

# EVALUACIÓN ENDOCRINA DEL CORTISOL EN CERDOS EXPUESTOS A DIETAS DESAFIANTES: IMPLICACIONES PARA EL BIENESTAR ANIMAL EN SISTEMAS CONTROLADOS

## *ENDOCRINE ASSESSMENT OF CORTISOL IN PIGS EXPOSED TO CHALLENGING DIETS: IMPLICATIONS FOR ANIMAL WELFARE IN CONTROLLED SYSTEMS*

Samira Cumbal-Laminia <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Medicina Veterinaria y Manejo de Vida Silvestre, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Regional Amazónica (IKIAM). Tena - Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3183-9398>. Correo: [samira.cumbal@est.ikiam.edu.ec](mailto:samira.cumbal@est.ikiam.edu.ec)

Johana Delgado-Lozada <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fauna, Conservation and Global Health Research Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Km 7 Muyuna-Tena 1501-Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7252-2559>. Correo: [johana.delgada@ikiam.edu.ec](mailto:johana.delgada@ikiam.edu.ec)

José de la Torres-Moreira <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Fauna, Conservation and Global Health Research Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Km 7 Muyuna-Tena 1501-Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4467-064X>. Correo: [jose.delatorres@ikiam.edu.ec](mailto:jose.delatorres@ikiam.edu.ec)

Darwin Yáñez-Avalos <sup>4\*</sup>

<sup>4</sup> Fauna, Conservation and Global Health Research Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Km 7 Muyuna-Tena 1501-Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9306-3489>. Correo: [darwin.yanez@ikiam.edu.ec](mailto:darwin.yanez@ikiam.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [darwin.yanez@ikiam.edu.ec](mailto:darwin.yanez@ikiam.edu.ec)

### Resumen

El estudio se llevó a cabo en una finca ubicada en el cantón Carlos Julio Arosemena Tola, en la región amazónica de Ecuador, y tuvo como objetivo evaluar la modulación del cortisol sérico en cerdos de raza

Yorkshire (90 kg  $\pm$  5 kg; 150–180 días de edad), bajo un protocolo de adaptación alimenticia con dietas desafiantes. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con medidas repetidas y estructura factorial  $2 \times 2$ , considerando como variables independientes el tipo de dieta (basal vs. desafiante con 10%, 15%, 20% y 25% de *Tithonia diversifolia*) y el momento del día (AM vs. PM), además del sexo. Los animales fueron alimentados con 4 kg diarios, registrándose variaciones dietéticas solo en el día 2. Se recolectaron muestras sanguíneas por punción de la vena cava craneal en los días 1 y 3 en la mañana y la tarde, obteniendo suero por centrifugación, para analizar los niveles de cortisol mediante inmunoensayo de fluorescencia (FIA), sistema i-CHROMA™. Los datos fueron expresados en ng/mL tras conversión desde nmol/L, y se sometieron a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianzas (Levene), y análisis de varianza de tres vías (ANOVA tipo III) con Tukey como prueba post hoc. Los resultados mostraron concentraciones de cortisol sin diferencias significativas entre días, AM, PM y tipo de dieta ( $p > 0.05$ ), sin correlación con la ingesta alimenticia ni influencia del sexo sobre la secreción hormonal. Concluyendo con un ritmo circadiano estable y una eficiente adaptación fisiológica al cambio nutricional en condiciones de manejo controlado, sobre el monitoreo del bienestar animal.

**Palabras clave:** Ritmo circadiano; cortisol; estrés; adaptación fisiológica; nutrición.

### Abstract

*The study was conducted on a farm located in the canton Carlos Julio Arosemena Tola, in the Amazon region of Ecuador, and aimed to evaluate the modulation of serum cortisol in Yorkshire pigs (90 kg  $\pm$  5 kg; 150-180 days of age), under a feeding adaptation protocol with challenging diets. A completely randomised design with repeated measures and  $2 \times 2$  factorial structure was used, considering diet type (basal vs. challenging with 10%, 15%, 20% and 25% *Tithonia diversifolia*) and time of day (AM vs. PM) as independent variables, in addition to sex. Blood samples were collected by puncture of the cranial vena cava on days 1 and 3 in the morning and afternoon, obtaining serum by centrifugation, to analyse cortisol levels by fluorescence immunoassay (FIA), i-CHROMA™ system. Data were expressed in ng/mL after conversion from nmol/L, and were tested for normality (Shapiro-Wilk), homogeneity of variances (Levene), and three-way analysis of variance (ANOVA type III) with Tukey as post hoc test. The results showed cortisol concentrations with no significant differences between days, AM, PM and diet type ( $p > 0.05$ ), with no correlation with dietary intake and no influence of sex on hormone secretion. Concluding with a stable circadian rhythm and efficient physiological adaptation to nutritional change under controlled management conditions, on monitoring animal welfare.*

**Keywords:** Circadian rhythm; cortisol; stress; physiological adaptation; nutrition

**Fecha de recibido:** 21/05/2025

**Fecha de aceptado:** 28/07/2025

**Fecha de publicado:** 16/08/2025

## Introducción

En los últimos años, el bienestar animal dentro de la producción porcina ha sido un pilar fundamental, especialmente por los efectos negativos que el estrés genera sobre la salud, el comportamiento y el rendimiento de los cerdos, ya que, durante su desarrollo, estos animales enfrentan diferentes situaciones que pueden ser generadores de estrés. Durante el parto, por ejemplo, el estrés que experimenta la cerda puede afectar la vitalidad de los lechones y la calidad del calostro (Zambrano, 2022).

En la lactancia, condiciones como el manejo inadecuado o un entorno poco favorable también pueden impactar negativamente el sistema inmunológico de los lechones (Vargas, 2024). No obstante, el destete es uno de los procesos más delicados en cuestión al estrés provocado, ya que este implica una separación repentina de la madre y el lechón, además, las modificaciones en la dieta, la interacción con otros lechones y la adaptación a un nuevo ambiente genera condiciones de estrés (Tang, 2022).

