



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica

Estrategias nutricionales y rendimiento productivo en pollos de carne
criados bajo condiciones de estrés calórico

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

Autores

Juan Samuel Alvaro Chavez

Frank Harold Valerio Matos

Asesor

Dr. Félix Esteban Airahuacho Bautista

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Agraria Industrias Alimentarias y Ambiental
/ Escuela zootecnia

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Juan Samuel Alvaro Chavez	76668138	14/10/2024
Frank Harold Valerio Matos	76218819	14/10/2024
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Félix Esteban Airahuacho Bautista	40769786	0000-0001-7484-0449
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Carlomagno Ronald Velásquez Vergara	08471692	0000-0001-7707-4591
Ing. Víctor Israel Tello Alarcón	15707428	0000-0003-4524-6939
M(o). Pedro Martin Ríos Salazar	15591709	0000-0002-4748-5557

Estrategias nutricionales y rendimiento productivo en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
2	ouci.dntb.gov.ua Fuente de Internet	1%
3	repositorio.utm.edu.ec:3000 Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
6	"Evaluación de alternativas en las instalaciones avícolas de pollos de carne para la mejora de las condiciones de confort de los	<1%

DEDICATORIA

Ante todo, a mi familia por su apoyo constante durante esta etapa universitaria, induciéndome la fortaleza necesaria para seguir adelante; a mi padre que está en el cielo el cual me guía y sé que estará orgullo. A mi pareja por ser mi soporte en este proceso y estar conmigo en todo momento.

Juan Samuel Alvaro Chavez

A mis padres por haberme apoyado incondicionalmente toda la etapa universitaria induciéndome los valores de respeto, responsabilidad y honestidad. A mis hermanos Luis y Jesús, a mi abuela Alicia que desde el cielo me guía y protege. Y a todas mis demás familiares y amistades que también formaron parte de este proceso.

Frank Harold Valerio Matos

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por haber permitido culminar la carrera universitaria satisfactoriamente, de antemano a nuestras familias que siempre estuvieron apoyándonos económicamente y emocionalmente. Un agradecimiento muy especial a nuestro asesor el Dr. Félix Airahuacho Bautista quien con su dedicación y paciencia logramos culminar este proyecto de tesis, de igual manera, al Ing. Hilario Pujada Abad por habernos compartido sus experiencias en el desarrollo del proyecto.

Alvaro Chavez Juan Samuel

Frank Harold Valerio Matos

INDICE

Contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
INDICE	4
INDICE DE TABLA	7
INDICE DE FIGURA	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Justificación teórica.....	4
1.4.2. Justificación práctica.....	4
1.4.3. Justificación Social	4
1.4.4. Delimitación del estudio	4
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Estrés por calor en aves de corral	7
2.2.2. Cambios biológicos en el ave de corral por efecto del estrés por calor	8
2.2.3. Mecanismo de termorregulación en aves de corral	10
2.2.4. Estrategias nutricionales para mitigar el estrés por calor	13
2.3. Definición de términos básicos	16
2.3.1. Línea Cobb 500.....	16
2.3.2. Conversión alimenticia.....	16
2.3.3. Termorregulación.....	16
2.3.4. Consumo de alimento	16
2.3.5. Balance electrolítico	16
2.3.6. Peso corporal (g).....	17
2.3.7. Grasa	17

2.3.8.	Retribución económica.....	17
2.3.9.	Estrés por calor.....	17
2.4.	Hipótesis de investigación	17
2.4.1.	Hipótesis general.....	17
2.4.2.	Hipótesis específicas	17
2.4.3.	Operacionalización de las variables.....	19
CAPITULO III. METODOLOGIA		20
3.1.	Gestión del experimento	20
3.1.1.	Ubicación.....	20
3.1.2.	Características del área experimental	20
3.1.3.	Tratamientos.....	21
3.1.4.	Diseño experimental	25
3.1.5.	VARIABLES EVALUADAS.....	25
3.2.	Técnicas para el procesamiento de la información.....	27
CAPITULO IV. RESULTADOS.....		28
4.1.	Peso corporal y ganancia de peso.....	28
	Tratamientos.....	30
4.2.	Consumo de alimento.....	30
	Tratamientos.....	31
4.3.	Conversión alimenticia.....	32
4.4.	Indicadores cárnicos.....	33
4.5.	Retribución económica.....	34
CAPITULO V. DISCUSIONES		36
5.1.	Peso corporal y ganancia de peso.....	36
5.2.	Consumo de alimento.....	37
5.3.	Conversión alimenticia.....	38
5.4.	Indicadores cárnicos.....	39
5.5.	Retribución económica.....	41
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		42
6.1.	Conclusiones	42
6.2.	Recomendaciones	42
CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		43
	Ganancia de peso 15-22 días.....	60
	Ganancia de peso 22-29 días.....	61
	Ganancia de peso 30-36 días.....	61
	Ganancia de peso 37-41 días.....	63
	Consumo de alimento 15 a 29 días	63
	Ingesta diaria promedio de proteína bruta de 15 a 29 días	64
	Ingesta diaria promedio de ELN de 15 a 29 días	66

Consumo de alimento 30 a 41 días	66
Ingesta diaria de proteína bruta de 30 a 41 días.....	67
Ingesta diaria de grasa bruta de 30 a 41 días.....	68
Ingesta diaria de ELN de 30 a 41 días	69
Conversión alimenticia 15 a 41 días.....	70
Rendimiento de pecho	71
Rendimiento de corazón.....	71
Rendimiento de Hígado.....	72
Grasa abdominal	73
Retribución económica.....	74

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Operacionalización de las variables.	19
Tabla 2. Temperatura y humedad relativa en zona experimental.	21
Tabla 3. Composición porcentual y contenido nutricional de las dietas experimentales propuestas para la etapa de crecimiento I.....	23
Tabla 4. Composición porcentual y contenido nutricional de las dietas experimentales propuestas para la etapa de crecimiento II.	24
Tabla 5. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el peso corporal de pollos de engorde desde los 16 hasta los 41 días de edad.	29
Tabla 6. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre la ganancia de peso diario (en cada semana) de pollos de engorde desde los 15 hasta los 41 días de edad.	29
Tabla 7. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el consumo diario de alimento y nutrientes de alimento de pollos de engorde desde los 15 hasta los 29 días de edad.....	31
Tabla 8. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el consumo diario de alimento y nutrientes de pollos de engorde desde los 30 hasta los 41 días de edad.	32
Tabla 9. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre la ganancia de peso, consumo de alimento y la conversión alimenticia durante toda la etapa de evaluación (de 15 a 41 días de edad).....	33
Tabla 10. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre algunos indicadores cárnicos (% con relación al peso corporal antes del sacrificio) de pollos de engorde a los 41 días de edad, Los valores dentro de paréntesis son porcentajes con relación al tratamiento control.....	34
Tabla 11. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre la retribución económica de pollos de engorde a los 41 días de edad.	35

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Diferentes zonas de temperatura ambiente para las aves de corral (modificado de Juiputta et al., 2023)	8
Figura 2. Diagrama esquemático del sistema redox. (A) condiciones termoneutrales, y (B) bajo estrés por calor (modificado de Wasti et al., 2020)	9
Figura 3. Desequilibrio ácido-base en aves de corral sometidas a estrés térmico (modificado de Wasti et al., 2020)	10
Figura 4. Mecanismo de respuesta al estrés térmico y efectos en las aves de corral (modificado de Juiputta et al., 2023)	13
Figura 5. Destino de la energía en las aves de corral (modificado de Zuidhof, 2019).....	14
Figura 6. Reacción del ácido ascórbico en condiciones oxidativas (modificado de Gęgotek y Skrzydlewska, 2022)	15
Figura 7. Ubicación del sitio experimental (Según POWER, 2023).....	20
Figura 8. Representación gráfica del área pre - experimental y experimental.	21
Figura 9. Comparativo de la temperatura ambiental en el galpón experimental con el estándar según Cobb (2022)	25
Figura 10. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el peso corporal de pollos de engorde. El asterisco (*) indica diferencias estadísticas significativas ($p = 0.004$).....	27

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitamina C (vitC) y bicarbonato de sodio (BNa) sobre el rendimiento productivo en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico. **Metodología:** Se consideró a 125 pollos Cobb 500 de 14 días de nacidos. El tratamiento control (T₀) o dieta basal (DB), en base a maíz y torta de soya, fue suplementada con aceite de soya (T₁), vitC (T₂), BNa (T₃) y aceite más vitC más BNa (T₄). Cada tratamiento estuvo formado por cinco replicas y cada replica por cinco pollos. La suplementación de vitC fue de 150 mg por kg de alimento, y el BNa fue utilizado hasta alcanzar un balance electrolítico de 280 mEq/kg. La temperatura en el galpón fue de $29 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ desde los 15 hasta los 41 días de edad. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y la prueba de pos hoc de Tukey. **Resultados:** Se evidenciaron patrones indicativos de un incremento en los pesos corporales a los 22 y 29 días, siendo dicho peso significativamente superior a los 36 días de edad en las aves del T₄. Además, se observó una propensión hacia un incremento de peso en la tercera semana, así como una mayor ganancia diaria en la quinta semana, aunque no se registró esta tendencia en la sexta semana de vida de las aves del T₄. Hubo tendencia de mayor consumo a los 29 días de edad en las aves del T₄, pero no a los 41 días de edad. No hubo diferencias estadísticas para la conversión alimenticia, rendimiento de pecho, corazón y grasa abdominal, pero el peso del hígado fue menor o similar estadísticamente comparado con el T₀ en las aves del T₃ y T₄, respectivamente. **Conclusiones:** El desempeño productivo fue más notable en las aves que recibieron dietas enriquecidas con aceite de soya, vitamina C y BNa, lo cual estaría vinculado a un mayor consumo diario de grasas en la dieta.

Palabras clave: conversión alimenticia, estrés por calor, ganancia de peso, grasa, termorregulación.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of dietary supplementation of soybean oil, vitamin C (vitC) and sodium bicarbonate (BNa) on the productive performance in broilers raised under heat stress conditions. **Methodology:** 125 14-day-old Cobb 500 broilers were used. The control treatment (T0) or basal diet (DB), based on corn and soybean cake, was supplemented with soybean oil (T1), vitC (T2), BNa (T3) and oil plus vitC plus BNa (T4). Each treatment consisted of five replicates and each replicate consisted of five animals. VitC supplementation was 150 mg per kg of feed, and BNa was used until an electrolyte balance of 280 mEq/kg was reached. House temperature was $29 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ from 15 to 41 days of age. The data were analyzed using analysis of variance and Tukey's pos hoc test. **Results:** Patterns indicative of an increase in body weights were evident at 22 and 29 days, with body weight being significantly higher at 36 days of age in T4 birds. Furthermore, a propensity towards an increase in daily weight gain in the third week was observed, as well as a greater daily gain in the fifth week, although this trend was not recorded in the sixth week of life of the T4 birds. There was a trend of higher consumption at 29 days of age in the T4 birds, but not at 41 days of age. There were no statistical differences for feed conversion, breast, heart and abdominal fat yield, but liver weight was statistically lower or similar compared to T0 in T3 and T4 birds, respectively. **Conclusions:** Productive performance was more notable in birds that received diets enriched with soybean oil, vitC and BNa, which would be linked to a greater daily consumption of fat in the diet.

Keywords: feed conversion, heat stress, weight gain, fat, thermoregulation.

INTRODUCCIÓN

Según (Senamhi, 2023) indica que en la costa central del Perú en la época de verano la temperatura ambiental supera los 30° C. Entonces esto ocasiona una disminución del consumo de alimentos y generan mortalidades en pollos de carne que pueden alcanzar 20% de la producción total. Por lo tanto, esto conlleva que el estrés térmico es un problema importante para la industria avícola debido a sus profundos efectos sobre la salud, el bienestar y la productividad de los animales (Mazzoni et al., 2022). El estrés por calor es el resultado de una termorregulación desequilibrada que se verifica cuando los animales producen o ganan más calor con respecto a su capacidad para dispersarlo en el ambiente (Gonzalez-Rivas et al., 2020). Tal condición afecta la fisiología del pollo de engorda determinando múltiples trastornos que involucran los sistemas inmunológico y endocrino, así como desequilibrio electrolítico (González-Rivas et al., 2020). El estrés térmico perjudica drásticamente el rendimiento del crecimiento de los pollos de engorde, principalmente como consecuencia de la reducción de la ingesta de alimento debido a la pérdida de apetito (Mazzoni et al., 2022) con fines de mantener la homeotermia (Andretta et al., 2021).

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El fenómeno del cambio climático mundialmente está experimentando una aceleración a una velocidad sin precedentes, reportándose numerosas olas de calor en diversas partes del mundo, causando grandes pérdidas económicas sobre todo al sector avícola (Salem et al., 2022). Las altas temperaturas ambientales pueden provocar numerosos cambios fisiológicos y metabólicos en los pollos, que repercuten negativamente en su utilidad y su respuesta inmunitaria (Borges et al., 2007).

La incapacidad para hacer frente al entorno a altas temperaturas es conocido como estrés térmico (Polsky y von Keyserlingk, 2017). En los pollos de engorde, la temperatura óptima de producción se encuentra entre 18-22°C, y temperaturas por encima de este rango provocarán estrés térmico (Qaid y Al-Garadi, 2021). En este rango, las aves regulan su temperatura corporal poniéndose en contacto con objetos de menor temperatura (conducción), dilatando aquellos vasos sanguíneos encargados de incrementar el flujo de sangre a la zona de la piel exponiéndolo al aire (convección), y transfiriendo el calor desde el cuerpo al entorno según el aire que lo rodea. Superado la temperatura crítica superior, el enfriamiento evaporativo será utilizado como último mecanismo termorregulador, observándose menos tiempo alimentándose, caminando y de pie, pero más tiempo descansando, bebiendo y jadeando (Mack et al., 2013).

El estrés por calor afectará en los pollos de engorde de forma aguda (olas de calor) o crónica, y ambas formas darán lugar a mortalidades variables y a una disminución del rendimiento (Goel et al., 2021).

La exposición al estrés térmico agudo estimula la médula renal a liberar tanto la adrenalina como la noradrenalina, desencadenando la movilización de distintas fuentes de glucosa, mientras que en el estrés por calor crónico, hormonas hipotalámicas actúan sobre la hipófisis a producir otras hormonas que actuarán sobre la corteza suprarrenal, hígado y tiroides, que juntas ayudan a producir glucocorticoides, ensanchan los vasos sanguíneos, movilizan grasa y proteínas corporales y reducen la inflamación (Juiputta et al., 2023).

Diversas estrategias nutricionales son utilizadas como medidas preventivas contra el estrés térmico. Dietas más energéticas, por la suplementación de aceites o grasas, mejora la digestibilidad, absorción y utilización de nutrientes; y generan menor pérdida de energía por

incremento calórico durante el estrés térmico (Onagbesan et al., 2023). La vitamina C (vitC) es un donante de electrones que es utilizado para combatir los efectos adversos del estrés térmico, como la peroxidación lipídica debida al estrés oxidativo (Pisoschi y Pop, 2015). Las aves pierden electrolitos por el jadeo, y suplementar dietas con bicarbonato de sodio (BNa), adecuada proporcionar Na^+ y HCO_3^- , para equilibrar el balance electrolítico entre 250 y 300 mEq/kg son recomendados en condiciones de estrés por calor.

