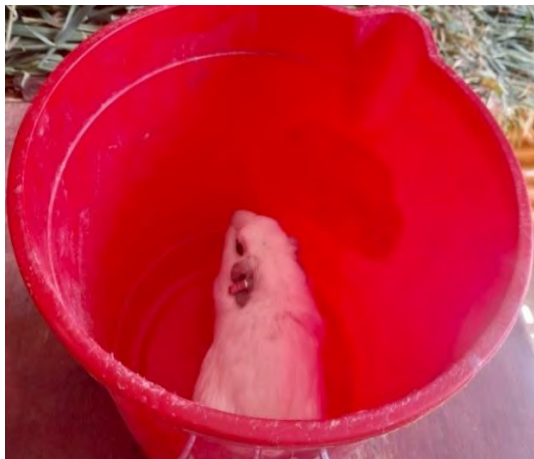


Figura 9. *Medición de la frecuencia respiratoria en cuy mediante observación directa de los movimientos torácicos*



Figura 10. *Medición de la frecuencia cardíaca en cuy mediante auscultación con estetoscopio*



Figura 11. *Medición de la temperatura corporal en cuy durante el experimento*



Figura 12. *Pesaje de un cuy en balanza digital durante el experimento*



Figura 12. Muestras biológicas conservadas en caja de Tecnopor durante el transporte al laboratorio

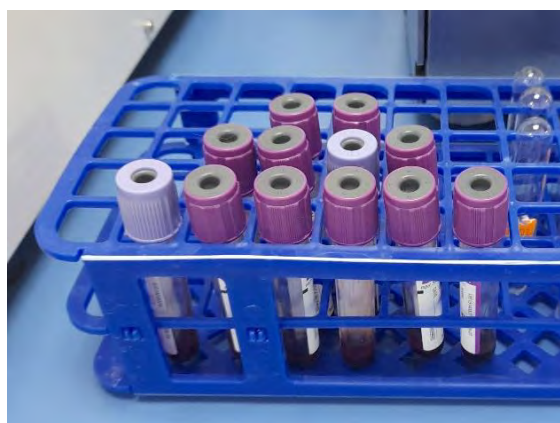


Figura 13. Muestras biológicas de sangre recolectadas durante el experimento

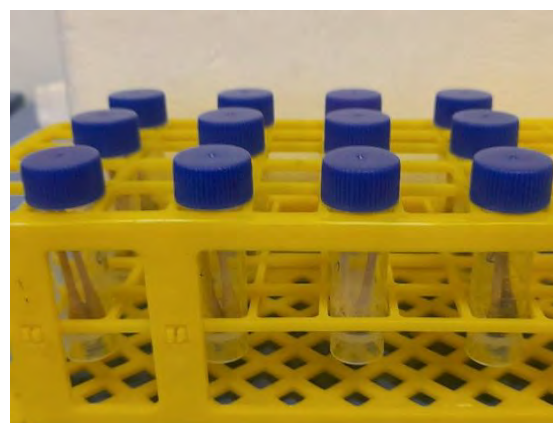


Figura 14. Muestras biológicas de saliva recolectadas durante el experimento



Figura 15. *Proceso de centrifugación de las muestras biológicas para la obtención de plasma*



Figura 16. *Centrífuga utilizada para el procesamiento de muestras*

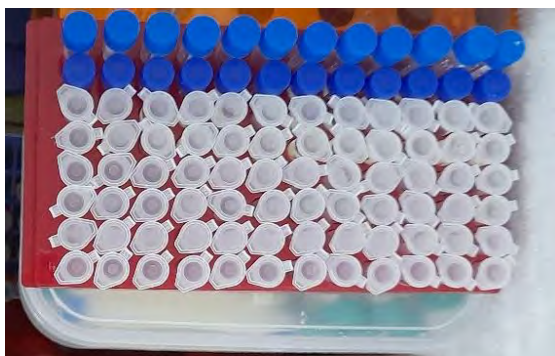


Figura 17. *Muestras biológicas almacenadas en congelación para su conservación*



Figura 18. *Kit de análisis de cortisol y muestras dejadas a temperatura ambiente antes de la medición*