Durante la fase de engorde o en el transporte, los animales siguen expuestos a factores estresantes como el hacinamiento o la manipulación, lo que puede afectar su crecimiento y bienestar (Estrada, 2022). Estudios recientes muestran que las malas condiciones de espacio, temperatura y duración del transporte generan consecuencias negativas como calor, fatiga, restricción de movimiento e inanición (EFSA, 2022). Además, programas de formación para conductores han logrado reducir en un 55 % las acciones negativas y aumentar en 97 % las conductas positivas durante la carga, mejorando notablemente el bienestar de los cerdos (Wilhelmsson et al., 2024). Por lo tanto, los animales de producción, están sometidos constantemente a condiciones que pueden desencadenar respuestas de estrés fisiológico y conductual.

El estrés se produce a través de la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HPA), que regula la liberación de hormonas como la adrenocorticotrópica (ACTH) y el cortisol. Este último, conocido como la hormona del estrés, se ha consolidado como un biomarcador fiable para evaluar el impacto de situaciones estresantes en los cerdos (Sumba, 2024).

Además de los factores ambientales, los cambios en la dieta pueden agravar estas respuestas fisiológicas, siendo así que, una alimentación inadecuada o mal formulada puede generar estrés nutricional, afectando la ingesta de alimento, la absorción de nutrientes y, en consecuencia, el crecimiento y la salud del animal (Aznaran, 2024). Los nutrientes aportados en la dieta de los porcinos deben suplir sus necesidades de acuerdo con la etapa productiva (lechones, cerdas gestantes, recría, levante). Por ello, cada grupo de animales tienen necesidades nutricionales diferentes que deben ser suplidas a través de la alimentación, de lo contrario, los animales pueden entrar en un estado de estrés por falta de nutrientes o en casos más graves un estado catabólico (Cuéllar, 2022).

La buena alimentación de los cerdos es importante dentro del proceso de la producción. Según (Castellanos, 2025) los costos de alimentación constituye uno de los principales gastos en el sistema de producción, este representa entre 60-80% de los costos de producción porcina. Esto no solo tiene implicaciones productivas, sino también ambientales, considerando que el sistema porcino genera impactos significativos en términos de uso de recursos y emisiones (Pazmiño Sánchez & Ramírez, 2021).

La importancia de una correcta nutrición como estrategia para reducir el impacto del estrés, destaca el valor de monitorear los niveles de cortisol como indicador del estado fisiológico de los animales (Bermeo, 2022).

Además, el adecuado manejo de los alimentos permite que los cerdos tengan una mejor condición física, reduciendo síntomas de estrés acumulativo como pérdida de apetito, trastornos digestivos, fatiga, letargo. Si no se toman medidas correctivas, puede empeorar rápidamente, comprometiendo la barrera intestinal (intestino permeable), causando infecciones sistémicas, inmunosupresión, bajo rendimiento o la muerte (Jalukar, 2024).

Una dieta equilibrada puede favorecer la adaptación de los cerdos a condiciones adversas, optimizando su bienestar y productividad (Churta, 2023), además una alimentación que se ha utilizado de manera alternativa ha sido con la harina de *Tithonia diversifolia*, la cual es conocida comúnmente como "botón de oro" que ha reemplazado parcialmente los ingredientes comerciales, esto con un fin de reducir costos en la alimentación y aprovechar sus propiedades nutricionales (Malavé, 2021). La inclusión de la harina de *Tithonia* se ha estudiado en dietas para diferentes animales y se ha observado que puede ser una alternativa viable y sostenible (Del Pezo, 2022).

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo evaluar cómo la incorporación de dietas nutricionalmente desafiantes a base de *Tithonia diversifolia*, influye sobre los niveles de cortisol en cerdos, considerado un biomarcador clave del estrés.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El cantón Carlos Julio Arosemena Tola se localiza en la parte sur de la provincia de Napo, en la región amazónica de Ecuador. Su posición geográfica se extiende a lo largo de la carretera Puyo - Tena, aproximadamente a 25 kilómetros de la ciudad de Tena, y se erige como la entrada sur a la provincia mediante la vía Troncal Amazónica E-45. El presente análisis se llevó a cabo en una finca situada en el sector Flor del Bosque, cuyas coordenadas geográficas son -1.1132466542486907 de latitud y -77.89226349574402 de longitud (Abril et al., 2022). La actividad porcina de la zona cuenta con 52 criadores, de los cuales 49 poseen animales en el momento del censo el 57,1% (aproximadamente 28 fincas), todas mantienen un sistema de traspatio, la comercialización la realizan principalmente en el mercado local o través de intermediarios (Cayambe Padilla et al., 2022).

### Diseño del Experimento

La edad de los individuos se estimó en un rango de 150 a 180 días (aproximadamente 5 a 6 meses), en concordancia con los registros nacionales que indican que el peso de sacrificio en sistemas de engorde final en Ecuador se sitúa alrededor de los 90 kg a los 150 días (Riofrío Paladines, 2018). Se usaron animales aparentemente sanos, alojados en jaulas individuales dentro de un galpón de diseño abierto, equipados con comederos y bebederos, con una dieta basal o comercial, cuidando su bienestar, siguiendo las recomendaciones éticas establecidas por ANID, (2022).

Se implementó un diseño experimental completamente aleatorizado con medidas repetidas, adoptando un enfoque factorial  $2 \times 2$ , el cual es apropiado para evaluar simultáneamente los efectos de múltiples factores y sus posibles interacciones (Montgomery, 2022). En este estudio se consideraron dos variables independientes: el tipo de dieta (dieta normal y dieta desafiante) y el momento del día (mañana y tarde).