1.2. Formulación del problema

Basado en la problemática descrita, se formuló lo siguiente:

1.2.1. Problema general

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre el rendimiento productivo de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

1.2.2. Problemas específicos

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre el peso corporal de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre la ganancia de peso de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre el consumo de alimento de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre la conversión alimenticia de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre el rendimiento de pechuga de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre el peso del hígado y corazón de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre la deposición de grasa abdominal de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

¿La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa influye sobre la retribución económica de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre el rendimiento productivo de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre el peso corporal de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre la ganancia de peso de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre el consumo de alimento de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre la conversión alimenticia de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre el rendimiento de pechuga de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre el peso del hígado y corazón de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre la deposición de grasa abdominal de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

Evaluar el efecto de la suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa sobre la retribución económica de pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

La inclusión de grasa disminuye el contenido de carbohidratos en la dieta, lo que disminuiría la producción de calor durante el metabolismo de los nutrientes absorbidos. La vitamina C cumple funciones antioxidantes que protegerían la mucosa intestinal mejorando la absorción de nutrientes, y en condiciones de estrés térmico, aunque las aves la sintetizan, la cantidad de vitC sería limitada (Khan et al., 2012). El equilibrio electrolítico de la dieta influye en la absorción de monosacáridos y aminoácidos, mejorando los rendimientos de los pollos de carne.

1.4.2. Justificación práctica

Más allá de la zona de confort, las temperaturas ambientales tienen un impacto negativo en la productividad de los pollos y pueden conducir a la falta de uniformidad en el lote. Por ello los avicultores tendrán nuevos insumos en la formulación de la dieta durante la época del verano para aminorar los efectos del estrés calórico en el rendimiento productivo de los pollos de carne.

1.4.3. Justificación Social

La inclusión de aceite de soya, VitC y BNa en la dieta alimenticia del pollo de carne, favorecerá principalmente a los pequeños y medianos productores de pollos de carne, que no cuentan con instalaciones adecuadas para mitigar el estrés calórico. Además, permitirá desarrollar nuevos proyectos de investigación sobre el tema.

1.4.4. Delimitación del estudio

Este experimento fue realizado en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Escuela de Ingeniería Zootécnica, el centro experimental de crianza de aves. El estudio fue realizado de junio a julio del 2023.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Andretta et al. (2021) desarrollaron un metaanálisis para modelizar la depresión del rendimiento en el estrés térmico y evaluar la correlación entre el balance electrolítico dietético y el estrés térmico en pollos de engorde. Los modelos mostraron que, para la fase inicial, sólo la ganancia de peso estaba influenciada por el estrés térmico. Se observó una disminución del 1,4% en la ingesta diaria y del 2,1% en el incremento de peso por cada grado Celsius mayor a la temperatura crucial superior en pollos de engorde mayores de 21 días. Sin embargo, el estrés por calor no afectó la eficiencia de conversión alimenticia. El estrés térmico constante resultó ser más negativa que el estrés térmico cíclico para el rendimiento productivo después de los 21 días de edad. Se concluyó que dicho estrés daña más a los pollos de más de 21 días de edad, aunque la conversión nutritiva no fue afectada. El consumo de alimento es la variable más importante afectada por el estrés por calor y la relación entre el BE de la dieta y el estrés por calor es muy débil.

Lopes et al. (2020) analizaron los impactos del nivel bajo de suplementos de vitC (0, 2,5, 5 y 10 mg/kg alimento) sobre el rendimiento, el peso relativo de los órganos y el metabolismo mitocondrial de las células hepáticas en pollos de engorde después de un retraso en las condiciones de alojamiento. Los resultados demostraron que la suplementación dietética con vitC tuvo un impacto beneficioso sobre características como el incremento de peso y conversión de alimento al inicio. La introducción de ácido ascórbico polietoxilado en las dietas de la fase de pre-inicio que puede potenciar el rendimiento, especialmente en situaciones de demora en el alojamiento de los pollos de un día de edad.

Rodrigues et al. (2019) evaluaron las posibles interacciones y efectos del BE de la dieta y el acondicionamiento térmico temprano sobre el desarrollo productivo de pollos de engorde sometidos a estrés térmico crónico o agudo. Las aves fueron distribuidas en el experimento I (estrés térmico crónico, 6h/día a 32°C de 35 a 39 días) y II (estrés térmico agudo, 36°C durante 6h a los 38 días). Las aves expuestas a estrés térmico agudo presentaron valores superiores en comparación con el estrés térmico crónico. El BE (250 y 300 mEq/kg en la fase inicial, crecimiento I y II, correspondientemente) resultó en una humedad fecal significativamente mayor. Se logró un menor porcentaje de grasa abdominal en las aves expuestas a estrés térmico crónico en relación con las expuestas a estrés térmico agudo.

Egbuniwe et al. (2018) evaluó los efectos moduladores de la betaína y vitC en los comportamientos productivos de las aves de engorde durante la estación cálida y seca. Los grupos experimentales fueron: el grupo I (control) recibió diariamente agua esterilizada; grupo II, betaína a 250 mg / kg; grupo III, vitC (50 mg / kg) y grupo IV, betaína (250 mg / kg) más vitC (50 mg / kg), por vía oral durante 41 días. La suplementación con betaína y / o vitC disminuyó la conversión alimenticia y aumento el peso. Durante el crecimiento, la suplementación con betaína, sola o con vitC redujo la conversión nutritiva y la ingesta de alimentos, mientras que la suplementación con vitC redujo el consumo de alimento, comparado al control.

Ajakaiye et al. (2011) Se examinaron los impactos de las elevadas temperaturas, humedad referente y el índice del rendimiento productivo de gallinas ponedoras de 39 semanas, que recibieron suplementos de vitC y vitE. El grupo de control recibió la dieta básica, mientras que los demás tratamientos incluyeron la misma dieta básica complementada con 150 mg/kg de vitC, 150 mg/kg de vitE, y una mezcla de 150 mg/kg de vitC y 150 mg/kg de vitE. Se observó un aumento en la producción de huevo por ave y un índice de postura más alto en cada grupo tratado comparado con el grupo de control. No obstante, se registraron diferencias reveladoras en el consumo y la conversión alimenticia entre los grupos dados y el grupo de control. La adición de 150 mg de vitC y/o 150 mg de vitE a la dieta resultó en una mejor productividad de gallinas ponedoras expuestas al estrés calórico.

Ghazalah et al. (2008) evaluaron los efectos de distintos niveles de energías metabolizables (EM) y grasa avícola en la productividad de aves de engorde durante la estación calurosa de verano (29 - 36 °C y 50 - 60% H). Los resultados mostraron que la masa corporal, el incremento de peso e índice de conversión de alimentos mejoraron con niveles elevados de EM o de grasa aviar. El coeficiente de digestión tanto de la proteína bruta como del extracto etéreo mejoró significativamente cuando los pollos se sometieron a dietas que contenían elevados niveles de EM o de grasa avícola. Los valores de grasa abdominal aumentaron con niveles elevados de EM o grasa de ave. Los autores sugieren aumentar la EM de la dieta por encima del nivel recomendado y añadir grasa hasta un 5 % de la dieta para aliviar los efectos secundarios del estrés térmico.

Borges et al. (2004), usando pollos de engorde machos Cobb, de 44 días de edad y enjaulados individualmente, evaluaron los impactos del estrés por calor y el balance electrolítico de la dieta (BE), a partir de 1 día de edad. Durante la cría estival, la mortalidad fue

variable, pero el BE 240 mejoró el crecimiento, el índice de conversión de alimentos, el consumo de agua y la relación agua: alimento frente al BE 0. El estrés térmico redujo el Na, K y pCO₂ en sangre, así como los linfocitos, pero aumentó los heterófilos. El HCO₃⁻ sanguíneo aumentó, el Cl disminuyó y el hematocrito mostró un patrón cóncavo (el más bajo a BE 120) a medida que aumentaba el BE. El BE 120 dio los tiempos más largos de jadeo y postración con BE 0 y 240 resultados más bajos pero similares estadísticamente. En estrés por calor, el BE 360 fue excesiva, el BE 120 y 240 fueron favorables, y el BE 0 fue intermedia basándose en las respuestas de hematología, jadeo y postración.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Estrés por calor en aves de corral

El estrés térmico es un factor importante del estrés ambiental en la industria avícola, que provoca importantes pérdidas económicas (Wasti et al., 2020). El estrés térmico es la respuesta del organismo a su incapacidad para hacer frente al entorno a altas temperaturas que superan su capacidad para regular su temperatura corporal (Juiputta et al., 2023). El estrés térmico está causado por cambios en el entorno del animal, la temperatura, humedad concerniente, la radiación del sol, la rapidez del viento y la tasa metabólica del cuerpo del animal (Gonzalez-Rivas et al., 2020).

Controlar tanto la temperatura como la humedad es necesario para el confort térmico de todos los seres humanos y no humanos (Sultan et al., 2018).

Según Bondi (1988): Las aves son animales que tienen la sangre caliente y la temperatura de su cuerpo es constante, suele ser superior a la del ambiente. Como consecuencia, se produce un flujo de calor del animal a su entorno. Dentro de cierto intervalo de temperaturas ambientales, el calor producido en el metabolismo normal de los animales en reposo es mínimo y suficiente para compensar esta pérdida de calor. Este intervalo se denomina zona de confort o intervalo de neutralidad térmica (Figura 1). En la zona de confort, la temperatura corporal se encuentra regulada fisiológicamente por la constricción o dilatación del vaso sanguíneo periférico y por cierta sudoración, representando un gasto mínimo de energía. Los límites inferior y superior de la zona de confort se denominan temperaturas críticas inferior y superior, respectivamente. A temperaturas bajas, los animales tiemblan para regular su temperatura, mientras que a temperaturas altas, jadean, aumentando la frecuencia respiratoria. Además, se pierde gradualmente la capacidad de termorregulación. El jadeo y el tiritar requieren más energía que la regulación del flujo de sangre periférica y el sudar (Bondi, 1998, p.353).

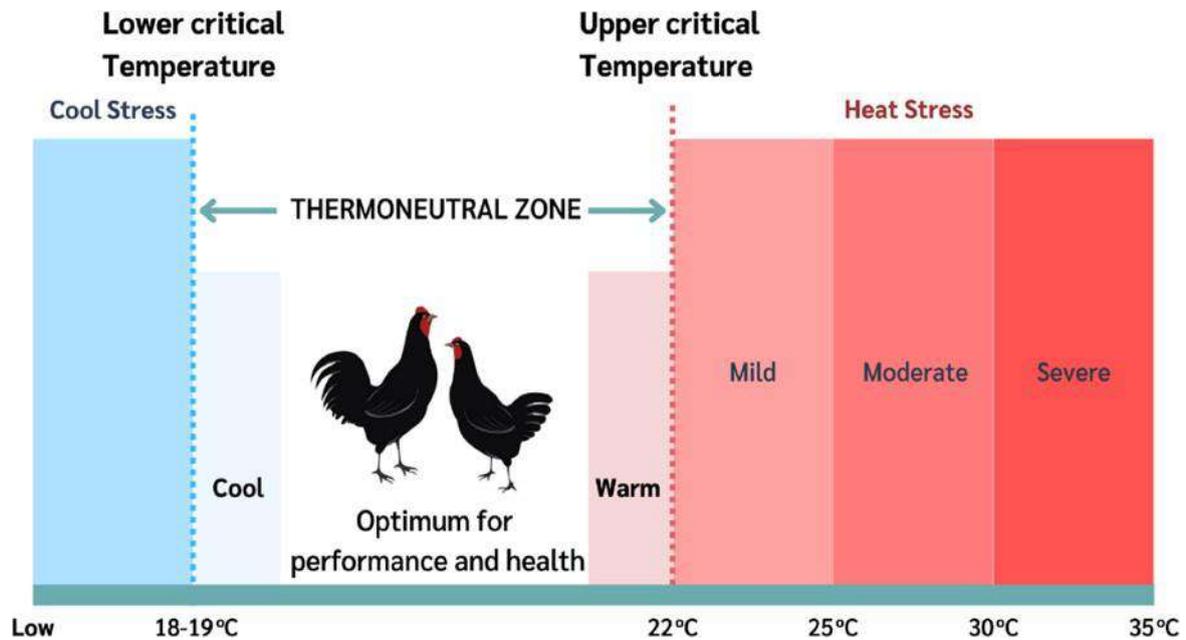


Figura 1. *Diferentes zonas de temperatura ambiente para aves de corral (modificado de Juiputta et al., 2023)*

Según Beckford et al. (2020), la temperatura ambiental efectiva es la combinación de la temperatura de aire, humedad, rapidez del aire, la conducción y el calor. Por encima de la temperatura crítica superior, el jadeo puede mantener la temperatura corporal hasta un punto en el que ésta empieza a aumentar junto con la temperatura ambiental efectiva. En algún momento, la temperatura ambiental efectiva y la temperatura corporal aumentan demasiado y se produce una hipertermia en espiral, que provocará la muerte si no se reduce la temperatura ambiental efectiva.

2.2.2. Cambios biológicos en el ave de corral por efecto del estrés por calor

El estrés por calor induce daño oxidativo que resulta en una mayor producción de las especies reactivas de oxígeno (ROS) (Huang et al., 2015). El ROS son radicales libres y peróxidos que se producen normalmente en las células durante el metabolismo regular y son esenciales para muchos procesos celulares, como la transcripción de citoquinas, la inmunomodulación y el transporte de iones (Wasti et al., 2020). Durante la condición de termoneutralidad, se produce la síntesis adicional de un grupo de moléculas antioxidantes, que se ocupan del aumento de ROS producidas en el interior de la célula (Surai et al., 2019). Sin

embargo, cuando el sutil equilibrio entre la oxidación y el sistema de defensa antioxidante se altera dentro de las células, ocurrirá el estrés oxidativo (Huang et al., 2015).

Los efectos del estrés oxidativo dependen de su gravedad y van desde pequeños cambios reversibles hasta la apoptosis y el deceso celular en caso de estrés oxidativo grave (Lennon et al., 1991). La producción de ROS causa lesiones oxidativas en las mitocondrias de las células musculares aviarias, lo que provoca una disminución del incremento de peso corporal en pollos expuestos a estrés térmico (Quinteiro-Filho et al. (2010). Según Wasti et al. (2020), el exceso de radicales libres producido durante el estrés oxidativo daña todos los componentes de las células, incluidas las proteínas, los lípidos y el ADN. Durante la condición de termoneutralidad, la activación del factor transcripcional Nrf2 provoca la síntesis adicional de un grupo de moléculas antioxidantes, que se ocupan del aumento de ROS producidas en el interior de la célula (Figura 2).

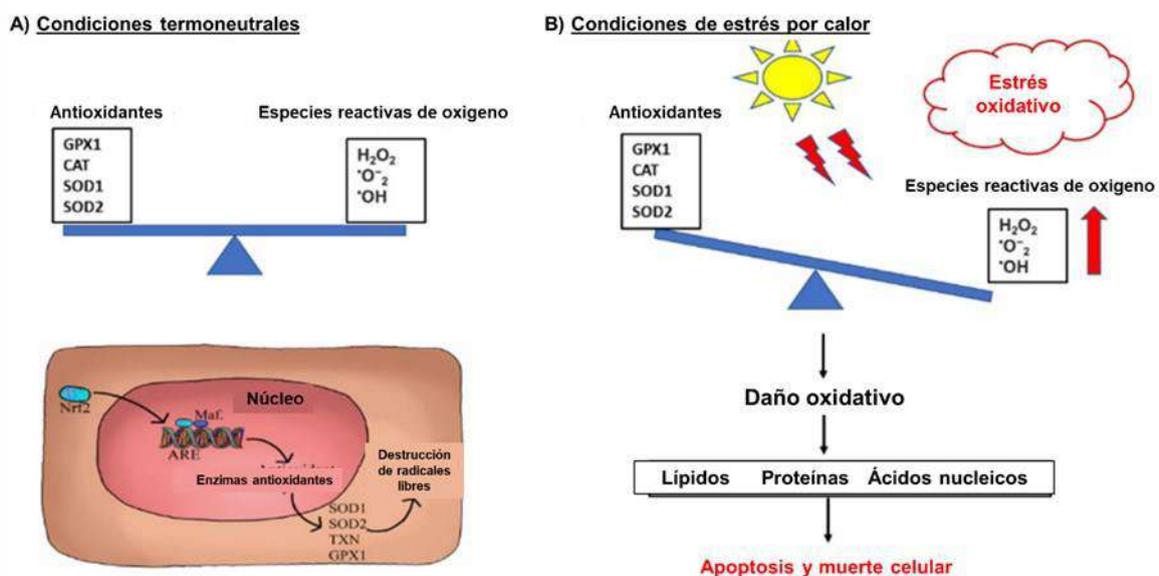


Figura 2. Diagrama esquemático del sistema redox. (A) condiciones termoneutrales, y (B) bajo estrés por calor (modificado de Wasti et al., 2020).