Figura 19. *Preparación de los estándares para el análisis de cortisol*

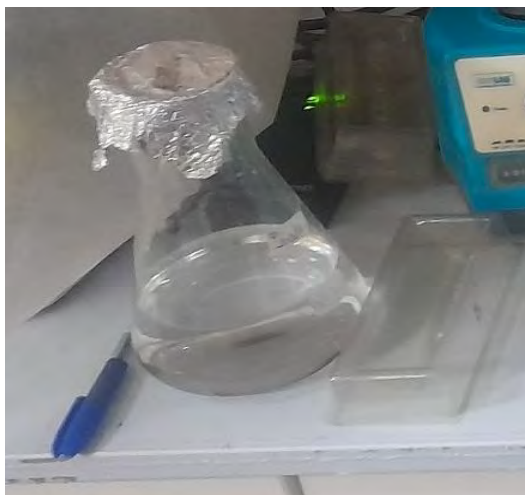


Figura 20. *Solución de lavado reconstituida con agua destilada, lista para utilizar en el lavado de los pocillos del kit ELISA competitivo para cortisol*

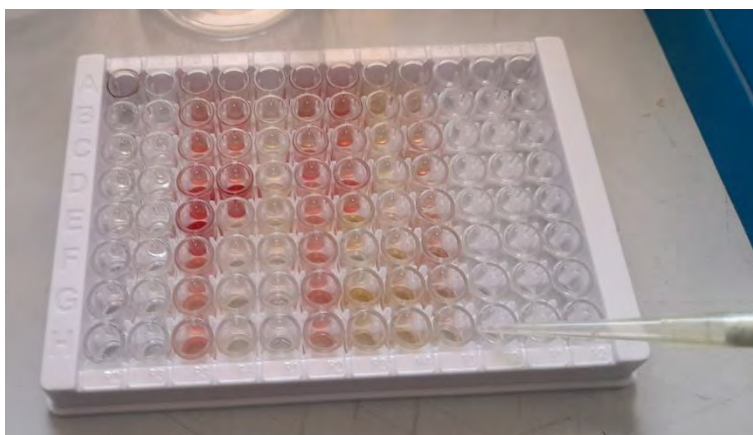


Figura 21. *Aplicación de las muestras biológicas en los pocillos del kit ELISA competitivo para cortisol, según el protocolo del fabricante*

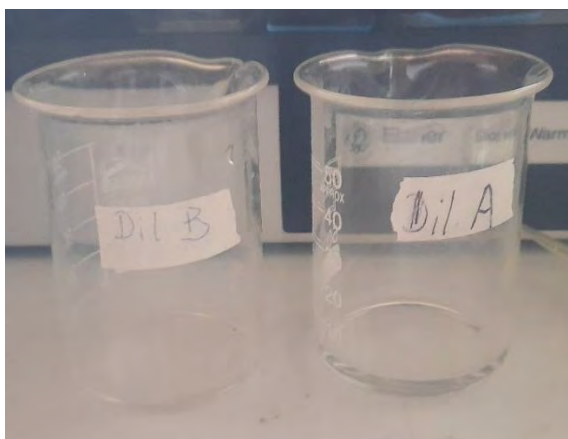


Figura 22. *Diluyentes preparados para el análisis de cortisol mediante ELISA competitivo*

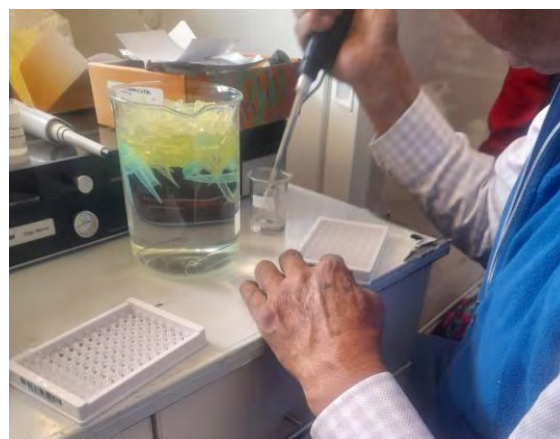


Figura 23. *Incorporación del diluyente en los pocillos del kit ELISA competitivo para cortisol, siguiendo el protocolo del fabricante.*