Las muestras biológicas de sangre fueron recolectadas en dos intervalos temporales específicos (08:00 y 16:00 horas) durante los días 1 y 3 del protocolo experimental. El Día 1 se dedicó a la administración de la dieta basal, el Día 2 se reservó para la implementación de la dieta desafiante (sin recolección de muestras), y el Día 3 se llevó a cabo el retorno a la dieta basal. Cada sujeto animal fue sometido a un control individualizado, en el cual se llevaron a cabo comparaciones de los niveles de cortisol pre y post intervención dietética.

### Variables Experimentales

La variable dependiente fue la concentración sérica de cortisol (ng/mL). Las variables independientes fueron el tipo de dieta (normal vs. desafiante) y el momento del día (mañana, 08:00 h; tarde, 16:00 h) y sexo. Se controlaron variables como edad, peso, condiciones ambientales y manejo, para reducir la variabilidad asociada.

### Factores del Estudio

Se definieron tres factores principales:

- Tipo de dieta: dieta basal o comercial (día 1), dieta desafiante (día 2), caracterizada por un perfil de inclusión del 10, 15, 20 y 25 % de harina de *Tithonia diversifolia* y dieta basal o comercial (día 3) volviendo a su consumo habitual.
- Momento del día: muestreo matutino (08:00 h) y vespertino (16:00 h), con el fin de evaluar variaciones circadianas en la secreción de cortisol, dado que esta hormona presenta un ritmo circadiano, con valores más altos en la mañana y disminución hacia la tarde (Arroyo Tardío et al., 2023).
- Sexo: machos y hembras.

Este diseño permitió obtener seis combinaciones por animal: dieta normal-mañana, dieta normal-tarde, dieta desafiante-mañana y dieta desafiante-tarde, cortisol machos y cortisol hembras.

### Dieta de *Tithonia Diversifolia* en cerdos

Para este ensayo se utilizó harina de *Tithonia diversifolia* (botón de oro), a partir de la recolección de las hojas y pecíolos con un tiempo de corte de 60 días, la cual, aporta nutrientes esenciales como proteína vegetal que proporciona aminoácidos importantes para el desarrollo de músculos y tejidos en los animales (Olmo et al., 2022).

**Tabla 1.-** Composición Bromatológica de *Tithonia diversifolia*.

Edad	Humedad	MS	Ceniza	EE	Proteína	Fibra	ELN
60 días	13,11%	86,89%	13,86%	2,6%	25,22%	8,86%	36,35%

**Nota.** Materia Seca (MS), Extracto Etéreo (EE), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).

Durante el protocolo experimental de tres días, todos los cerdos recibieron una ración de 4 kg (08:00), bajo condiciones controladas. En el día 1 y el día 3 se les proporcionó una dieta basal estándar, mientras que en el día 2 se introdujeron dietas nutricionalmente desafiantes con diferentes niveles de inclusión: el grupo A recibió una dieta con 10% de desafío, el grupo B con 15%, el grupo C con 20%, y el grupo D con 25%, mientras que el grupo control mantuvo la dieta basal en los tres días.

La harina de forraje de *Tithonia diversifolia*, incluida hasta en un 15 % en dietas para cerdos en crecimiento, mostró una digestibilidad de proteína bruta cercana al 59–74 % y energía digestible adecuada, lo que sugiere su viabilidad como fuente alternativa de proteína (Acosta Lozano et al., 2020).

### Toma de muestra de sangre

Durante el procedimiento clínico, se utilizó una técnica de inmovilización física mediante el empleo de lazo metálico alrededor del hocico del cerdo, el cual fue asegurado a una estructura fija para restringir el movimiento de manera segura (Casanovas, 2008). Esta estrategia permitió realizar la intervención sin generar estrés excesivo, garantizando la estabilidad del animal y la seguridad del personal (Guerrero, 2019). Para la toma de muestras de sangre, se identificó el tubo de recolección (OIE, 2018). Se localizó la vena cava craneal, se desinfectó la zona con alcohol al 70%. Se extrajeron 5 mL de sangre, directamente en un tubo con tapa roja sin anticoagulante. Las muestras se mantuvieron protegidas de la luz solar y se almacenaron en una hielera de transporte a 4-8 °C. Posteriormente, se transportaron al laboratorio de la Universidad Regional Amazónica Ikiam dentro de las 24 horas posteriores a la extracción (Agrocalidad, 2018).

### Preparación de muestras

En el laboratorio, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos para obtener suero sanguíneo. Se extrajo el suero con una pipeta pasteur, y se colocó en tubos eppendorf de 2 mL, previamente etiquetados con datos del paciente, que se utilizó para el análisis de los niveles de cortisol.

Se utilizó la técnica de Inmunoensayo de Fluorescencia (FIA) para la determinación cuantitativa de cortisol en suero. La prueba utiliza un método de inmunodetección competitivo, de tal manera que el anticuerpo en el tampón de detección se une al cortisol en la muestra de sangre. Cuando la mezcla de sangre y el tampón de detección migran a través de la nitrocelulosa matriz, los complejos antígeno-anticuerpo compiten con el cortisol-BSA covalentemente unido que ha sido inmovilizado en la tira de la prueba. Así, mientras más antígeno cortisol hay en la muestra de sangre, menos se acumulan los complejos antígeno-anticuerpo en la tira de prueba. La intensidad de la señal de fluorescencia en anticuerpo detector refleja la cantidad de antígeno y esta información es procesada por el Lector i-CHROMA™ que da el resultado de la concentración de cortisol en la muestra. El rango de trabajo de i-CHROMA™ Cortisol es de 90 ~ 800 nmol/L (por la mañana: 140 ~ 700 nmol/L; por la tarde: 80 ~ 350 nmol / L). Si el resultado es mayor de 800 nmol /L, debe repetirse la prueba diluyendo la muestra en un factor de 2. (iChroma™Cortisol CFPC - 24– Korea).