Las aves carecen de glándulas sudoríparas dificultando la termorregulación y, en consecuencia, necesitan liberar calor mediante un mecanismo activo (el jadeo) cuando la temperatura ambiente es más elevada (Wasti et al., 2020). El jadeo es el principal mecanismo de disipación del calor en las aves de corral, pero impide que los pollos beban y se alimenten (Park et al., 2022), además de aumentar el riesgo de desequilibrio ácido-base y alcalosis

respiratoria (Marder y Arad, 1989). Según Wasti et al. (2020):

En el jadeo, la excreción de CO_2 se produce a un ritmo mayor que la producción celular de CO_2 , lo que altera el sistema tampón estándar de bicarbonato en la sangre. La reducción de CO_2 conduce a una disminución de la concentración de ácidos carbónicos (H_2CO_3) y de iones de hidrógeno (H^+). Por el contrario, aumenta la concentración de iones de bicarbonato (HCO_3^-), lo que eleva el pH sanguíneo, es decir, la sangre se vuelve alcalina. Para hacer frente a esta situación y mantener el pH sanguíneo normal, las aves empiezan a excretar más cantidad de HCO_3^- y retienen H^+ del riñón. Los elevados niveles de H^+ alteran el equilibrio ácido-base, lo que provoca alcalosis respiratoria y acidosis metabólica, asociándose con la depresión del rendimiento productivo de las aves de corral (p.3; Figura 3).

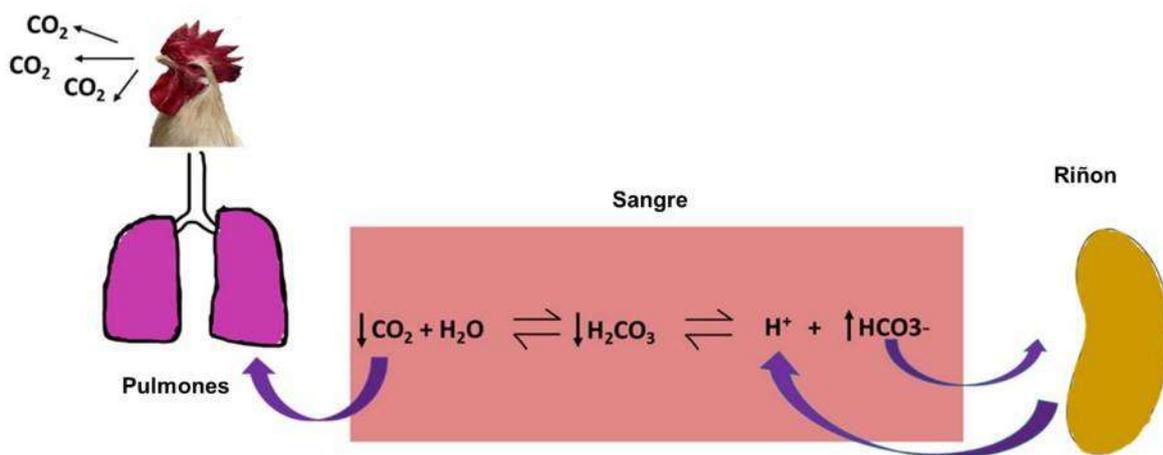


Figura 3. Desequilibrio ácido-base en aves de corral sometidas a estrés térmico (modificado de Wasti et al., 2020).

2.2.3. Mecanismo de termorregulación en aves de corral

El comportamiento de enfriamiento es la modificación más visible observable en las aves de corral causada por el estrés por calor (Wang et al., 2018). La figura 3 muestra las respuestas de comportamiento para expulsar el exceso de calor. Según Juiputta et al. (2023), el mecanismo de enfriamiento en las aves de corral puede dividirse en cuatro procesos:

(1) Procesos de conducción, por ejemplo, estar en contacto con el suelo, los tablones, las paredes laterales u otros objetos con una temperatura inferior a la temperatura corporal del animal, lo que hace que el calor interno del cuerpo fluya a lo

largo de la superficie. (2) Procesos de convección, como la dilatación de los vasos sanguíneos, observada a partir del oscurecimiento de partes del cuerpo como la cresta y la barbilla, aumentarán el suministro de sangre a la zona de la piel. Además, el aleteo regular permite que más aire fluya sobre la piel. (3) Proceso de evaporación, basado en el principio de transferencia de calor latente causado por la transición del agua de líquido a gas para reducir la temperatura corporal mediante un proceso conocido como jadeo. (4) La radiación es el proceso de transferencia de calor desde el cuerpo del pollo al entorno a través de la radiación electromagnética, dependiendo del aire que rodea al pollo. La capacidad de irradiar calor es menor si la temperatura ambiente es alta. Si la temperatura ambiente es superior a 40 °C, el pollo no puede irradiar nada de su cuerpo.

El tiempo que un ave pasa a altas temperaturas puede ser un estrés agudo, de corta duración, o estrés crónico (Figura 4). El estrés térmico agudo se caracteriza por una respuesta rápida e inmediata destinada a preparar al individuo para la reacción de "lucha o huida" (Chaiyabutr, 2004). Los nervios simpáticos al percibir el aumento de temperatura ambiental transmiten el impulso a la medula suprarrenal que aumenta la secreción de catecolaminas (Juiputta et al., 2023). Esto conlleva a un aumento de la liberación de glucosa en la sangre, agotando el glucógeno hepático, reduciendo el glucógeno muscular, aumentando la frecuencia respiratoria, vasodilatando los vasos sanguíneos periféricos y aumentando la sensibilidad neural para hacer frente al estrés (Kumari y Nath, 2018). Además, estas catecolaminas inhiben procesos corporales que requieren energía, como la digestión, el crecimiento y las funciones inmunitaria y reproductiva (Chen et al., 2021).

En condiciones de estrés por calor crónico, según Juiputta et al. (2023):

El sistema hipotalámico-hipofisario-suprarrenal (HPA) sintetiza la hormona liberadora de corticotropina (CRH), la hormona liberadora de la hormona del crecimiento (GHRH) y la hormona liberadora de hidrotropina (TRH), y actúan sobre la hipófisis anterior estimulando la síntesis de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), la hormona del crecimiento (GH) y la hormona estimulante del tiroides (TSH), respectivamente, que es la hormona que estimula la producción de corticosterona en la glándula de la corteza suprarrenal, factores de crecimiento similares a la insulina (FCsi) en el hígado y hormonas tiroideas (triyodotironina (T3) y tiroxina (T4)) en la glándula tiroidea. Estas hormonas ayudan a producir glucocorticoides, ensanchan los vasos sanguíneos, movilizan la grasa y las proteínas corporales y reducen la inflamación. Además, la corticosterona

(glucocorticoide) estimula la gluconeogénesis hepática al aumentar la producción de enzimas comprometidas en la conversión del aminoácido, glicerol y lactato en glucosa. El incremento del nivel de ACTH y glucocorticoides (GC) también inhibe otros procesos del organismo que consumen energía, como el crecimiento, la inmunidad, la reproducción y la digestión. Asimismo, la hormona GC puede reducir la síntesis proteica y disminuir los niveles de lipólisis celular, incrementando la acumulación de grasa (p.5).

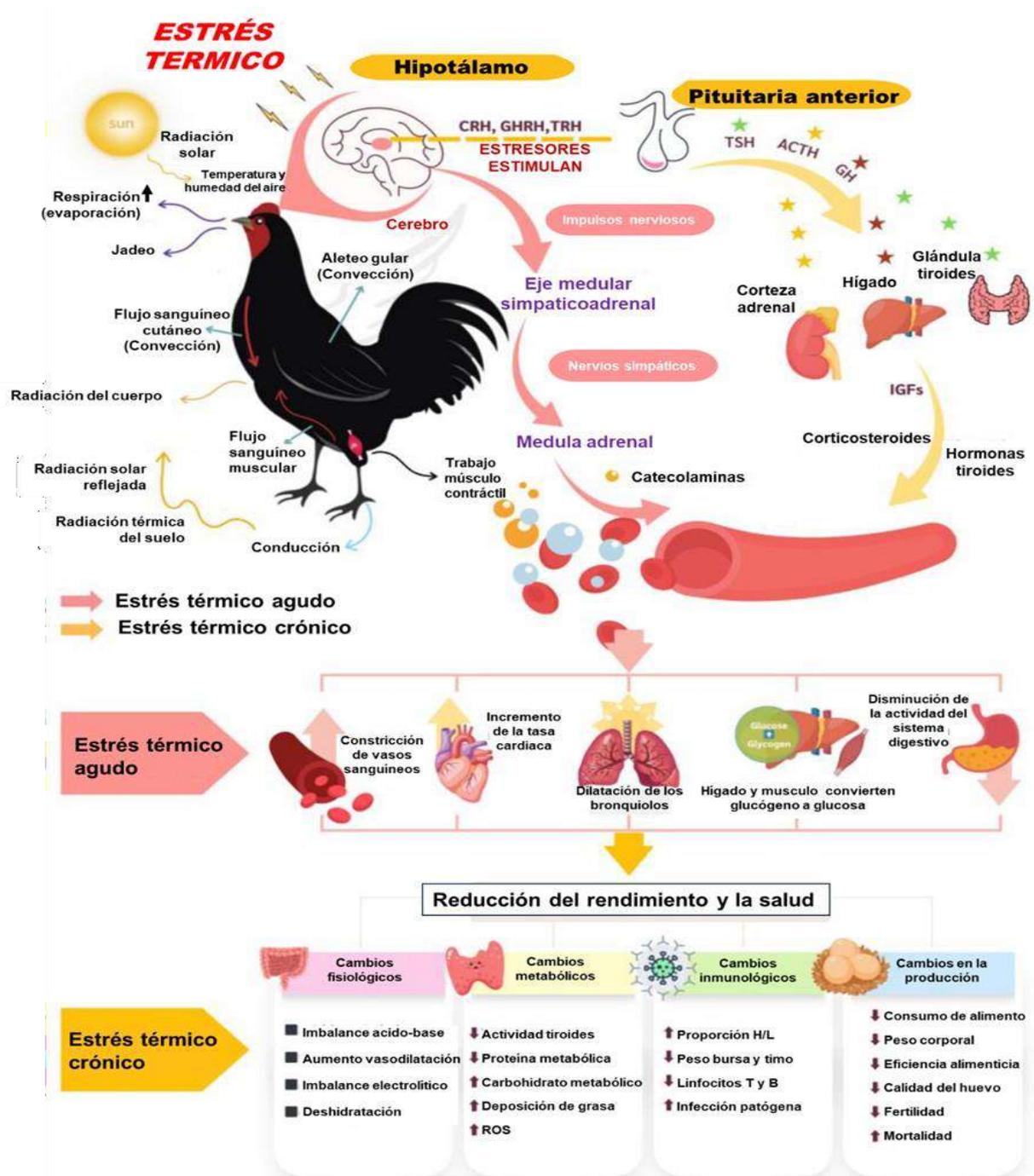


Figura 4. *Mecanismo de respuesta al estrés térmico y efectos en las aves de corral (modificado de Juiputta et al., 2023).*

2.2.4. Estrategias nutricionales para mitigar el estrés por calor

Entre las estrategias nutricionales para contrarrestar los impactos contrarios del estrés calórico en los pollos de carne los estudios han demostrado ventajas al aumentar en la dieta la energía dietaria, los aminoácidos sintéticos, vitaminas como la A, E y Se y minerales como el Ca, Na, Cl y K, y suplementos adicionales de vitamina C (Wasti et al., 2020).

Una de las estrategias nutricionales dietarias para pollos de engorde en condiciones de alta temperatura constante o cíclica incluyen el uso adecuado de ingredientes ricos en proteínas (aminoácidos y proteína bruta) (Qaid y Al-Garadi, 2021). Si la proteína es utilizada como fuente de energía, el incremento de calor durante el metabolismo será mayor comparado con la grasa o los carbohidratos cuando son las fuentes de energía. Dietas bajas en proteína puede reducir la termogénesis (Teeter y Belay, 1996), aunque también puede disminuir el consumo de agua en condiciones de calor y limitar el rendimiento de los pollos de engorde (Van Der Klis y de Lange, 2013), mientras que una mayor cantidad de proteína bruta puede compensar el menor dispendio de aminoácidos en aves de engorde estresados (Furlan et al., 2004). Por ello, el conflicto científico actual es determinar el equilibrio de aminoácidos para aves de corral en condiciones de estrés térmico. Niveles adecuados de aminoácidos en la dieta favorece la productividad, la salud intestinal, la respuesta inmunitaria, el comportamiento y el bienestar de las aves (Lee et al., 2023). Cantidades adecuadas de lisina y arginina minimizan los efectos del estrés térmico (Saeed et al., 2019). La suplementación con aminoácidos azufrados alivió el estrés térmico crónico al aumentar la producción de antioxidantes y proteger la permeabilidad intestinal de las aves de engorde (Sarsour et al. 2022).

El agregado de grasa en la dieta es una práctica generalizada en las regiones de clima cálido para aumentar el nivel de energía y disminuir los efectos perjudiciales del estrés térmico (Wasti et al., 2020). La suplementación de grasa en la dieta de aves de corral mejora la utilización de nutrientes en el tracto gastrointestinal al reducir la velocidad de paso de los alimentos (Mateos et al., 1982). Las grasas y los aceites tienen un alto valor energético, menor incremento térmico y son cruciales para la absorción de vitaminas liposolubles, la digestibilidad de los nutrientes y su utilización (Onagbesan et al., 2023).

La descomposición de las proteínas alimentarias provoca una generación de calor muy

superior a la del catabolismo del hidrato de carbono y grasa en las aves de corral en una zona termoneutral. Según Qaid et al. (2021), la producción de ATP del total del valor calórico del almidón, proteína y ácidos grasos es solo de 68, 58 y 66% respectivamente, mientras que la eficiencia bioquímica durante la síntesis de lípidos a partir del almidón, proteína y ácidos grasos es de 74, 53 y 90%, respectivamente. Es decir, existiría una pérdida energética como incremento de calor del 32, 42 y 34% durante la producción de ATP a partir del almidón, proteína y ácidos grasos, respectivamente; mientras que durante los procesos de síntesis de lípidos a partir del almidón, proteína y ácidos grasos habría una pérdida de 26, 47 y 10% como incremento calórico, respectivamente. La figura 5 muestra el destino de la energía consumida en aves de corral mencionándose las fuentes del incremento calórico.