Figura 24. *Placas ELISA incubadas a temperatura ambiente durante el ensayo competitivo para la determinación de cortisol*



Figura 25. *Incubadora utilizada durante el procesamiento de muestras experimentales*



Figura 26. *Transferencia de solución de lavado mediante micropipeta multicanal durante el procesamiento experimental de las muestras.*

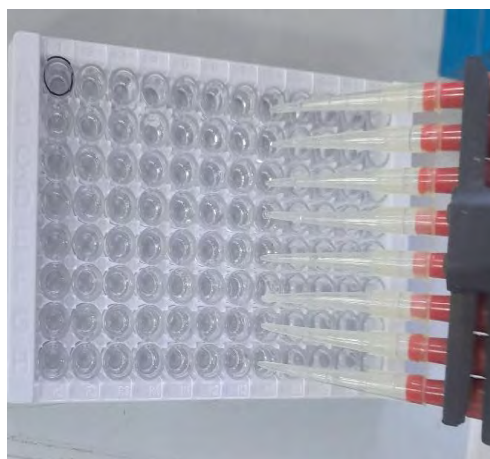


Figura 27. *Lavado de placas durante ensayo ELISA competitivo para cortisol*

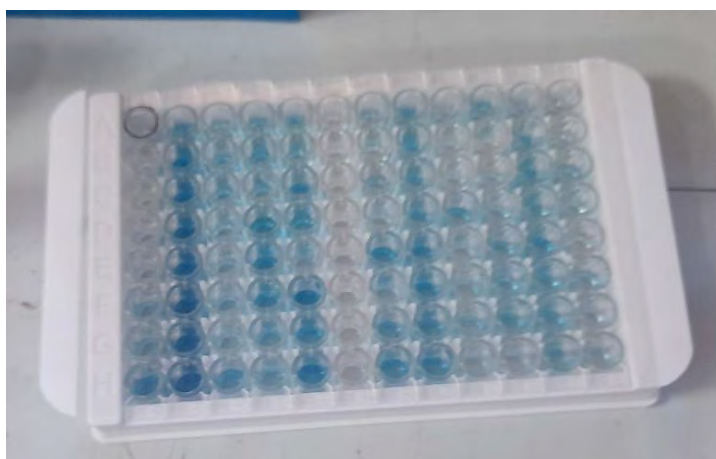


Figura 28. *Adición del sustrato en placas ELISA competitivas para cortisol, mostrando el desarrollo de color azul indicativo de la reacción enzimática*

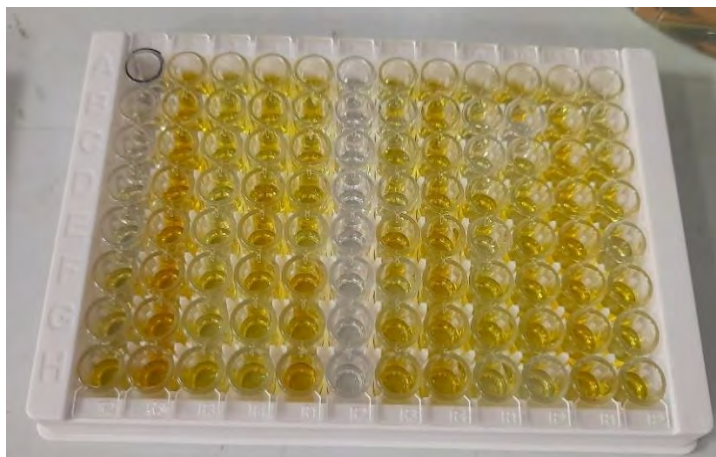


Figura 29. Microplacas de ELISA competitivas para cortisol tras la adición de la solución de parada, mostrando la coloración amarilla estable que indica la finalización de la reacción enzimática



Figura 30. Microplacas de ELISA competitivas para cortisol siendo colocadas en el lector de placas para medir la absorbancia y cuantificar la concentración de la hormona