### Análisis Cortisol

Para el análisis de Cortisol, se colocó 150 µL de diluyente a un Tubo Detector con gránulo. Cuando el gránulo se disuelve por completo en el Tubo Detector, se convierte en Buffer de detección. Seguidamente, se añadió 30µL del suero con una micropipeta de transferencia al tubo detector-buffer. Se mezcló con pipeteo por 10 veces y agitándolo 10 veces más. Se colocó 75µL de la mezcla y se cargó en el pozo del cartucho. Se insertó en el cartucho la prueba cargada con la muestra en la ranura del i-Chamber a una temperatura ambiente (25°C) por 10 minutos. Se realizó el escaneo insertando el cartucho en el soporte del equipo ichroma™. Se procedió a la lectura de los resultados, los mismos que fueron registrados en la tabla de datos del cortisol.

Los datos obtenidos fueron expresados inicialmente en nmol/L. Para facilitar su interpretación, se realizó una conversión a ng/mL, utilizando el factor de conversión correspondiente. Según la relación establecida, 1

ng/mL equivale a 2.76 nmol/L (i-Chroma™ AFP, 2023). Este ajuste permite expresar todos los resultados en ng/mL.

### Análisis estadístico

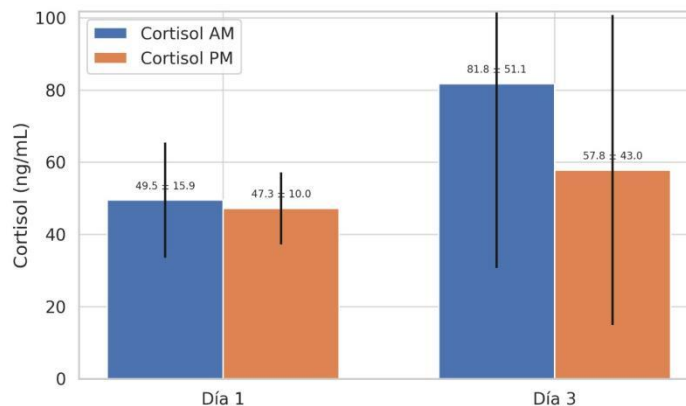
Los datos de concentración sérica de cortisol fueron sometidos a pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas de Levene, confirmando el cumplimiento de los supuestos del modelo. A continuación, se aplicó un análisis de varianza de tres vías (ANOVA de tipo III) para evaluar el efecto del tipo de dieta (normal vs. desafiante), el momento del día (mañana vs. tarde) y el sexo (macho vs. hembra) sobre los niveles de cortisol. Se incluyeron también las interacciones entre los tres factores.

Cuando se identificaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Se consideró un nivel de significancia de  $p < 0.05$  (Infostat, 2020).

## Resultados y discusión

Los niveles de cortisol sérico es un indicador confiable del estado fisiológico del animal ante situaciones de estrés (Thau et al., 2023). En este estudio, se evaluaron los cambios en la concentración de cortisol en cerdos, considerando el efecto de la dieta (basal y desafiante) y el momento del día (mañana y tarde) durante el protocolo de adaptación alimenticia.

De esta manera en la Figura 1, los niveles de cortisol en suero mostraron variaciones entre el día 1 y el día 3 del ensayo. El análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk indicó que las diferencias de cortisol AM entre ambos días seguían una distribución normal ( $p = 0.331$ ), mientras que las diferencias en cortisol PM no fueron normales ( $p = 0.019$ ). El resultado no mostró significancia ( $t = -2.21$ ;  $p = 0.054$ ), indicando una posible tendencia al incremento del estrés en horas de la mañana, pero en la tarde mostraron un descenso leve en los niveles de cortisol del día 1 al día 3 ( $47.3 \pm 10.0$  a  $57.8 \pm 43.0$  ng/mL); sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.922$ ), lo que indica una estabilidad en la respuesta matutina y vespertina al estrés durante el periodo evaluado.



**Figura 1.** Niveles de cortisol matutino (AM) y vespertino (PM) en días 1 y 3.

Los resultados de esta investigación mostraron que los niveles de cortisol en cerdos, medidos entre el primer y tercer día del ensayo, se mantuvieron relativamente estables. Se observó una ligera tendencia al incremento

en horas de la mañana y un pequeño descenso en la tarde, pero ninguna de estas variaciones fue estadísticamente significativa. Esto, sumado a los valores de normalidad obtenidos ( $p = 0.331$  para la mañana y  $p = 0.019$  para la tarde), indica que el eje hipotálamo–hipófisis–adrenal no se activó de forma intensa en estos animales, lo cual sugiere que se adaptaron progresivamente al entorno en el que estaban alojados (Sumba, 2024).

Este tipo de respuesta controlada contrasta con lo observado en otros estudios sobre cerdos, especialmente en contextos más exigentes o menos regulados. Siendo así que, Martín et al. (2013) documentaron un aumento claro en los niveles de cortisol salival después del pesaje. Lo interesante es que los animales alojados en pisos de hormigón convencional mostraron una respuesta mucho más intensa que los que estaban en recubrimientos epóxicos, demostrando cómo el entorno físico influye directamente en el nivel de estrés que experimenta cada cerdo (Martín, et al., 2013).