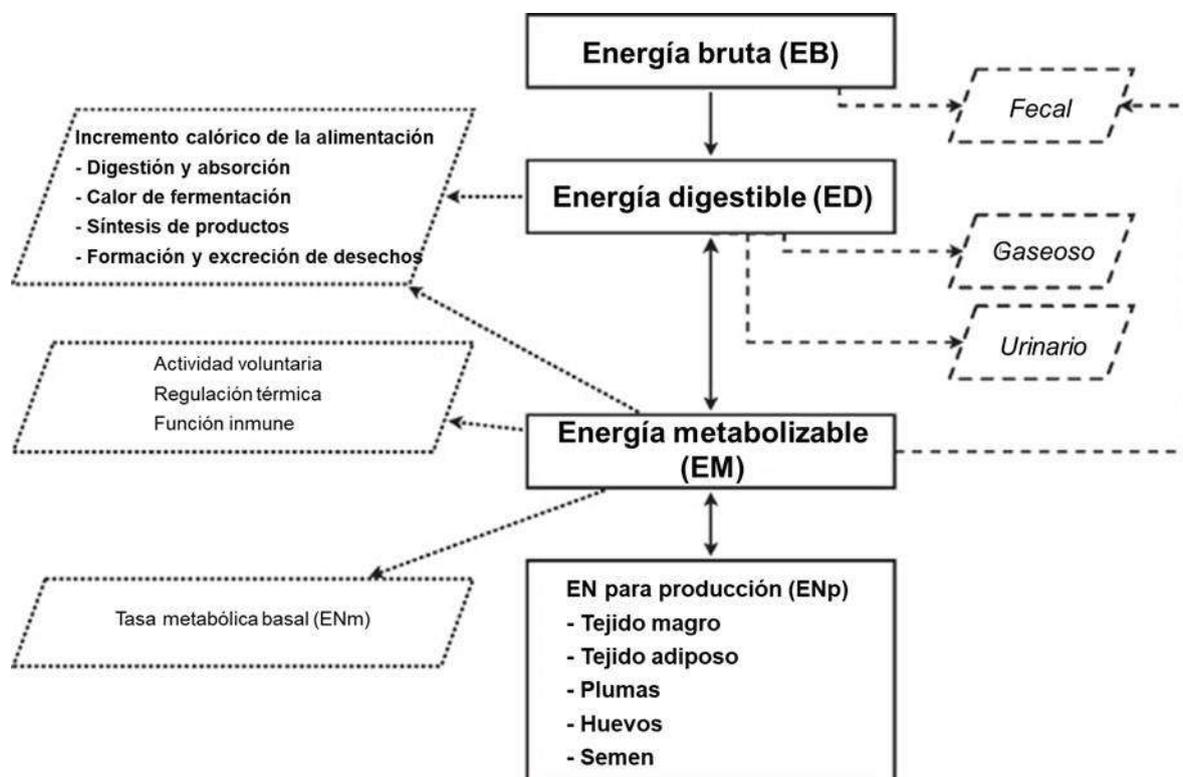


Figura 5. Destino de la energía en las aves de corral (modificado de Zuidhof, 2019).

La vitC (ácido ascórbico) es un compuesto orgánico soluble en agua, cuyo centro está formado por un anillo de carbono de cinco miembros y con fuertes propiedades reductoras, resultantes de la presencia de dobles enlaces en los carbonos C2 y C3, así como de cuatro grupos hidroxilo en las posiciones C2, C3, C5 y C6 (Gęgotek y Skrzydlewska, 2022). La capacidad del eliminador de radicales libres de un compuesto antioxidante está vinculada a su habilidad

al desequilibrio del bicarbonato plasmático (Mujahid, 2011). Las aves pierden electrolitos esenciales, como sodio, potasio y cloruro, por el aumento del jadeo (Juiputta et al., 2023). El bicarbonato de sodio (NaHCO_3) sería la sal de elección adecuada durante el estrés térmico debido a que contiene Na^+ y HCO_3^- , sugiriéndose rangos de equilibrio electrolítico dietario entre 200-300 mEq/kg para contrarrestar los efectos nocivos del estrés calórico en las aves de corral (Mushtaq et al., 2013).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Línea Cobb 500

La línea Cobb 500 es precoz, engorda rápidamente, puede ser sacrificada a corta edad, es insaciable en su alimentación, tiene un temperamento nervioso, es muy sensible a las altas temperaturas y tiene una buena estructura muscular, especialmente en el pecho. La línea Cobb 500 tiene el costo de producción por kilogramo de carne más bajo del mercado mundial. Las ventajas en la eficiencia de la conversión alimenticia y el excelente rendimiento del crecimiento brindan a los productores la mejor oportunidad de lograr el peso corporal deseado al menor costo (Guía de manejo de reproductoras Cobb, 2008).

2.3.2. Conversión alimenticia

Analiza la eficiencia en la conversión de alimentos en carne, y está asociado con la rapidez del crecimiento, la cantidad energética en la dieta, así como otros factores como la calidad genética, las prácticas de manejo y las condiciones ambientales, que influyen en la eficacia del proceso de conversión alimenticia (Moreno, 2005).

2.3.3. Termorregulación

Capacidad de regular su temperatura y tiene la posibilidad de conservar la temperatura de sus órganos internos de manera uniforme (Estrada et al., 2007).

2.3.4. Consumo de alimento

Es una interacción compleja de muchos factores que involucran la fisiología, los sistemas sensoriales y las necesidades nutricionales del ave, para cumplir con las demandas de desarrollo, mantenimiento y resistencia a las enfermedades (Gernat, 2006).

2.3.5. Balance electrolítico

Son los responsables de la conductividad eléctrica del cuerpo, que es necesaria para muchas funciones, como los latidos del corazón o la contracción muscular del individuo. Principalmente actúan la proteína y el sodio utilizado.

2.3.6. Peso corporal (g)

Se determinó por pesaje individual de todos los pollos de cada repetición, cada semana. Esta variable fue expresada como promedio semanal.

2.3.7. Grasa

Son una fuente de energía para las dietas de aves ya que contienen el doble de energía de cualquier otro nutriente, las grasas en los ingredientes utilizados en las dietas son significativos para la absorción de vitaminas (Zhicay, 2016).

2.3.8. Retribución económica

La retribución económica se determinó en base a los costos de alimentación y los ingresos promedio por ventas de peso vivo para cada tratamiento (Cisneros, 2019).

2.3.9. Estrés por calor

Este tipo de estrés se presenta cuando hay un desequilibrio negativo entre la energía que el ave pierde hacia su entorno y la energía calórica que genera. Este desbalance podría originarse por cambios en factores ambientales como la luz solar, radiación térmica, etc; así como por las características de las aves. Los elementos estresantes desempeñan un papel esencial en la producción animal en esta situación (Renaudeau et al., 2012).

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis general

HGa: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre el rendimiento productivo en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

2.4.2. Hipótesis específicas

HEa1: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre el peso

corporal en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

HEa2: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre la ganancia de peso en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

HEa3: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre el consumo de alimento en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

HEa4: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre la conversión alimenticia en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

HEa5: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre el rendimiento de pechuga en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

HEa6: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre el peso del hígado y corazón en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

HEa7: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre la deposición de grasa abdominal en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

HEa8: La suplementación dietaria de aceite de soya, vitC y BNa SI influye sobre la retribución económica en pollos de carne criados bajo condiciones de estrés calórico.

2.4.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador
Independiente (X)	Estrés por calor	Fuera de temperatura de confort.	Etapa de crecimiento I (15 a 29 días)	°C
			Etapa de crecimiento II (30 a 41 días)	°C
Dependiente (Y)	Peso corporal	Incremento de peso por etapas	Peso vivo	Gramos por día
	Consumo de alimento	Control del consumo de alimento por etapas	Alimento consumido	Gramos por día
	Conversión alimenticia	Eficiencia de convertir el alimento en incremento de peso	P.V/CAL	Gramos / Gramos
	Morfometría intestinal	Pérdida y renovación celular de las criptas.	Tamaño de vellosidades intestinales	%
	Rendimiento de la canal, pechuga, hígado y corazón.	Relación de la fracción comestible con respecto al peso corporal	Peso órgano/peso carcasa	%
	Retribución económica.	Utilidad resultante del ingreso bruto menos el costo de alimentación	Utilidad = Ingresos - Egresos	S./

CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1. Gestión del experimento

3.1.1. Ubicación

El experimento fue ejecutado en el taller de nutrición animal de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. El sitio de investigación presenta las coordenadas geográficas (Figura 7), en grados decimales es de -11.1258 latitud, -77.6087 longitud y 67 m altitud (Prediction Of Worldwide Energy Resource [POWER], 2023).

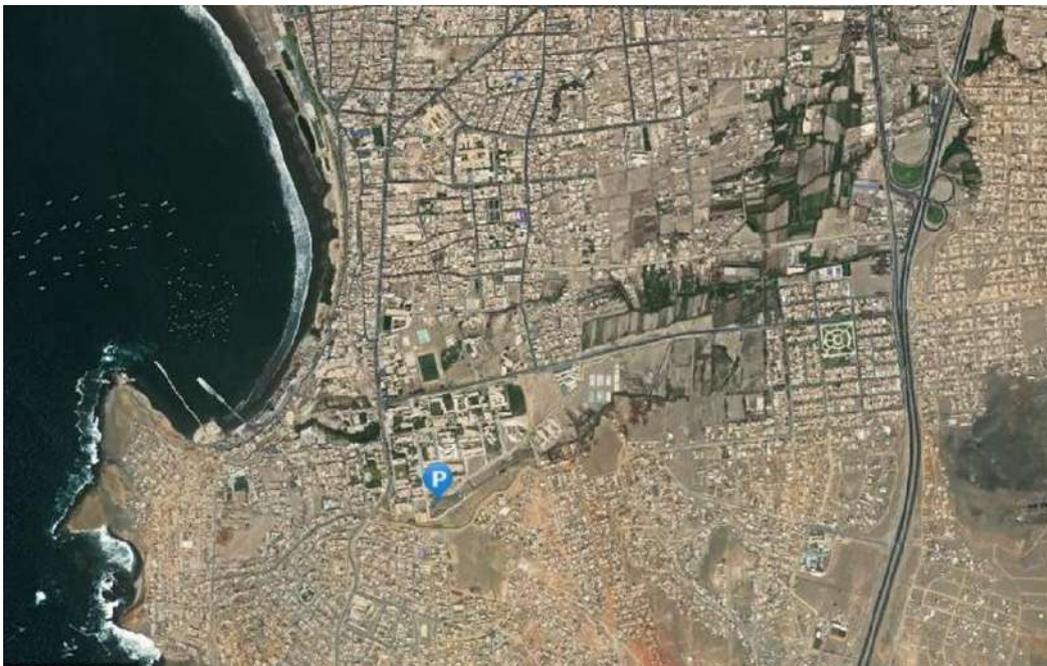


Figura 7. Ubicación del sitio experimental (Según POWER, 2023).

3.1.2. Características del área experimental

El área del galpón experimental es de 40 m² (10 x 4 m de lados). El galpón es de piso de cemento y estaba enmallado a su alrededor. Para la etapa pre - experimental, de 0 a 14 días, se construyó un microclima de 6 m² con mantas arpilleras (Figura 8A). Dentro del microclima, se instaló un cerco perimetral con tablero HDF (fibra de alta densidad), que incluía una campana de calefacción, sistema de suministro de gas y sistema de iluminación. Para la etapa experimental, de 15 a 41 días, se construyeron 25 corrales de un metro cuadrado (Figura 8B). Los corrales eran de marcos de madera con mallas de nylon, cada corral contaba con un comedero tipo tolva y un bebedero de goteo.

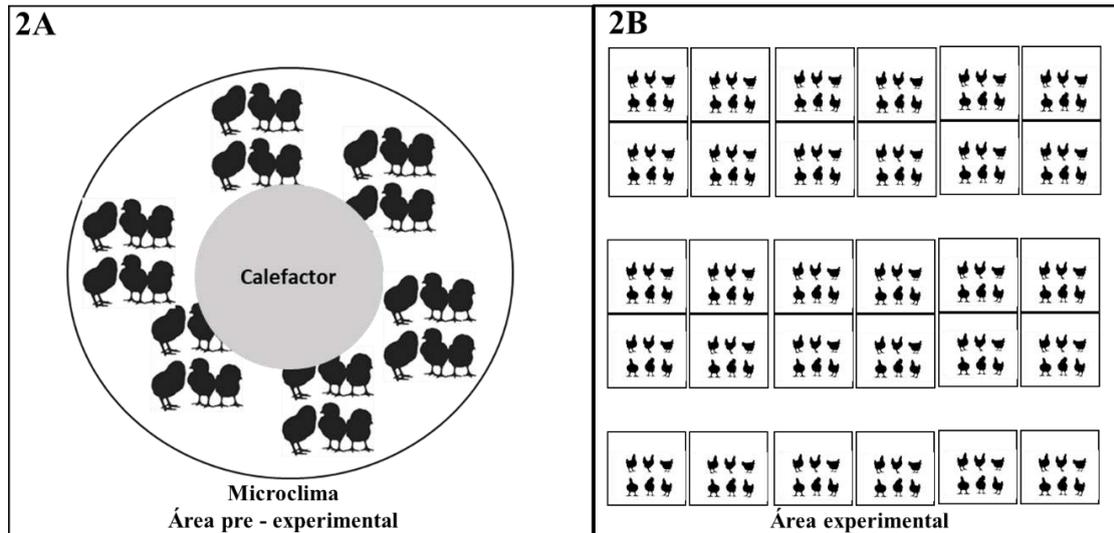


Figura 8. Representación gráfica del área pre - experimental y experimental.

La temperatura ambiental al exterior de la zona experimental varió entre 27 y 28°C, mientras que la humedad relativa estuvo entre 84 y 88% (Tabla 2).

	Días									
	15	18	21	24	27	30	33	36	39	
HR%										
7h	91	93	91	93	90	90	90	93	91	
13h	76	75	82	70	81	73	72	75	73	
19h	92	90	92	90	91	89	91	90	89	
Prom.	86	86	88	84	87	84	84	86	84	
T°										
7h	26.0	25.8	25.4	26.0	25.0	27.2	26.8	25.2	24.8	
13h	28.0	27.3	28.7	30.6	29.7	30.3	30.0	29.7	29.9	
19h	26.7	27.2	26.3	26.6	26.9	26.4	27.8	25.5	25.3	
Prom.	27	27	27	28	27	28	28	27	27	

Tabla 2. Temperatura y humedad relativa en zona experimental.

3.1.3. Tratamientos

Los tratamientos fueron representados por estas dietas:

T₀: Dieta basal (DB).

T₁: Dieta con aceite de soya.

T₂: DB + vitamina C.

T₃: DB + bicarbonato de sodio.

T₄: Dieta con aceite de soya + vitamina C + bicarbonato de sodio.

La dieta experimental en la fase de crecimiento I (15 a 28 días) y crecimiento II (29 a 41 días), con su respectivo contenido nutricional se aprecia en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Composición porcentual y contenido nutricional de las dietas experimentales propuestas para la etapa de crecimiento 1.

Tratamientos	Dietas experimentales				
	T ₀ : DB	T ₁ : Dieta con ceite de soya	T ₂ : DB + vitC	T ₃ : DB + BNa	T ₄ : Dieta con vitC + BNa + aceite de soya
Aceite de soya	0	1,76	0	0	2,19
Maíz	61,4	59,1	61,2	60,8	57,8
Soya integral	8,0	0,00	8,5	9,0	0
Subproducto de trigo	5,15	7,72	5,03	5,00	7,89
Torta de soya 44	21,6	27,5	21,3	20,8	27,7
L-lisina	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38
DL-metionina	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37
L-treonina	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
L-triptófano	0	0	0	0,04	0
Carbonato cálcico	0,87	0,89	0,87	0,87	0,89
Fosfato dicálcico	1,53	1,51	1,53	1,54	1,50
Sal	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Premezcla	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina C	0	0	0,15	0	0,15
Bicarbonato de sodio	0	0	0	0,40	0,39
Nutrientes, %					
Materia seca	88,4	88,5	88,4	88,5	88,6
Proteína cruda	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
Lisina dig.	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Met dig.	0,63	0,62	0,63	0,63	0,62
Met + cis dig.	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Treonina dig.	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Triptófano dig.	0,20	0,20	0,20	0,24	0,21
Fibra cruda	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Grasa cruda	4,27	4,67	4,34	4,41	5,06
ELN	59,4	59,0	59,3	59,4	58,8
Ceniza	2,65	2,72	2,64	2,62	2,62
Calcio	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Fosforo disp.	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sodio	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
BE, mEq/kg	233	233	234	280	280
EM, kcal/kg	2953	2950	2953	2950	2950

Tabla 4. Composición porcentual y contenido nutricional de las dietas experimentales propuestas para la etapa de crecimiento II.