Algo similar ocurre con el estrés térmico, trabajo de Escribano et al. (2023), en donde se encontró que mientras el cortisol en el pelo no cambió mucho, la cortisona sí disminuyó significativamente en animales que contaban con sistemas de refrigeración. Esto no solo muestra una forma más sutil de adaptación, sino que también habla de lo útil que puede ser trabajar con distintas matrices biológicas cuando se busca entender el estrés de forma más integral (Escribano et al., 2023). Otros estudios sugieren la utilidad de otros fluidos biológicos, como la saliva, para la medición de biomarcadores de estrés en cerdos, ya que representa una herramienta eficaz, menos invasiva y confiable para evaluar su estado fisiológico ante diferentes condiciones ambientales o de manejo (Giergiel et al., 2021).

Un aspecto que también vale la pena considerar es el papel de la dieta, ya que, se ha observado que los alimentos funcionales, como los prebióticos y postbióticos, ayudan a reducir el cortisol, especialmente en momentos críticos como el transporte o el destete (Jalukar et al., 2023). El uso de probióticos (CELMANAX™), mejoró la calidad del calostro y fortaleció el sistema inmunológico de los lechones, disminuyendo así la activación del eje HHA frente a factores de estrés externos, así como las dietas enriquecidas con carbohidratos funcionales ayudaban a reducir los niveles de cortisol a minimizar la inflamación intestinal en escenarios intensivos (Danielo et al., 2020).

En conjunto, el contraste entre estas investigaciones evidencia que la dinámica del cortisol en porcinos está altamente condicionada por el tipo de estímulo (agudo vs. crónico), el diseño experimental, las condiciones de alojamiento y la matriz analítica empleada. La ausencia de significancia estadística en el presente ensayo podría reflejar una baja intensidad de estrés ambiental o una capacidad de adaptación eficiente en los animales evaluados, información que resulta útil para validar protocolos de bienestar animal bajo esquemas de producción tecnificada (Sumba, 2024).

### Consumo de alimento y cortisol

Por otra parte, en la Tabla 2, se analizó la asociación entre el consumo total de alimento durante el día 2 y los niveles de cortisol en ese mismo día. Debido a la falta de normalidad en las variables de cortisol, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman. No se observó una correlación significativa entre el consumo total y el cortisol AM ( $\rho = 0.055$ ;  $p = 0.881$ ), ni con el cortisol PM ( $\rho = 0.20$ ;  $p = 0.580$ ). Estos resultados sugieren que, en este estudio, el consumo de alimentos no estuvo directamente influenciado por los niveles de cortisol

sérico. Sin embargo, investigaciones previas han mostrado que el cortisol puede afectar el comportamiento alimentario en cerdos, especialmente en condiciones prolongadas de estrés (Cortés Romero et al., 2018).

**Tabla 1.-** Asociación entre el consumo total de alimento y los niveles de cortisol en la mañana y tarde.

Variable correlacionada	CV	Valor p	Significancia
Consumo total vs Cortisol AM	0.055	0.881	NS
Consumo total vs Cortisol PM	0.20	0.580	NS

**Nota.** Mañana (AM), Tarde (PM), Coeficiente de Variación (CV) y No significancia (NS).

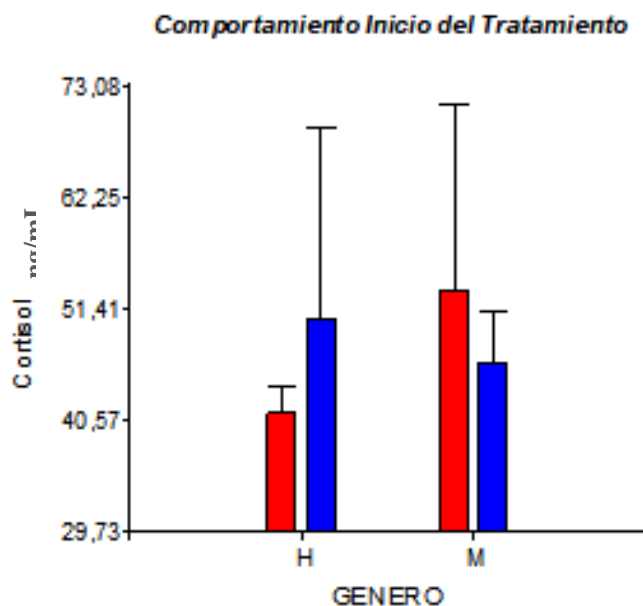
Con estos resultados, se evidenciaron niveles de cortisol sérico relativamente estables, sin variaciones significativas entre días, horarios y dietas. Esta estabilidad hormonal sugiere que los animales lograron una adecuada adaptación al entorno experimental, sin activación marcada del eje hipotálamo–hipófisis–adrenal (HHA), lo cual es indicativo de un manejo controlado y libre de estímulos estresantes relevantes (Sumba, 2024).

Al contrastar estos hallazgos con investigaciones que han evaluado el uso de *Tithonia diversifolia* (botón de oro) como alternativa alimenticia, se observan diferencias fisiológicas interesantes. En el estudio de Churta Valencia (2023), se analizó la inclusión de harina de botón de oro (HBO) en dietas de cerdos de engorde en proporciones del 5%, 10% y 15%. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la morfometría del tracto gastrointestinal ( $p > 0.05$ ), los animales que recibieron el 15% de HBO presentaron mayores pesos en el estómago y el ciego, lo que podría reflejar una mayor actividad digestiva y una adaptación funcional al nuevo tipo de forraje. Por su parte Ruiz (2014) reportaron que la inclusión de hasta un 10% de harina de *Tithonia diversifolia* en dietas para cerdos en crecimiento y ceba permitió ganancias de peso de hasta 528 g/día, sin comprometer el estado fisiológico ni el bienestar animal. Además, se observó una mejora en el estado sanitario general, posiblemente relacionada con los metabolitos secundarios presentes en la planta, como taninos y flavonoides, conocidos por sus efectos antiinflamatorios y antioxidantes (González et al., 2014).

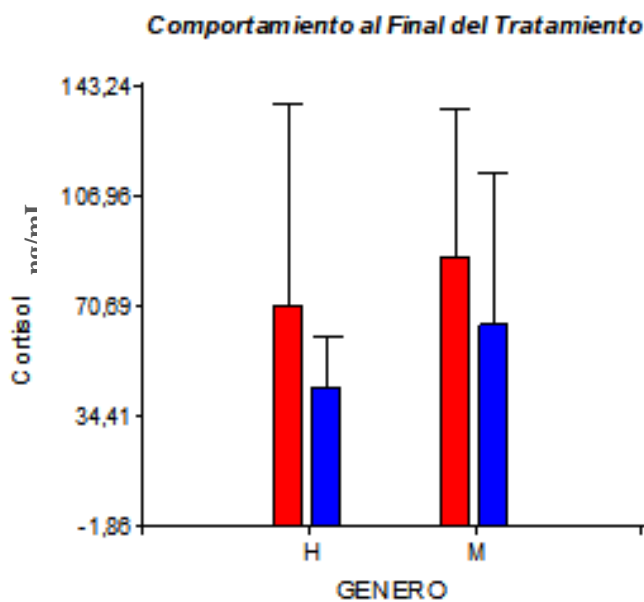
A diferencia de las dietas convencionales, que tienden a mantener el cortisol en rangos estables debido a la homogeneidad de sus ingredientes, las dietas con *Tithonia diversifolia* podrían inducir modulaciones endocrinas más activas, especialmente si se considera su alto contenido de proteína cruda (hasta 24%), su fibra digestible y sus compuestos bioactivos con propiedades funcionales (Castaño et al., 2024). Además, el uso de botón de oro en forma de harina o forraje fresco ha demostrado ser una estrategia viable para reducir los costos de producción, mejorar la eficiencia alimenticia y mantener el bienestar animal, lo que la convierte en una alternativa prometedora frente a los sistemas convencionales basados en concentrados comerciales (Del Pezo, 2022).

### Comportamiento de cortisol vs Género

En cuanto al comportamiento del estrés de los cerdos machos y hembras estudiados, se utilizó principalmente la variable género para comparar la posible relación entre ellos, lo que concluyó en un resultado estadísticamente no significativo ( $p = 0,5692$ ), y en un modelo global tampoco significativo según el análisis de varianza tanto al inicio como al final del tratamiento (Figura 2 y 3).



**Figura 2.-** Comportamiento inicial de cerdos machos y hembras en el tratamiento.



**Figura 3.-** Comportamiento final de cerdos machos y hembras en el tratamiento.

Estos hallazgos muestran que en este estudio, el género no representó un factor determinante en la respuesta fisiológica al cambio en la alimentación, ya que las concentraciones de cortisol se mantuvieron similares entre

machos y hembras tanto en el inicio como al finalizar el tratamiento y no mostraron variaciones significativas tras la introducción de la dieta desafiante (Sumba, 2024; Sánchez Gil, 2024).

Esto coincide con lo reportado con Saco et al. (2023), quienes evaluaron distintos biomarcadores salivales de estrés en cerdos y se observaron que hubo diferencias significativas entre hembras y machos durante etapas específicas de crecimiento. Al igual que, el estudio de Martínez et al. (2016) señalan que en situaciones de manejo controlado, los niveles de cortisol en cerdos no dependen tanto del sexo, sino más bien de factores como el ambiente, la forma en que se maneja al animal, sus experiencias previas o su posición en la jerarquía del grupo pueden influir mucho más en la respuesta endocrina al estrés que el hecho de ser macho o hembra.

Estudios realizados por (Licona, 2020) sobre cerdas reproductoras reportan una mayor vulnerabilidad al estrés térmico y dietético, debido a sus elevados requerimientos metabólicos durante la preñez y la lactancia. Se ha observado que hembras sometidas a altas temperaturas presentan disminución en la ingesta de alimento, aumento de temperatura corporal y alteraciones en la liberación de cortisol, lo cual repercute directamente en la eficiencia reproductiva y en la viabilidad de los lechones. Además, el estrés crónico durante la preñez puede causar incremento sostenido de cortisol en hembras, afectando negativamente la implantación embrionaria y elevando la tasa de mortalidad prenatal. Estos efectos no se evidencian con igual intensidad en machos adultos, lo que respalda la idea de que la sensibilidad al estrés depende tanto del sexo como de la etapa fisiológica (Cubillos, 2014).

Adicionalmente, en estudios sobre síndrome de estrés porcino (PSS), (Bonelli & Schifferli, 2001) identificaron que si bien el cortisol es un marcador común, las diferencias más notables entre individuos están vinculadas con factores genéticos y con la susceptibilidad al estrés muscular agudo, pero no se correlaciona directamente con el género, sino con la línea genética y el ambiente de manejo.

## Conclusiones

Los cerdos sometidos al protocolo de adaptación alimenticia con dietas desafiantes mostraron una respuesta hormonal estable, sin alteraciones significativas en los niveles de cortisol a lo largo del ensayo, logrando adaptarse de forma eficiente, sin evidenciar signos de estrés agudo ni crónico.

El análisis de la relación entre la ingesta de alimento y el cortisol reveló que el comportamiento alimentario no fue influenciado por el estado endocrino, además, los animales mantuvieron su consumo, lo que demuestra que bajo condiciones controladas pueden conservar su equilibrio circadiano.

Si bien en este estudio no se observaron variaciones marcadas con la dieta desafiante (*Tithonia diversifolia*), una formulación más compleja podría impactar positivamente en el sistema endocrino y digestivo, abriendo oportunidades para mejorar el bienestar animal sin comprometer la productividad.