Tratamientos	Dietas experimentales				
	T0: DB	T1: Dieta con ceite de soya	T2: DB + vitC	T3: DB + BNa	T4: Dieta con vitC + BNa + aceite de soya
Aceite de soya	0	4,0	0	0	4,4
Maíz	61,5	56,3	61,3	59,5	55,0
Soya integral	17,5	0	18,0	21,0	0
Torta de soya 44	11,7	24,8	11,4	8,9	24,9
Subproducto de trigo	5,8	11,4	5,6	6,7	11,6
L-lisina	0,35	0,33	0,35	0,35	0,33
DL-metionina	0,34	0,33	0,34	0,34	0,34
L-treonina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Carbonato cálcico	0,82	0,86	0,81	0,82	0,86
Fosfato dicálcico	1,38	1,32	1,38	1,37	1,32
Sal	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Premezcla	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina C	0	0	0,15	0	0,15
Bicarbonato de sodio	0	0	0	0,38	0,40
Nutrientes					
Materia seca	88,5	88,7	88,5	88,6	88,9
Proteína cruda	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Lisina dig.	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Met dig.	0,58	0,57	0,58	0,58	0,57
Met + cis dig.	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Treonina dig.	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Triptófano dig.	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Fibra cruda	3,20	3,20	3,20	3,30	3,20
Grasa cruda	5,87	6,88	5,94	6,42	7,27
ELN	58,9	57,9	58,8	58,3	57,8
Ceniza	2,57	2,70	2,53	2,55	2,67
Calcio	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Fosforo disp.	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Sodio	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
BE, mEq/kg	233	232	233	280	280
EM, kcal/g	3050	3050	3050	3050	3050

La dieta basal de la etapa de crecimiento I y II fue formulada en base al maíz, soya integral, torta de soya y subproducto de trigo, al utilizar aceite de soya (T₁ y T₄), la utilización de maíz disminuyó, y, por lo tanto, la fracción de extracto libre de nitrógeno (ELN), mientras que la grasa cruda se incrementó, la suplementación de vitC fue de 150 mg por kg de alimento, y el BNa fue utilizado hasta alcanzar un balance electrolítico de 280 mEq/kg.

Las dietas de prueba fueron elaboradas conforme a las especificaciones nutricionales establecidas por Cobb (2022).

3.1.4. Diseño experimental

Los animales fueron asignados a grupos de manera completamente aleatoria, con cinco tratamientos y cinco repeticiones para cada uno, cada grupo experimental consistió en cinco pollos.

El modelo aditivo lineal de la investigación fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : es la respuesta

μ : es la media general de la evaluación

τ_i : es el efecto del tratamiento

ε_{ij} : es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij}

3.1.5. Variables evaluadas

La variable independiente fue el estrés por calor reflejada en las temperaturas dentro del galpón experimental. En la figura 9, los puntos rojos muestran las temperaturas marcadamente por encima de lo recomendado según las normas Cobb 500 (2022) a partir de iniciado el experimento (15 días de edad del ave). Las temperaturas fueron tomadas al borde de la criadora (0 a 14 días) y en puntos estratégicos del galpón (15 a 41 días). La temperatura en el galpón fue de $29 \pm 0,8^\circ\text{C}$ desde los 15 hasta los 41 días de edad, mientras que las tablas Cobb 500 (2022) recomiendan temperaturas para este periodo de $21 \pm 1,5^\circ\text{C}$.

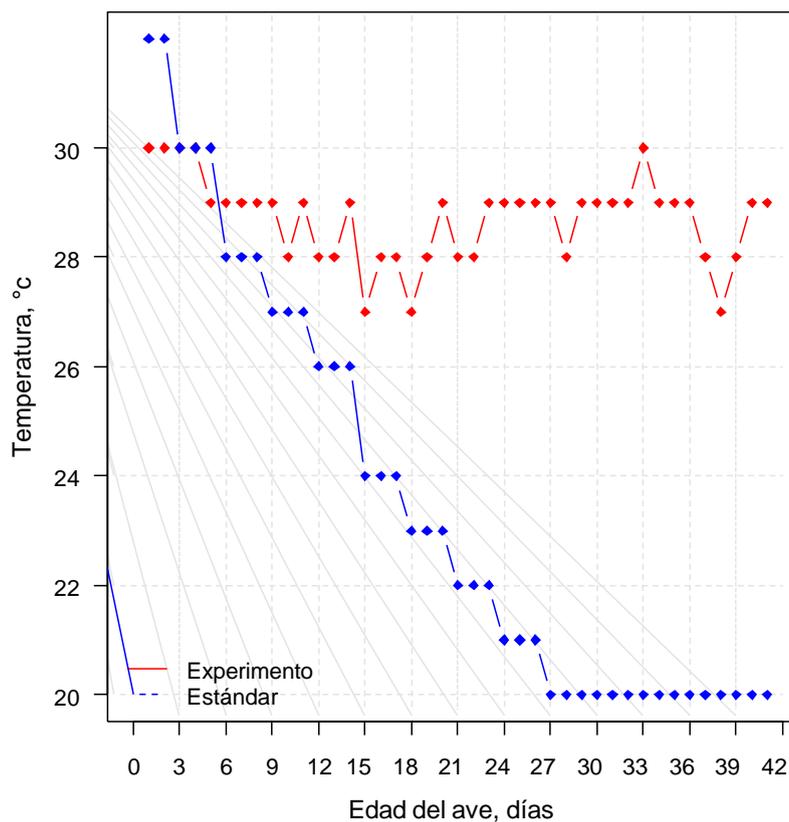


Figura 9. Comparativo de la temperatura ambiental en el galpón experimental con el estándar según Cobb (2022).

Las variables dependientes analizadas fueron:

Peso corporal (kg) = Pesaje semanal desde el 15 hasta los 41 días de edad.

Ganancia de peso (g/día) = (Peso final - Peso inicial) / días.

Consumo de alimento semanal (kg) = Ingesta de alimento durante la semana (kg) / cantidad de pollos.

Consumo de alimento diario (g) = Ingesta de alimento promedio total (0 a 41 días) / 41 días.

Conversión alimenticia = Consumo total de alimento / Ganancia total de peso.

Rendimiento de la canal = (Peso de sacrificio x 100) / Peso corporal final.

Rendimiento de pecho = (Peso de pecho x 100) / peso corporal final.

Rendimiento del hígado = $(\text{Peso de hígado} \times 100) / \text{peso corporal final}$.

Rendimiento del corazón = $(\text{Peso del corazón} \times 100) / \text{peso corporal final}$.

Retribución económica = Ingreso por kg de pollo vendido – Egreso del costo de alimentación más el costo del pollo bb.

3.2. Técnicas para el procesamiento de la información

Se aplicó el análisis de variancia y la prueba pos hoc de Tukey, análisis estadísticos y gráficos fueron realizados utilizando el programa estadístico JAMOV (2022), mientras que las figuras fueron elaboradas con R Core Team (2021), la normalidad de los residuos de los datos se comprobó utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que la igualdad de varianza entre los diferentes tratamientos se evaluó mediante la prueba de Levene.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Peso corporal y ganancia de peso

En la figura 10 y tabla 5 se aprecian el peso del cuerpo de pollos de engorde evaluadas desde los 15 hasta los 41 días de edad, luego de analizar la covarianza se halló influencia estadística significativa del peso corporal inicial sobre el peso corporal alcanzado a los 22, 29 y 36, pero no para los 41 días. A través del análisis de varianza, se identificaron indicios de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en lo que respecta al peso corporal a los 22 días ($p = 0,092$) y 29 días de edad ($p = 0,086$); y diferencias estadísticas significativas a los 36 días de edad ($p = 0,004$). A los 22 días de edad, las aves que consumieron la dieta basal suplementada con vitC (T_3) y dieta basal suplementada con aceite de soya, BNa y vitC (T_4) denotaron índices de alcanzar mayor peso corporal comparado con las aves que consumieron la dieta basal suplementada con aceite de soya. Asimismo, a los 29 días de edad, las aves del T_4 mostraron tendencias de alcanzar más peso corporal comparado con los pollos que tuvieron la dieta basal suplementada con aceite (T_2), mientras que, a los 36 días de edad, las aves T_4 tuvieron mayor peso corporal comparado con el de las aves que consumieron la dieta basal. No se halló diferencias estadísticas en el peso corporal de los tratamientos a los 41 días de edad ($p > 0,05$).

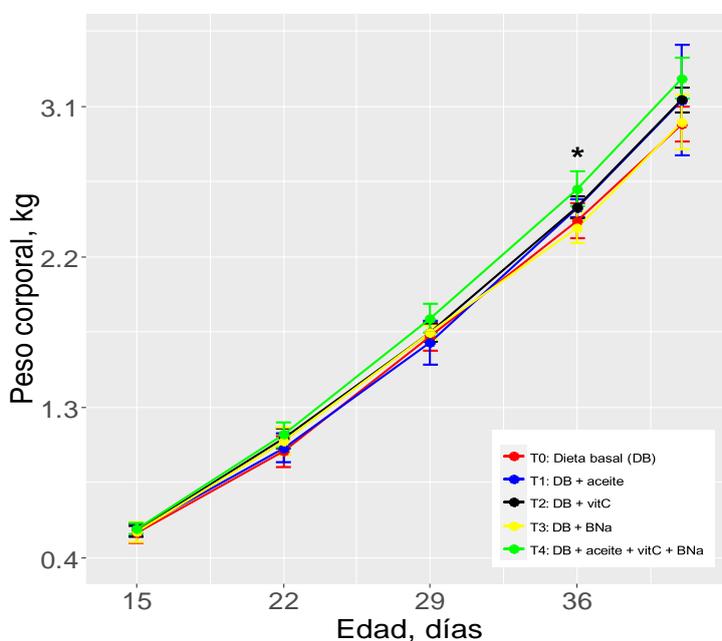


Figura 10. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el peso corporal de pollos de engorde, El asterisco (*) indica diferencias estadísticas ($p=0,004$).

Tabla 5. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el peso corporal de pollos de engorde desde los 15 hasta los 41 días de edad.

Tratamientos	Peso corporal, g				
	15 d	22 d	29 d	36 d	41 d
T ₀	0.55 ± 0.1	1.03 ± 0.1	1.72 ± 0.1	2.42 ± 0.1 ^b	2.99 ± 0.1
T ₁	0.56 ± 0.0	1.06 ± 0.1	1.69 ± 0.1	2.49 ± 0.0 ^{ab}	3.14 ± 0.3
T ₂	0.56 ± 0.0	1.12 ± 0.1	1.75 ± 0.1	2.50 ± 0.1 ^{ab}	3.14 ± 0.1
T ₃	0.55 ± 0.1	1.10 ± 0.1	1.75 ± 0.0	2.37 ± 0.1 ^{bc}	3.01 ± 0.2
T ₄	0.57 ± 0.0	1.14 ± 0.1	1.83 ± 0.1	2.61 ± 0.1 ^a	3.27 ± 0.1
<i>P</i> valor covariable PC 15 d	< 0.001	0.003	0.013	0.100	
<i>P</i> valor ANOVA	0.092	0.086	0.004	0.251	

Letras distintas representan diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA seguido de comparaciones pos hoc de Tukey). Los valores se expresan como media ± DS (n=5).

La Tabla 6 exhibe la ganancia de peso semanal de dichos pollos evaluados desde los 15 hasta los 41 días de edad. Al analizar la varianza se observaron indicios de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con el aumento de peso durante la tercera semana de vida ($p = 0.085$) y diferencias estadísticamente significativas en la quinta semana de edad ($p = 0.027$). Durante la tercera semana de edad, las aves del T₄ mostraron tendencias de alcanzar mayores pesos comparado con la dieta basal, mientras que, durante la quinta semana, las aves del T₁ ganaron mayor peso comparado con las del tratamiento control. No hubo diferencia estadística entre los tratamientos durante las semanas cuarta y sexta semana de edad ($p > 0.05$).

Tabla 6. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre la ganancia de peso diario (en cada semana) de pollos de engorde desde los 15 hasta los 41

días de edad.

Tratamientos	Ganancia de peso (g)			
	15 a 22 d	23 a 29 d	30 a 36 d	37 a 41 d
T ₀	70 ± 10	98 ± 9	99 ± 8 ^{ab}	116 ± 10
T ₁	70 ± 8	90 ± 9	115 ± 19 ^a	129 ± 61
T ₂	80 ± 5	90 ± 11	107 ± 14 ^{ab}	128 ± 21
T ₃	78 ± 6	93 ± 8	90 ± 10 ^b	126 ± 15
T ₄	80 ± 7	99 ± 5	111 ± 4 ^{ab}	132 ± 22
<i>P</i> valor ANOVA	0,085	0,284	0,027	0,938

Letras distintas representan diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA seguido de comparaciones *post hoc* de Tukey).

Los valores se expresan como media ± DS (n=5).

Más información detallada sobre los datos recopilados y los análisis estadísticos relacionados con el peso corporal y la ganancia de peso se encuentran disponibles en los anexos I, II y VIII.

4.2. Consumo de alimento

En la tabla 7 se aprecia el consumo diario de alimento y nutrientes de pollos de engorde evaluadas desde los 15 hasta los 29 días de edad. Al analizar la varianza se encontró tendencias estadísticas de mayores consumos de alimento, proteína bruta ($p = 0,07$), ELN ($p = 0,097$), y diferencias estadísticas para el consumo de grasa bruta ($p < 0,001$) entre los tratamientos durante la etapa de crecimiento I (15 a 29 d).

Lo pollos que tuvieron dietas complementadas con aceite de soya, vitC y BNa (T₄) mostraron tendencias de mayores consumos de alimento, proteína bruta, ELN, además de mayores consumos de grasa bruta comparado con el tratamiento control. Asimismo, las aves del T₄ mostraron mayor ingesta de grasa cruda comparado con el tratamiento control.

Tabla 7. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el consumo diario de alimento y nutrientes de alimento de pollos de engorde desde los 15 hasta los 29 días de edad.

Tratamientos	Consumo diario/pollo (g)			
	Alimento	PB	GB	ELN
T ₀	117 ± 5	22,2 ± 0,9	5,0 ± 0,2 ^c	69 ± 3
T ₁	124 ± 9	23,5 ± 1,8	5,8 ± 0,4 ^b	73 ± 6
T ₂	124 ± 9	23,6 ± 1,6	5,4 ± 0,4 ^b	74 ± 5
T ₃	128 ± 10	24,3 ± 2,0	5,6 ± 0,5 ^b	76 ± 6
T ₄	133 ± 8	25,3 ± 1,5	6,7 ± 0,4 ^a	78 ± 4
<i>P</i> valor	0,070	0,070	< 0,001	0,097

Letras distintas representan diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA seguido de comparaciones post hoc de Tukey). Los valores se expresan como media ± DS (n=5).

PB: proteína bruta, GB: grasa bruta, ELN: extracto libre de nitrógeno.

En la tabla 8 se aprecia el consumo diario de alimentos y nutrientes de pollos de engorde evaluadas desde los 30 hasta los 41 días de edad. Al analizar la varianza no se halló diferencias estadísticamente significativas entre dichos tratamientos para el consumo de alimento, proteína bruta y ELN ($p > 0,05$), pero si para la grasa bruta ($p < 0,001$) durante la etapa de crecimiento II (30 a 41 d).

Las aves del T₄ mostraron los mayores consumos de grasa bruta comparado con los demás tratamientos. Asimismo, las aves que consumieron dietas suplementadas con solo aceite de soya o BNa mostraron mayor ingesta de grasa cruda comparado con el tratamiento suplementado con vitC y control.

Mayores detalles de los datos registrados y análisis estadísticos sobre el consumo de alimento se muestran en los anexos III y VIII.

Tabla 8. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre el consumo diario de alimento y nutrientes de pollos de engorde desde los 30 hasta los 41 días de edad.

Tratamientos	Consumo diario/pollo (g)			
	Alimento	PB	GB	ELN
T ₀	218 ± 15	39,2 ± 2,7	12,8 ± 0,9 ^c	128 ± 9
T ₁	213 ± 7	38,4 ± 1,2	14,7 ± 0,4 ^{ab}	123 ± 4
T ₂	212 ± 15	38,2 ± 2,7	12,6 ± 0,9 ^c	125 ± 9
T ₃	207 ± 8	37,3 ± 1,5	13,3 ± 0,5 ^{bc}	121 ± 5
T ₄	219 ± 12	39,4 ± 2,2	15,9 ± 0,9 ^a	127 ± 7
<i>P</i> valor	0,555	0,555	< 0,001	0,519

Letras distintas representan diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA seguido de comparaciones poshoc de Tukey). Los valores se expresan como media ± DS (n=5).