## Agradecimientos

Agradecemos sinceramente al grupo de estudiantes de Morfofunción III-G01 conformado por Denisse Chuquimarca, Iris Chamorro, Valeria Bolaños, Valeria Escobar, Ana Cordova, Andrea Lara, Esther Grefa, Juan Gutierrez y Alejandro Aman de la carrera de Medicina Veterinaria y Manejo de Vida Silvestre, por su participación activa y comprometida durante el desarrollo metodológico y el trabajo de campo. Extendemos

también un reconocimiento especial a estudiantes de Morfofunción IV y técnico responsable del laboratorio de Morfofunción Animal - Sala de Bioaprendizaje, cuyo acompañamiento y asistencia fueron fundamentales para garantizar el adecuado manejo de muestras y la ejecución experimental del presente estudio.

## Referencias

- Abril, R. V., Villacis, E. A., & Tapuy, D. (2022). Visor Redalyc - Germinación y crecimiento de *Sterculia* colombiana en Arosemena Tola, Napo, Ecuador1. Redalyc. Retrieved July 21, 2025, from <https://www.redalyc.org/journal/437/43774024015/>
- Acosta Lozano, N. V., Ortiz Nacaza, P. C., Gónzales Asencio, M. F., & Andrade Yucailla, V. C. (2020). Evaluación de la digestibilidad in vivo y concentración energética de dietas para cerdos en crecimiento y ceba con inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia*. Killkana Técnica. [https://killkana.ucacue.edu.ec/index.php/killkana\\_tecnico/article/view/593](https://killkana.ucacue.edu.ec/index.php/killkana_tecnico/article/view/593)
- Agrocalidad. (2018). TOMA DE MUESTRA PARA EL LABORATORIO DE BIOLOGÍA MOLECULAR-DIAGNÓSTICO ANIMAL. Agrocalidad. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ht12.pdf>
- Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). (2022). Bases Concurso Nacional de Proyectos FONDECYT Regular 2022. Santiago, Chile. <https://s3.amazonaws.com/documentos.anid.cl/fondecyt/2022/regular/BasesRegular2022.pdf>
- Arroyo Tardío, P., Baldini, G., & Seelig, E. (2023). Food-induced cortisol secretion is comparable in lean and obese male subjects. PubMed Central. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10305480/>
- Aznaran, W. A. (2024). Evaluación de un aditivo proteasa más probiótico en la dieta de cerdos en la etapa de recría. UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN. <https://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/20.500.14067/10560>
- Bermeo, B. M. (2022). Efecto de tres niveles de calidad de alimento balanceado (premium, económico y artesanal) sobre el comportamiento productivo de cerdos en etapa de preceba. UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABI. <http://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5130>
- BONELLI, M., & SCHIFFERLI, C. (2001). Síndrome Estrés Porcino. SciELO Chile. Retrieved July 21, 2025, from [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-732X2001000200001](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2001000200001)
- Casanovas, C. (2008). Inmovilización de cerdos con una sola persona. 3tres3. [https://www.3tres3.com/latam/articulos/inmovilizar-cerdos-con-una-sola-persona\\_10544/](https://www.3tres3.com/latam/articulos/inmovilizar-cerdos-con-una-sola-persona_10544/)
- Castaño, A., Barragan, A., Macheha, L., & Angulo, J. (2024). Revisión de la calidad nutricional de botón de oro y de afrecho de yuca para la producción de ensilajes en ganadería de leche. Scribd. <https://es.scribd.com/document/791884307/Castano-Jimenez-G-a-barragan-Hernandez-W-a-2>
- Castellanos, E. (2025). Importancia del control continuo de la Conversión Alimenticia en una granja porcina. Más porcicultura. <https://masporcicultura.com/importancia-del-control-continuo-de-la-conversion-alimenticia-en-una-granja-porcina/>

- Cayambe Padilla, M. A., Viamonte Garcés, M. I., & Orlando Caicedo, W. (2022). Sistemas de manejo de la producción porcina. Caso: Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Ecuador. SciELO - Scientific Electronic Library Online. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2542-30882022000200004](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2542-30882022000200004)
- Churta, J. A. (2023). Caracterización morfométrica del tracto gastrointestinal de cerdos de engorde alimentados parcialmente con harina de botón de oro. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5754?mode=full>
- Cortés Romero, C. E., Noriega, A. E., Ruiz, J. C., Rodríguez, G. S., Reboredo, T. B., & Pliego, M. V. (2018). Estrés y cortisol: implicaciones en la ingesta de alimento. SciELO. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03002018000300013&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002018000300013&lng=es&nrm=iso)
- Cubillos, R. (2014). Centro de Información de actividades porcinas. Centro de Información de actividades porcinas. <http://200.7.141.37/Sitio/Archivos/Gestion%20tecnica%20y%20economica%20en%20granjas%20porcinas.pdf>
- Cuéllar, J. A. C. (2022). Estrés ambiental en porcinos y estrategias de prevención. Veterinaria Digital. Retrieved July 2, 2025, from [https://www.veterinariadigital.com/articulos/estres-ambiental-en-porcinos-y-estrategias-de-prevencion/#Estres en porcinos definicion y fases de desarrollo](https://www.veterinariadigital.com/articulos/estres-ambiental-en-porcinos-y-estrategias-de-prevencion/#Estres%20en%20porcinos%20definicion%20y%20fases%20de%20desarrollo)
- Danielo, J., McCarty, K.J., Tipton, J.E., Ricks, R.E., & Long, N.M. (2020). Effects of post-weaning supplementation of immunomodulatory feed ingredient on body weight and cortisol concentrations in program-fed beef heifers. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0739724019301067?via%3Dihub>
- Del Pezo, A. (2022, October 17). Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: Análisis documental de la perspectiva del multiuso de la planta botón de oro Tithonia diversifolia para la alimentación animal. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena. Retrieved July 21, 2025, from <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8733>
- EFSA. (2022). Welfare of pigs during transport. Efsa. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2022.7445>
- Estrada, A. M. (2022). EVALUACIÓN DE SELENIO ORGÁNICO SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN CERDOS DE ENGORDA. Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México. <http://51.143.95.221/handle/TecNM/7887>
- Giergiel, M., Olejnik, M., Jablonski, A., & Posyniak, A. (2021). The Markers of Stress in Swine Oral Fluid. PubMed Central. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8775724/>
- González, C., Hessberg, C., & Narváez, W. (2014). Características Botánicas de Tithonia diversifolia (asterales: asteraceae) Y su uso en la alimentación animal Botánica Chara. SciELO Colombia. Retrieved July 21, 2025, from <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v18n2/v18n2a04.pdf>

- Guerrero, P. (2019). Untitled. SAG. [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/gbp-ba\\_produccion\\_cerdos\\_mayo-2019.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/gbp-ba_produccion_cerdos_mayo-2019.pdf)
- i-Chroma™ AFP. (2023). Manual de pruebas iCHROMA. Labindustrias. <https://labindustrias.com/wp-content/uploads/2023/09/Manual-de-Pruebas-de-iChroma-actualizado-2024.pdf>
- Jalukar, S. (2024). Estrés – Tipos, efectos y estrategias de mitigación. NutriNew. <https://nutrinews.com/estres-salud-productividad-aves-cerdos/>
- Licon, F. J. (2020). Efecto de estrés por diferentes factores en cerdas lactantes: Revisión de Literatura. Biblioteca Digital – Zamorano. Retrieved July 21, 2025, from [https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Efecto\\_de\\_estr%C3%83%C2%A9s\\_por\\_diferentes\\_factores\\_en\\_cerdas\\_lactantes\\_Revisi%C3%83%C2%B3n\\_de\\_Literatura.pdf](https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Efecto_de_estr%C3%83%C2%A9s_por_diferentes_factores_en_cerdas_lactantes_Revisi%C3%83%C2%B3n_de_Literatura.pdf)
- Malavé, D. (2021). Evaluación del comportamiento productivo en cerdos en crecimiento alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6322>
- Martínez Miró, S., Tecles, F., Ramón, M., Escribano, D., Hernández, F., Madrid, J., Orengo, J., Martínez Subiela, S., Manteca, X., & Cerón, J. J. (2016). Causes, consequences and biomarkers of stress in swine: an update. NIH. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27543093/>
- Montgomery, D. C. (2022). (PDF) Design and Analysis of Experiments, 9th Edition. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/362079778\\_Design\\_and\\_Analysis\\_of\\_Experiments\\_9th\\_Edition](https://www.researchgate.net/publication/362079778_Design_and_Analysis_of_Experiments_9th_Edition)
- Nacional Centre for the Replacement Refinement & Reduction of Animals in Research. (2013). Blood sampling: Pig. NC3Rs. <https://nc3rs.org.uk/3rs-resources/blood-sampling/blood-sampling-pig>
- Organización mundial de sanidad animal (OIE). (2018). Manual de recolección, conservación y envío de muestras al laboratorio para diagnóstico de enfermedades comunes de los animales. WOAH. [https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Animal\\_Health\\_in\\_the\\_World/docs/pdf/Self-declarations/Archives/Anexo\\_4\\_Manual\\_de\\_toma\\_y\\_remision\\_de\\_muestras.pdf](https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/Self-declarations/Archives/Anexo_4_Manual_de_toma_y_remision_de_muestras.pdf)
- Pazmiño Sánchez, M. L., & Ramírez, Á. (2021). Evaluación del desempeño ambiental de la producción de carne de cerdo en una granja y una planta de faenamiento ubicadas en la provincia de Santa Elena con una perspectiva de ciclo de vida. Espol. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52613>
- Riofrío Paladines, G. R. (2018). Evaluar la influencia del número de partos en los parámetros productivos y reproductivos de la Granja Porcina “Buenos Aires”. año 2016. Google Scholar. [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=qhAXx0kAAAAJ&citation\\_for\\_view=qhAXx0kAAAAJ:u5HHmVD\\_uO8C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=qhAXx0kAAAAJ&citation_for_view=qhAXx0kAAAAJ:u5HHmVD_uO8C)
- Ruiz, A. (2014). Biodiversidad, servicios ecosistémicos y el reto de la inclusión. Universidad Técnica de Loja.
- Saco, Y., Peña, R., Quintanilla, M. M., Ibáñez López, F. J., Piñeiro, M., Sotillo, J., Bassols, A., & Gutiérrez, A. M. (2023). Influence of the circadian cycle, sex and production stage on the reference values of

- parameters related to stress and pathology in porcine saliva. BMC. <https://porcinehealthmanagement.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40813-023-00337-7>
- Sumba, C. J. (2024). Determinación de valores de cortisol sérico en cerdos (*Sus scrofa domesticus*) aparentemente sanos a condiciones de altitud mediante la técnica de ELISA. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27898?mode=full>
- Tang, X. (2022). Estrés por destete y salud intestinal de los lechones: una revisión. Frontiers. <https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2022.1042778/full>
- Thau, L., Ganghi, J., & Sharma, S. (2023). Physiology, Cortisol - StatPearls. NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538239/>
- Vargas, Y. (2024, 11 26). Publicación: Manual para el manejo de gestación y maternidad en la granja porcícola Villa Sarai. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/bad63129-7080-4d9e-92c3-2ff8b4d2e665>
- Wilhelmsson, S., Hemsworth, P. H., Andersson, M., Yngvesson, J., Hemsworth, L., & Hultgren, J. (2024). La formación de los conductores de transporte mejora su manejo de los cerdos durante la carga para el transporte al matadero. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731124000466>
- Zambrano, M. J. (2022). Manejo integral de la maternidad en el ganado porcino. Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13353>