PB: proteína bruta, GB: grasa bruta, ELN: extracto libre de nitrógeno.

4.3. Conversión alimenticia

En la tabla 9 se aprecia la ganancia de peso al día, el consumo de alimento diario y la conversión alimenticia resultante durante toda la etapa productiva del pollo de carne (0 a 41 días). Al analizar la varianza no se identificó diferencias estadísticamente reveladoras entre tratamientos para estos parámetros ($p > 0,05$).

Mayores detalles de los datos registrados y análisis estadísticos se muestran en los anexos IV, V y VIII.

Tabla 9. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre la ganancia de peso, consumo de alimento y la conversión alimenticia durante toda la etapa de evaluación (de 15 a 41 días de edad).

Tratamientos	Ganancia de peso, g/d *	Consumo de alimento, g/d **	Conversión alimenticia***
T ₀	73,0 ± 2,5	120 ± 5	1,64 ± 0,06 (0%)
T ₁	76,4 ± 8,2	121 ± 3	1,59 ± 0,17 (3%)
T ₂	76,4 ± 1,7	121 ± 7	1,58 ± 0,08 (3,7%)
T ₃	73,4 ± 3,8	120 ± 2	1,64 ± 0,08 (0%)
T ₄	79,6 ± 3,0	125 ± 5	1,58 ± 0,09 (3,7%)
<i>P valor</i>	<i>0,17</i>	<i>0,32</i>	<i>0,75</i>

* Ganancia de peso, g/d = Peso corporal / 41 d.

** Consumo de alimento, g/d = Consumo de alimento desde 0 hasta 41 d / 41 días.

*** Conversión alimenticia, g/d = Consumo de alimento / ganancia de peso.

Los valores se expresan como media ± DS (n=5).

4.4. Indicadores cárnicos

La tabla 10 muestra indicadores cárnicos importantes que podrían ser influenciados por las estrategias nutricionales durante el estrés calórico en dichas aves a los 41 días de edad. Al analizar la varianza se halló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el hígado ($p < 0,001$), pero no para el pecho, corazón y grasa abdominal. El peso del hígado, en porcentaje, fue mayor en los pollos que usaron la dieta basal suplementada con BNa, mientras que los menores pesos se observaron en los pollos que tuvieron una dieta basal y la dieta basal suplementada con vitC.

Mayores detalles de los datos registrados y análisis estadísticos se muestran en los anexos IV y VIII.

Tabla 10. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre algunos indicadores cárnicos (% con relación al peso corporal antes del sacrificio) de pollos de engorde a los 41 días de edad, Los valores dentro de paréntesis son porcentajes con relación al tratamiento control.

Tratamientos	Pecho	Corazón	Hígado	Grasa abdominal
T ₀	25,7 (100)	0,56 (100)	1,90 ^{bc} (100)	1,06 (100)
T ₁	24,5 (95)	0,52 (93)	2,24 ^{ab} (118)	1,17 (110)
T ₂	22,1 (86)	0,55 (98)	1,78 ^c (94)	1,02 (96)
T ₃	22,8 (89)	0,56 (100)	2,32 ^a (122)	1,28 (121)
T ₄	23,6 (92)	0,46 (82)	1,90 ^{bc} (100)	1,43 (135)
<i>P</i> valor	0,563	0,130	<0,001	0,510

Letras distintas representan diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA seguido de comparaciones post hoc de Tukey).

Los valores se expresan como media \pm DS y en paréntesis los porcentajes (n=4).

4.5. Retribución económica

En la tabla 11 se aprecia la retribución económica de las estrategias nutricionales durante el estrés calórico de dichos pollos que tenían 41 días de edad, al analizar la varianza no se halló diferencias estadísticamente reveladoras entre tratamientos de la retribución económica ($p = 0,74$), al expresarlo en porcentaje, tomando como referencia al T₀, la retribución económica solo fue numéricamente mayor para las aves que consumieron la dieta basal suplementada con vitC. Mayores detalles de los análisis estadísticos se muestran en los anexos VII y VIII.

Tabla 11. Efecto de las estrategias nutricionales para enfrentar el estrés por calor sobre la retribución económica de pollos de engorde a los 41 días de edad.

RETRIBUCIÓN ECONÓMICA	TRATAMIENTOS				
	T₀	T₁	T₂	T₃	T₄
INGRESOS					
Peso corporal (41 d)	2,99	3,14	3,14	3,01	3,27
Precio, S/, por kg	6	6	6	6	6
Ingreso bruto, S/. x kg	17,94	18,84	18,84	18,06	19,62
EGRESOS					
Costo pollo bb, S/.	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Consumo de alimento					
0 a 15 d, kg	0,659	0,659	0,659	0,659	0,659
16 a 29 d, kg	1,638	2,009	1,736	1,792	1,862
30 a 41 d, kg	2,607	2,556	2,546	2,487	2,627
Precio de alimento					
Inicio, S/,	2,271	2,271	2,271	2,271	2,271
Crecimiento I, S/,	2,121	2,200	2,180	2,149	2,290
Crecimiento II, S/,	2,079	2,261	2,138	2,087	2,350
Egreso bruto, S/, x kg	13,389	14,696	13,725	13,537	14,934
Retribución económica, S/,	4,55	4,14	5,12	4,52	4,69
<i>Probabilidad</i>			<i>0,740</i>		
Porcentaje relativo	100	91	112	99	103

CAPITULO V. DISCUSIONES

5.1. Peso corporal y ganancia de peso

Las tácticas empleadas para mitigar los impactos adversos del estrés térmico en la eficiencia productiva de los pollos de engorde incluyen la adición en su dieta de aceite, vitamina C y bicarbonato de sodio. En esta investigación, las aves que consumieron dietas que contenían dichos tres ingredientes alcanzaron el mayor peso del cuerpo a los 36 días vividos comparado con los demás tratamientos y obtuvieron mejor ganancia de peso diario entre los 30 - 36 días de edad comparado con los pollos que ingirieron dietas solo suplementadas con BNa.

En condiciones de estrés térmico, las dietas suelen ser suplementadas con grasa en reemplazo de los carbohidratos debido a que contiene 2,5 veces más de energía y produce menos calor y más agua metabólica (McDonald et al, 2010). El estrés térmico provoca peroxidación lipídica en las aves de corral, lo que hace necesaria la administración de antioxidantes como la vitC, un potente antioxidante que estabiliza agentes oxidantes al donar sus electrones (Egbuniwe et al, 2018). La respiración acelerada en aves afectadas por estrés calórico desequilibra el pH del plasma sanguíneo, un desbalance que puede corregirse con la administración de BNa (Wasti et al, 2020) sugiriéndose como eficaz un equilibrio electrolítico dietario entre 200-300 mEq/kg para mejorar los impactos nocivos del estrés por calor en pollos de corral (Mushtaq et al, 2013).

En este estudio, los pollos que recibieron dietas complementadas con aceite de soya (1,8% en la fase de crecimiento I y 4% en la fase de crecimiento II) mostraron un mayor aumento diario de peso entre los días 30 y 36 de edad, especialmente en condiciones de estrés por calor. El efecto beneficioso del aceite no fue observado a los 41 días de edad, Ghazalah et al, (2008) al valorar el impacto de diferentes niveles de energía metabolizable (3,1, 3,2 y 3,3) Mcal EM/kg) y grasa avícola (0, 2,5 y 5%) durante la estación calurosa de verano observaron mejores pesos corporales y mayor peso en los pollos que consumieron dietas con mayor EM o grasa avícola, sugiriendo aumentar la EM de la dieta por encima del nivel recomendado y añadir grasa hasta un 5 % de la dieta para calmar los efectos secundarios del estrés térmico sobre la productividad de dichas aves. Seifi et al, (2018) pudieron observar que el tipo de grasa dietaria (3,9, 3,4, 4,9 y 5,5% de aceite de soya, aceite de coco, aceite de olivo y sebo de bovino, respectivamente) no influyó sobre el peso del cuerpo y no atenuó la pérdida de ganancia diaria de peso a 36°C comparado con las aves criadas a 24°C, durante el periodo de 32 a 41 días de edad.

Asimismo, las aves criadas a 24°C tuvieron más peso corporal y ganaron más peso que las criadas a 36°C.

Es este estudio, los pollos que tuvieron dietas complementadas con BNa y balance electrolítico de 280 mEq/kg mostraron menor ganancia diaria de peso de los 30 a 36 d. Según Mushtaq et al, (2013) para que las aves tengan un buen rendimiento en diversas situaciones de alta temperatura se debe de mantener un rango de balance electrolítico entre 200 y 300 mEq/kg. Borges et al, (2003), en situaciones en las que las condiciones de temperatura eran normales y cuando los pollos de carne estaban expuestos al estrés térmico, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas en términos de aumento de peso entre aquellos que consumieron dietas con un balance electrolítico que oscilaba entre 300 y 340 mEq/kg.

5.2. Consumo de alimento

La suplementación con aceite, vitC y BNa tendría un efecto sinérgico positivo dentro del consumo de alimento en pollos de carne bajo condición de estrés calórica. En el presente estudio, las aves del tratamiento suplementado con aceite, vitC y BNa mostraron tendencias de mayores consumos de alimento durante la etapa de crecimiento I, reflejándose en la mayor ingesta diaria de grasa bruta.

Las aves que consumieron dietas suplementadas solo con aceite de soya no tuvieron un mayor consumo de alimento, pero si mayor consumo de grasa bruta en las dos etapas de crecimiento comparado con el control, las aves con estrés por calor reducen el consumo alimenticio con la finalidad de disminuir la creación de calor inducida por la dieta (Brannan et al, 2021), aunque la disminución del consumo alimenticio reduce la producción metabólica de calor de los pollos (Cooper y Washburn, 1998). La ingesta inadecuada de energía junto con las elevadas demandas energéticas a medida que el ave lucha por mantener la homeostasis corporal deprimirá el crecimiento (Hurwitz et al, 1980). Por ello, una estrategia para mantener la ingesta de energía cuando el consumo de alimento disminuye durante el estrés térmico es suplementar la dieta con grasa. Ghazalah et al, (2008) observaron mayores consumos de alimento cuando se suplemento con 2,5 o 5% de grasa avícola en la dieta.

Las aves que consumieron dietas suplementadas solo con vitC no mostraron mayores consumos de alimento, pero la ingesta de grasa bruta fue mayor para la fase de crecimiento I y similar para la fase del crecimiento II, cuando se comparó con el tratamiento control. La vitC

es utilizado como suplemento en la dieta de aves de engorde con el objetivo de mejorar las particularidades de rendimiento, especialmente en situaciones de estrés (Lopes et al., 2020), sin embargo, su sola suplementación no sería suficiente para contrarrestar los impactos del estrés calórico cuando el peso corporal del ave aumenta. Egbuniwe et al, (2018) no halló influencia de la complementación de vitC sobre la ingesta de alimentos de los pollos de engorde en estación cálida (temperaturas ambientales de 28 y 37°C).

El suplemento de BNa en la dieta no influyó sobre el consumo del alimento, pero si se observó mayor ingesta de grasa bruta en la etapa de crecimiento I y tendencias de mayores ingestas de grasa bruta en el crecimiento II comparado con el tratamiento control, a medida que aumenta la gravedad del estrés por calor, los pollos de carne recurren al jadeo para disipar el calor corporal (Elshafaei et al., 2020). Este aumento del jadeo puede provocar alcalosis respiratoria y una mayor excreción urinaria de iones Na^+ , K^+ y HCO_3^- (Molero, 2007) por lo que se utiliza sales electrolíticas como el BNa para compensar estas pérdidas y apoyar el rendimiento y la supervivencia de los pollos de carne durante períodos de altas temperaturas desafiantes (Mushtaq et al., 2013). El estudio de metaanálisis de Andretta et al, (2021) concluye que el estrés calórico afecta más a los pollos de más de 21 días de edad, siendo el consumo de alimento diario la variable más afectada.

5.3. Conversión alimenticia

En esta investigación, la conversión de alimentos no fue influenciada por las estrategias nutricionales evaluadas, aunque numéricamente, la suplementación de aceite de soya, vitC y BNa en la dieta mejoró en 3,7% la eficacia de conversión alimenticia. El estudio de metaanálisis de Andretta et al, (2021) concluye que dicha conversión no se ve afectada por el estrés por calor en aves que tenían más de 21 días de nacidos.

Ghazalah et al, (2008) observaron que la conversión alimenticia mejoró significativamente cuando se suplementó con 2,5 o 5% de grasa avícola en las dietas de dichos pollos. En este estudio las aves que tuvieron dietas complementadas con aceite mostraron conversiones alimenticias más eficientes en 3% comparado con el control.

Egbuniwe et al, (2018) no hallaron efectos significativos del suministro de vitC sobre la conversión alimenticia, aunque numéricamente, estimaron conversiones menos eficientes en 2,8% en el período de crecimiento I (2 a 4 semanas) y más eficientes en 13,1% en el periodo de

crecimiento II (4 a 6 semanas), comparado con el control. En el presente estudio, la conversión alimenticia durante toda la etapa productiva fue 3,7% más eficiente comparado con el control.

Rodrigues et al, (2019), al analizar los efectos del balance electrolítico de la dieta (300 mEq/kg) y el acondicionamiento térmico (estrés térmico crónico, 6h/día a 32°C de 35 a 39 d de edad y estrés térmico agudo, 36°C durante 6h a los 38 días) no encontraron efectos significativos sobre la conversión alimenticia. En el estudio actual, la eficiencia en la conversión de alimentos de los pollos que fueron alimentados exclusivamente con dietas suplementadas de BNa fue numéricamente similar al grupo de control.

5.4. Indicadores cárnicos

Zhang et al, (2012) lograron observar una disminución en la proporción de músculo en las pechugas de las aves de engorde que experimentaron estrés calórico crónico, se plantea la hipótesis de que las elevadas temperaturas ambientales podrían disminuir la capacidad ribosomal, conduciendo a la disminución de la tasa de síntesis de proteínas, y dando lugar a la reducción de la deposición de proteínas. Geraert et al, (1996) informan que la alta temperatura ambiental disminuye el contenido proteico corporal, la ganancia proteica y la ingesta de proteína retenida: proteína en pollos de engorde, lo que sugiere que el estrés térmico crónico modifica el metabolismo proteico, disminuye la síntesis proteica y aumenta la tasa catabólica. En el presente estudio, la suplementación estratégica no mejoro el rendimiento de pecho con relación al tratamiento control (dieta basal), aunque las aves suplementadas con aceite de soya, vitC y/o BNa mostraron menores rendimientos de pecho, aunque solo fueron diferencias numéricas. Liu et al, (2023), al evaluar el rendimiento del crecimiento de los pollos de engorde sometidos a estrés calórico observaron disminución de la tasa de músculo de la pechuga (25%) comparado con el control en condiciones de termoneutralidad (26,8%).

El corazón es un órgano importante relacionado con el suministro de energía y puede sufrir cambios bajo el estrés térmico (Wang et al, 2023). A medida que aumenta la frecuencia cardíaca y se aumenta el flujo sanguíneo hacia los tejidos con el fin de optimizar la eliminación del calor, se produce una disminución en los flujos sanguíneos dirigidos hacia los órganos (Rebez et al, 2023). Aengwanich y Simaraks (2004) al estudiar el estrés térmico (33°C) en aves de engorde desde los 28 días de edad observaron hipertrofia de la aurícula derecha con acumulación excesiva de sangre, agrandamiento del corazón e hipertrofia del ventrículo derecho en el 80% de las aves. En esta investigación, todas

las aves que tuvieron dietas complementadas con alguna o todas las estrategias nutricionales mostraron menor peso relativo del corazón, con excepción de los pollos que tuvieron dietas complementadas con BNa, comparado con el control. Los pollos que tuvieron dietas complementadas con todas las estrategias nutricionales posiblemente tienen un efecto sinérgico de protección sobre el corazón observándose menor peso del corazón, que sugiere que no se manifestaron los efectos reportados por otros autores.

El hígado es propenso a sufrir daños durante el estrés por calor, por la reducción del 22% del flujo sanguíneo hepático (Wolfenson et al, 1981). Ma et al, (2022) observaron que después de 7 d de exposición al calor, el peso referente del hígado del grupo estrés por calor aumentó aproximadamente un 7% en comparación con el grupo en confort ambiental, aunque la diferencia no fue significativa. En esta investigación, los pollos que tuvieron dietas complementadas con aceite y dietas suplementadas con BNa mostraron aumentos de peso en 17 y 22%, mientras que la suplementación con solo vitC mostraron un 6% menos de peso con respecto al tratamiento control. El peso anormal del hígado causado por el estrés térmico se debería a la acumulación de grasa en el hígado (Lu et al., 2019). Ma et al, (2022) sugieren que el estrés térmico desencadena una hipertrofia compensatoria del hígado con el fin de compensar la disminución de la función hepática del pollo de engorde sometido a estrés térmico. Los pollos que tuvieron dietas complementadas con aceite de soya, vitC y BNa mostraron pesos similares al tratamiento control.

Las aves en estrés por calor aumentan la deposición de grasa y la glucogénesis, lo que sugiere que se encuentran en un estado metabólicamente inflexible y prefieren la glucosa como combustible para generar ATP de manera ineficiente (Nawaz et al, 2021). La sobreproducción ROS durante el estrés térmico bloquearía aún más la entrada de piruvato al ciclo de Krebs (Emami et al., 2021), lo que sugiere un desvío de la glucosa hacia la lipogénesis. En esta investigación, numéricamente, los pollos que tuvieron dietas complementadas con aceite, vitC y BNa, mostraron mayor grasa abdominal en 21% más comparado con el control. Liu et al, (2023), al evaluar el desarrollo de las aves de engorde sometidos a estrés térmico desde los 28 hasta los 41 días de edad observaron aumento de la tasa de deposición de grasa abdominal (1,92%) en comparación con el control en condiciones de termoneutralidad (1,64%).

5.5. Retribución económica

El estrés térmico es un factor fundamental del estrés ambiental en la industria avícola, que provoca importantes pérdidas económicas (Wasti et al, 2020). La suplementación de cualquiera de las estrategias nutricionales o juntas en las dietas evaluadas incrementó el costo de la ración lo que disminuyó, numéricamente dicha retribución. La menor retribución financiera de las aves que tuvieron dietas complementadas con las tres estrategias nutricionales (19,8% menos con respecto al control) se debería a la tendencia de mayor consumo alimenticio que se pudo apreciar en el periodo de crecimiento.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Dadas las condiciones, se llegó a la conclusión:

- El T4 mejoró el peso corporal a los 36 días de edad, pero no a los 41, en pollos de carne bajo estrés térmico.
- El T1 mejoró la ganancia de peso diario entre los 30 y 36 días de edad, mientras que la suplementación con BNa se mostró inferior.
- El T4 en ambas etapas (15 a 29 días y 30 a 41 días) generó mayor consumo de alimento a diferencia de los demás tratamientos.
- La conversión alimenticia fue similar en todos los tratamientos.
- El peso del pecho, corazón y grasa abdominal fueron similares en todos los tratamientos. El peso del hígado fue mayor en el T3 en comparación al resto de tratamientos.
- La retribución económica fue similar en todos los tratamientos.

6.2. Recomendaciones

Dadas las circunstancias en las que se desarrolló este estudio, se recomienda:

- Medir el tamaño de los órganos rojos (hígado, corazón) en aves bajo estrés térmico.
- Realizar un análisis de laboratorio a nivel intestinal.
- Evaluar las aves bajo estrés por calor con una temperatura superior a lo evaluado, siguiendo la misma metodología y finalmente realizar una comparación con ambos resultados.

CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aengwanich, W., & Simaraks, S, (2004), Pathology of heart, lung, liver and kidney in broilers under chronic heat stress, *Pathology*, 26(3), 418, <https://www.researchgate.net/publication/26477045>
- Ajakaiye J, Joachim, Pérez B, Alcides, & Mollineda T, Angel, (2011), Effects of hightemperature on production in layer chickens supplemented with vitamins C and E, *RevistaMVZ Córdoba*, 16(1), 2283-2291, Retrieved September 08, 2021, from, <https://www.researchgate.net/publication/215648160>
- Andretta, I., Kipper, M., Schirmann, G, D., Franceschina, C, S., & Ribeiro, A, M, L, (2021), Modeling the performance of broilers under heat stress, *Poultry science*, 100(9), 101338, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101338>
- Beckford, R, C., Ellestad, L, E., Proszkowiec-Weglarz, M., Farley, L., Brady, K., Angel, R., Liu, H, C., & Porter, T, E, (2020), Effects of heat stress on performance, blood chemistry, and hypothalamic and pituitary mRNA expression in broiler chickens, *Poultry science*, 99(12), 6317–6325, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.052>
- Borges, S, A., Da Silva, A, F., & Maiorka, A, (2007), Acid-base balance in broilers, *World's Poultry Science Journal*, 63(1), 73-81, <https://doi.org/10.1017/S0043933907001286>
- Borges, S, A., Fischer da Silva, A, V., Majorka, A., Hooge, D, M., & Cummings, K, R,(2004), Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram), *Poultry science*, 83(9), 1551–1558, <https://doi.org/10.1093/ps/83.9.1551>
- Brannan, K, E., Livingston, K, A., & Van Rensburg, C, J, (2021), Embryonic thermal manipulation and dietary fat source during acute heat stress: 1, effect on hatchability and broiler performance, *Journal of Applied Poultry Research*, 30(2), 100143, <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100143>
- Chaiyabutr, N, (2004), Physiological reactions of poultry to heat stress and methods to reduce its effects on poultry production, *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 34(2), 17-30,
- Chen, S., Yong, Y., & Ju, X, (2021), Effect of heat stress on growth and production performance of livestock and poultry: Mechanism to prevention, *Journal of thermal biology*, 99, 103019,

<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103019>

Cisneros, E, (2019), *Evaluación comparativa de cinco perfiles de proteína ideal y dos programas de alimentación en pollos de carne* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina], Repositorio digital de tesis y trabajos de investigación, <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12996/3839/cisneros-rodriguez-esteban-martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cobb – Vantress, 2008, Guía de Manejo de Reproductoras, Brasil, 62 p, Recuperado en: <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/cff8d901a4/Cobb-Breeder-Guide-Spanish.pdf>

Cooper, M, A., & Washburn, K, W, (1998), The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress, *Poultry Science*, 77(2), 237-242,

Egbuniwe, I, C., Ayo, J, O., & Ocheja, O, B, (2018), Betaine and ascorbic acid modulate indoor behavior and some performance indicators of broiler chickens in response to hot-dry season, *Journal of thermal biology*, 76, 38-44, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.06.006>

Elshafaei, H, E., Rashed, R, R., Goma, A, A., El-Kazaz, S, E., Kerr, M, J., Smith, M., ,, & Downing, J, A, (2020), Use of water electrolyte supplementation for three days prior to processing helps alleviate the consequences of a severe thermal challenge on performance in meat chickens, *Livestock Science*, 242, 104260, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104260>

Emami, N, K., Jung, U., Voy, B., & Dridi, S, (2020), Radical Response: Effects of Heat Stress-Induced Oxidative Stress on Lipid Metabolism in the Avian Liver, *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(1), 35, <https://doi.org/10.3390/antiox10010035>

Feed Science and Technology, 10.1016/j.anifeedsci.2020.114395, (114395), (2020), <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114395>

Furlan, R, L., de Faria Filho, D, E., Rosa, P, S., & Macari, M, (2004), Does low-protein diet improve broiler performance under heat stress conditions?, *Brazilian Journal of Poultry Science*, 6, 71-79, <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2004000200001>

Gęgotek, A., & Skrzydlewska, E, (2022), Antioxidative and anti-Inflammatory activity of ascorbic acid, *Antioxidants*, 11(10), 1993, <https://doi.org/10.3390/antiox11101993>

- Gernat, A, (2006), Consumo de Alimento de Pollo de Engorde de A a Z, Avicultura, Recuperado en: [https://www.engormix.com/avicultura/articulos/consumoalimento-pollo-engorde-t26586,htm](https://www.engormix.com/avicultura/articulos/consumoalimento-pollo-engorde-t26586.htm)
- Ghazalah, A, A., Abd-Elsamee, M, O., & Ali, A, M, (2008), Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm, *International Journal of Poultry Science*. 7(4), 355-359, <https://doi.org/10.3923/ijps.2008.355.359>
- Ghazi, S., Amjadian, T., & Norouzi, S, (2015), Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition, *International journal of biometeorology*, 59(8), 1019–1024, <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0915-4>
- Goel, A., Ncho, C, M., & Choi, Y, H, (2021), Regulation of gene expression in chickens by heat stress, *Journal of animal science and biotechnology*, 12(1), 1-13, <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00523-5>
- Gonzalez-Rivas, P, A., Chauhan, S, S., Ha, M., Fegan, N., Dunshea, F, R., & Warner, R, D, (2020), Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review, *Meat science*, 162, 108025, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108025>
- Huang, Z., Mu, C., Chen, Y., Zhu, Z., Chen, C., Lan, L., Xu, Q., Zhao, W., & Chen, G, (2015), Effects of dietary probiotic supplementation on LXR α and CYP7 α 1 gene expression, liver enzyme activities and fat metabolism in ducks, *British poultry science*, 56(2), 218–224, <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.1000821>
- Hurwitz, S., Weiselberg, M., Eisner, U., Bartov, I., Riesenfeld, G., Sharvit, M., .., & Bornstein, S, (1980), The energy requirements and performance of growing chickens and turkeys as affected by environmental temperature, *Poultry Science*, 59(10), 2290-2299, <https://doi.org/10.3382/ps.0592290>
- Jastrebski, S, F., Lamont, S, J., & Schmidt, C, J, (2017), Chicken hepatic response to chronic heat stress using integrated transcriptome and metabolome analysis, *PloS one*, 12(7), e0181900, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181900>
- Juiputta, J., Chankitisakul, V., & Boonkum, W, (2023), Appropriate Genetic Approaches for Heat Tolerance and Maintaining Good Productivity in Tropical Poultry Production: A

Review, *Veterinary Sciences*, 10(10), 591, <https://doi.org/10.3390/vetsci10100591>

Khan, R, U., Naz, S., Nikousefat, Z., Selvaggi, M., Laudadio, V., & Tufarelli, V, (2012), Effect of ascorbic acid in heat-stressed poultry, *World's Poultry Science Journal*, 68(3), 477-490, <https://doi.org/10.1017/S004393391200058X>

Kumari, K, N, R., & Nath, D, N, (2018), Ameliorative measures to counter heat stress in poultry, *World's Poultry Science Journal*, 74(1), 117-130, <https://doi.org/10.1017/S0043933917001003>

Laganá, C., Ribeiro, A, M, L., Kessler, A, D, M., Kratz, L, R., & Pinheiro, C, C, (2007), Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress, *Brazilian Journal of Poultry Science*, 9, 39-43, <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2007000100006>

Lee, J, T., Rochell, S, J., Kriseldi, R., Kim, W, K., & Mitchell, R, D, (2023), Functional properties of amino acids: improve health status and sustainability, *Poultry Science*, 102(1), 102288, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102288>

Lennon, S, V., Martin, S, J., & Cotter, T, G, (1991), Dose-dependent induction of apoptosis in human tumour cell lines by widely diverging stimuli, *Cell proliferation*, 24(2), 203–214, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2184.1991.tb01150.x>

Liu, Y., Liu, Z., Xing, T., Li, J., Zhang, L., Zhao, L., & Gao, F, (2023), Effect of chronic heat stress on the carbonylation of glycolytic enzymes in breast muscle and its correlation with the growth performance of broilers, *Poultry science*, 102(12), 103103, Advance online publication, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103103>

Lopes, T, V., Brito, J, Á, G., Machado, A, C., de Lima Silva, F., & Pinheiro, A, M, (2020), Low levels of protected ascorbic acid improve broiler chicken performance after long fasting on housing, *Animal Feed Science and Technology*, 261, 114395, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114395>

Ma, B., Xing, T., Li, J., Zhang, L., Jiang, Y., & Gao, F, (2022), Chronic heat stress causes liver damage via endoplasmic reticulum stress-induced apoptosis in broilers, *Poultry science*, 101(10), 102063, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102063>

- Mack, L, A., Felver-Gant, J, N., Dennis, R, L., & Cheng, H, W, (2013), Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens, *Poultry science*, 92(2), 285–294, <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02589>
- Marder, J., & Arad, Z, (1989), Panting and acid-base regulation in heat stressed birds, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 94(3), 395-400, [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(89\)90112-6](https://doi.org/10.1016/0300-9629(89)90112-6)
- Mateos, G, G., Sell, J, L., & Eastwood, J, A, (1982), Rate of food passage (transit time) as influenced by level of supplemental fat, *Poultry science*, 61(1), 94–100, <https://doi.org/10.3382/ps.0610094>
- Mazzoni, M., Zampiga, M., Clavenzani, P., Lattanzio, G., Tagliavia, C., & Sirri, F. (2022). Effect of chronic heat stress on gastrointestinal histology and expression of feed intake-regulatory hormones in broiler chickens. *animal*, 16(8), 100600. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100600>
- McDonald, P., L,A, Edwards, J,F,D, Greenhalgh, C,A, Morgan, L,A, Sinclair, and R,G, Wilkinson, 2010, *Animal Nutrition 7^a ed*, 714 p, Benjamin-Cummings, New York, <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2020/07/animal-nutrition-7th-edition.pdf>
- Molero, C, (2007), Nutritional solutions to heat stress, *International Poultry Production*, 15(5), 27-29,
- Moreno, A, (2005), Apuntes del curso de evaluación Técnica y Económica de la producción animal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima–Perú, Pág,33-39, <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12996/3943/plaza-salazar-jorge-junior.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estrada-Pareja, M, & Márquez-Girón, (2007), Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde, *Rev Col Cienc Pec*, 2007, 20: 288-303, <https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REBICAMCLI/article/view/809/1430#citations>
- Mujahid, A, (2011), Nutritional strategies to maintain efficiency and production of chickens under high environmental temperature, *The Journal of Poultry Science*, 48(3), 145-154, <https://doi.org/10.1079/WPS19990017>

- Mushtaq, M, M, H., Pasha, T, N., Mushtaq, T., & Parvin, R, (2013), Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on growth performance, water intake and litter quality, *World's Poultry Science Journal*, 69(4), 789-802, <https://doi.org/10.1017/S0043933913000810>
- Nawaz, A, H., Amoah, K., Leng, Q, Y., Zheng, J, H., Zhang, W, L., & Zhang, L, (2021), Poultry Response to Heat Stress: Its Physiological, Metabolic, and Genetic Implications on Meat Production and Quality Including Strategies to Improve Broiler Production in a Warming World, *Frontiers in veterinary science*, 8, 699081, <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.699081>
- Onagbesan, O, M., Uyanga, V, A., Oso, O., Tona, K., & Oke, O, E, (2023), Alleviating heat stress effects in poultry: updates on methods and mechanisms of actions, *Frontiers in veterinary science*, 10, 1255520, <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1255520>
- Park, J, S., Kang, D, R., & Shim, K, S, (2022), Proteomic changes in broiler liver by body weight differences under chronic heat stress, *Poultry science*, 101(5), 101794, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101794>
- Pisoschi, A.M. and Pop, A. (2015) The Role of Antioxidants in the Chemistry of Oxidative Stress: A Review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97, 55-74. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040>
- Polsky, L., & von Keyserlingk, M, A, G, (2017), Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare, *Journal of dairy science*, 100(11), 8645–8657, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
- Prediction Of Worldwide Energy Resource, (26 de agosto del 2023), *POWER / Data Access Viewer*, <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Qaid, M, M., & Al-Garadi, M, A, (2021), Protein and Amino Acid Metabolism in Poultry during and after Heat Stress: A Review, *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(4), 1167, <https://doi.org/10.3390/ani11041167>
- Quinteiro-Filho, W, M., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Pinheiro, M, L., Sakai, M., Sá, L, R., Ferreira, A, J., & Palermo-Neto, J, (2010), Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens, *Poultry science*, 89(9), 1905–1914, <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00812>
- R Core Team (2021), *R: A Language and environment for statistical computing*, (Version 4,1)

[Computer software], Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022-01-01),

Rebez, E. B., Sejian, V., Silpa, M. V., & Dunshea, F. R. (2023), Heat stress and histopathological changes of vital organs: A novel approach to assess climate resilience in farm animals, *Sustainability*, 15(2), 1242, <https://doi.org/10.3390/su15021242>

Renaudeau D, Collin A, Yahav S, de Basilio V, Gourdine J,L, Collier R,J (2012), Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production, *Animal* 6: 707-728, <https://doi.org/10.1017/S2040470010000075>

Rodrigues, M., Garcia Neto, M., Perri, S., Sandre, D., Faria Jr, M., Oliveira, P., Pinto, M., & Cassiano, R. (2019), techniques to minimize the effects of acute heat stress or chronic in broilers, *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(3), eRBCA-2018-0962, <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0962>

Saeed, M., Abbas, G., Alagawany, M., Kamboh, A. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., & Chao, S. (2019), Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview, *Journal of thermal biology*, 84, 414–425, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.07.025>

Sahin, K., Onderci, M., Sahin, N., Gursu, M. F., & Kucuk, O. (2003), Dietary vitamin C and folic acid supplementation ameliorates the detrimental effects of heat stress in Japanese quail, *The Journal of nutrition*, 133(6), 1882–1886, <https://doi.org/10.1093/jn/133.6.1882>

Salem, H. M., Alqhtani, A. H., Swelum, A. A., Babalghith, A. O., Melebary, S. J., Soliman, S. M., Khafaga, A. F., Selim, S., El-Saadony, M. T., El-Tarabily, K. A., & Abd El-Hack, M. E. (2022), Heat stress in poultry with particular reference to the role of probiotics in its amelioration: An updated review, *Journal of thermal biology*, 108, 103302, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103302>

Saracila, M., Panaite, T. D., Mironeasa, S., & Untea, A. E. (2021), Dietary supplementation of some antioxidants as attenuators of heat stress on chicken meat characteristics, *Agriculture*, 11(7), 638, <https://doi.org/10.3390/agricultura11070638>

Sarsour, A. H., & Persia, M. E. (2022), Effects of sulfur amino acid supplementation on broiler chickens exposed to acute and chronic cyclic heat stress, *Poultry science*, 101(7), 101952,

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101952>

- Seifi, K., Rezaei, M., Yansari, A, T., Riazi, G, H., Zamiri, M, J., & Heidari, R, (2018), Saturated fatty acids may ameliorate environmental heat stress in broiler birds by affecting mitochondrial energetics and related genes, *Journal of thermal biology*, 78, 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.018>
- Senamhi. (01 de marzo de 2023). *Senamhi*. Obtenido de Senamhi: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=prensa&n=1658>
- Sultan, M., Miyazaki, T., Koyama, S., & Khan, Z, M, (2018), Performance evaluation of hydrophilic organic polymer sorbents for desiccant air-conditioning applications, *Adsorption Science & Technology*, 36(1-2), 311-326, <https://doi.org/10.1177/0263617417692338>
- Surai, P, F., Kochish, I, I., Fisinin, V, I., & Kidd, M, T, (2019), Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update, *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(7), 235, <https://doi.org/10.3390/antiox8070235>
- Tariq S, A, (2007), Role of ascorbic acid in scavenging free radicals and lead toxicity from biosystems, *Molecular biotechnology*, 37(1), 62–65, <https://doi.org/10.1007/s12033-007-0045-x>
- Teeter, R, G., & Belay, T, (1996), Broiler management during acute heat stress, *Animal Feed Science and Technology*, 58(1-2), 127-142, [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00879-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00879-9)
- The jamovi project (2022), *jamovi*, (Version 2,3) [Computer Software], Retrieved from <https://www.jamovi.org>,
- Wang, R., Guo, Y., Shi, Z., & Qin, S, (2023), A quantitative proteomic analyses of primary myocardial cell injury induced by heat stress in chicken embryo, *Journal of thermal biology*, 112, 103461, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103461>
- Wang, W, C., Yan, F, F., Hu, J, Y., Amen, O, A., & Cheng, H, W, (2018), Supplementation of *Bacillus subtilis*-based probiotic reduces heat stress-related behaviors and inflammatory response in broiler chickens, *Journal of animal science*, 96(5), 1654–1666, <https://doi.org/10.1093/jas/sky092>
- Wasti, S., Sah, N., & Mishra, B, (2020), Impact of Heat Stress on Poultry Health and Performances, and Potential Mitigation Strategies, *Animals*, 10(8), 1266, MDPI AG, Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/ani10081266>

- Wolfenson, D., Frei, Y, F., Snapir, N., & Berman, A, (1981), Heat stress effects on capillary blood flow and its redistribution in the laying hen, *Pflugers Archiv : European journal of physiology*, 390(1), 86–93, <https://doi.org/10.1007/BF00582717>
- Zhang, Z, Y., Jia, G, Q., Zuo, J, J., Zhang, Y., Lei, J., Ren, L., & Feng, D, Y, (2012), Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat, *Poultry science*, 91(11), 2931–2937, <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02255>
- Zuidhof, M, (2019), A review of dietary metabolizable and net energy: Uncoupling heat production and retained energy, *Journal of Applied Poultry Research*, 28(2), 231-241, <https://doi.org/10.3382/japr/pfx062>
- Zhicay, C, (2016), Evaluación de la ración alimenticia controlada en horas en pollos parrilleros (tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador, <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13482/1/UPS-CT006890.pdf>

ANEXOS

ANEXO I: Pesos corporales semanales de pollos de engorde alimentados con las tres estrategias nutricionales.

Tratamiento	Peso corporal (g)				
	15 d	22 d	29 d	36 d	41 d
T0	617	1163	1804	2436	2966
T0	595	1053	1763	2428	3004
T0	515	1071	1760	2528	3157
T0	545	921	1701	2442	2975
T0	471	969	1590	2249	2873
T1	619	1191	1882	2454	3437
T1	581	1082	1676	2520	3132
T1	547	1040	1719	2549	3146
T1	519	995	1630	2524	3370
T1	561	982	1526	2416	2595
T2	600	1211	1741	2507	3170
T2	586	1137	1823	2531	3248
T2	538	1058	1739	2405	3136
T2	525	1071	1759	2465	3084
T2	545	1102	1668	2580	3055
T3	618	1226	1814	2486	3210
T3	602	1131	1740	2433	3106
T3	536	1082	1723	2393	3037
T3	536	1029	1704	2285	2810
T3	471	1016	1754	2278	2870
T4	622	1195	1947	2756	3369
T4	584	1189	1870	2638	3370
T4	562	1069	1754	2498	3316
T4	532	1046	1742	2528	3083
T4	577	1193	1851	2618	3204

ANEXO II: Ganancia de peso por semana de pollos de engorde alimentados con las tres estrategias nutricionales.

Tratamiento	Ganancia de peso por semana (g)			
	15-22 d	23-29 d	30-36 d	37-41 d
T0	547	641	632	530
T0	458	710	665	576
T0	556	689	768	629
T0	376	780	741	533
T0	499	621	659	624
T1	572	691	572	983
T1	501	594	844	612
T1	493	679	830	597
T1	477	635	894	846
T1	420	545	890	179
T2	611	530	766	663
T2	551	686	708	717
T2	521	681	666	731
T2	545	688	706	619
T2	558	566	913	475
T3	608	588	672	724
T3	529	609	693	673
T3	546	641	670	644
T3	493	675	581	525
T3	546	738	524	593
T4	573	752	809	613
T4	605	681	768	732
T4	507	685	744	818
T4	514	696	786	555
T4	616	659	766	586

ANEXO III: Consumo de alimento acumulado por semana de pollos de engorde alimentados con las tres estrategias nutricionales.

Tratamiento	Consumo de alimento acumulado (g)			
	22 d	29 d	36 d	41 d
T0	800	1680	2800	4000
T0	766	1666	3016	4341
T0	736	1696	3136	4496
T0	780	1540	2880	4120
T0	700	1600	2875	4275
T1	840	1920	3240	4464
T1	880	1740	3120	4224
T1	780	1760	3040	4384
T1	740	1700	2960	4184
T1	800	1550	2900	4205
T2	820	1740	3340	4140
T2	820	1920	3420	4660
T2	734	1634	2774	3954
T2	820	1780	3100	4400
T2	800	1625	2825	4292
T3	920	1960	3280	4400
T3	820	1700	3020	4260
T3	780	1620	2940	4240
T3	740	1760	3020	4160
T3	900	1925	3200	4325
T4	798	1938	3318	4678
T4	740	1780	2860	4160
T4	774	1874	3254	4614
T4	758	1738	3238	4418
T4	897	1997	3347	4597

ANEXO IV: Conversión alimenticia acumulada por semana de pollos de engorde alimentados con las tres estrategias nutricionales.

Tratamiento	Conversión alimenticia acumulada (g)			
	Conv 21	Conv 28	Conv 35	Conv 41
T0	1,46	1,42	1,54	1,70
T0	1,67	1,43	1,65	1,80
T0	1,32	1,36	1,56	1,70
T0	2,07	1,33	1,52	1,70
T0	1,40	1,43	1,62	1,78
T1	1,47	1,52	1,77	1,58
T1	1,76	1,59	1,61	1,66
T1	1,58	1,50	1,52	1,69
T1	1,55	1,53	1,48	1,47
T1	1,90	1,61	1,56	2,07
T2	1,34	1,53	1,75	1,61
T2	1,49	1,55	1,76	1,75
T2	1,41	1,36	1,49	1,52
T2	1,50	1,44	1,60	1,72
T2	1,43	1,45	1,39	1,71
T3	1,51	1,64	1,76	1,70
T3	1,55	1,49	1,65	1,70
T3	1,43	1,36	1,58	1,70
T3	1,50	1,51	1,73	1,83
T3	1,65	1,50	1,77	1,80
T4	1,39	1,46	1,55	1,70
T4	1,22	1,38	1,39	1,49
T4	1,52	1,57	1,68	1,68
T4	1,48	1,44	1,62	1,73
T4	1,46	1,57	1,64	1,75

ANEXO V: parámetros de rendimiento productivo de pollos de engorde alimentados con las tres estrategias nutricionales.

Tratamiento	Parámetros diarios (15 a 41 d)		
	GP total (g)	Cons total (g)	Conv total (g)
T0	84	143	1,703
T0	86	155	1,802
T0	94	161	1,702
T0	87	147	1,695
T0	86	153	1,780
T1	101	159	1,584
T1	91	151	1,656
T1	93	157	1,687
T1	102	149	1,467
T1	73	150	2,068
T2	92	148	1,611
T2	95	166	1,751
T2	93	141	1,522
T2	91	157	1,720
T2	90	153	1,709
T3	93	157	1,697
T3	89	152	1,701
T3	89	151	1,695
T3	81	149	1,829
T3	86	154	1,803
T4	98	167	1,703
T4	100	149	1,493
T4	98	165	1,675
T4	91	158	1,732
T4	94	164	1,750

ANEXO VI: Indicadores cárnicos de pollos (%) de engorde alimentados con las tres estrategias nutricionales.

Tratamiento	Pecho	Corazón	Hígado	Grasa abdominal
T0	19,33	0,49	1,72	1,02
T0	27,44	0,56	1,92	1,26
T0	30,9	0,6	1,9	0,8
T0	25,31	0,61	2,08	1,18
T1	27,02	0,48	2,32	1,23
T1	21,84	0,61	2,18	0,99
T1	26,77	0,54	2,22	0,97
T1	22,21	0,49	2,24	1,49
T2	27,13	0,53	1,88	1,04
T2	19,49	0,61	1,77	1,4
T2	18,77	0,49	1,57	0,77
T2	23,16	0,55	1,89	0,89
T3	22,76	0,48	2,6	1,57
T3	21,93	0,59	2,36	0,9
T3	23,14	0,55	2	1,66
T3	23,46	0,6	2,3	0,99
T4	25,7	0,38	1,84	1,11
T4	25,34	0,47	1,97	2,03
T4	21,1	0,47	1,76	0,82
T4	22,14	0,53	2,04	1,78

ANEXO VII: Retribución económica de pollos de engorde alimentados con las tres estrategias nutricionales.

Tratamiento	Retribución económica					
	Ingreso, S/,	Costo inicio, S/,	Costo crec I, S/,	Costo crec II, S/,	Egreso, S/,	Retrib, S/,
T0	19,3	1,497	3,776	8,815	17,087	2,19
T0	19,5	1,497	3,495	8,711	16,703	2,82
T0	20,5	1,497	3,365	8,915	16,776	3,74
T0	19,3	1,497	3,109	8,613	16,218	3,12
T0	18,7	1,497	3,168	7,981	15,645	3,03
T1	22,3	1,497	3,982	9,804	18,282	4,06
T1	20,4	1,497	3,657	9,487	17,641	2,72
T1	20,4	1,497	3,491	9,650	17,637	2,81
T1	21,9	1,497	3,330	9,392	17,219	4,69
T1	16,9	1,497	3,394	8,914	16,805	0,06
T2	20,6	1,497	3,948	9,083	17,528	3,08
T2	21,1	1,497	3,757	9,309	17,562	3,55
T2	20,4	1,497	3,479	8,860	16,836	3,55
T2	20,0	1,497	3,480	9,031	17,007	3,04
T2	19,9	1,497	3,589	9,081	17,167	2,69
T3	20,9	1,497	3,962	8,974	17,433	3,43
T3	20,2	1,497	3,723	8,709	16,929	3,26
T3	19,7	1,497	3,478	8,590	16,565	3,18
T3	18,3	1,497	3,363	8,325	16,185	2,08
T3	18,7	1,497	3,196	8,413	16,105	2,55
T4	21,9	1,497	4,160	11,052	19,709	2,19
T4	21,9	1,497	4,060	10,594	19,150	2,75
T4	21,6	1,497	3,736	9,992	18,225	3,33
T4	20,0	1,497	3,614	10,035	18,145	1,89
T4	20,8	1,497	4,052	10,502	19,050	1,77

ANEXO VIII: Análisis de variancia, presupuestos y comparaciones de medias

Peso corporal 36 días de edad - ANCOVA

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	120789	4	30197	5,46	0,004
PC 15 d	41475	1	41475	7,50	0,013
Residuos	105132	19	5533		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,714	4	20	0,592

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,962	0,452

Comparaciones Post Hoc - TRATAMIENTO

Comparación						
TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{tukey}
T1	- T0	59,6	47,4	19,0	1,257	0,719
	- T2	-11,4	47,1	19,0	-0,241	0,999
	- T4	-104,8	47,2	19,0	-2,220	0,215
	- T3	105,1	47,3	19,0	2,222	0,214
T0	- T2	-71,0	47,2	19,0	-1,504	0,572
	- T4	-164,4	48,0	19,0	-3,422	0,021
	- T3	45,4	47,1	19,0	0,965	0,867
T2	- T4	-93,4	47,4	19,0	-1,969	0,317
	- T3	116,4	47,1	19,0	2,472	0,139
T4	- T3	209,8	47,8	19,0	4,392	0,003

Nota, Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Ganancia de peso 15-22 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	26332	4	6583	2,39	0,085
Residuos	54983	20	2749		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,986	4	20	0,438

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,967	0,568

Ganancia de peso 22-29 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	19644	4	4911	1,36	0,284
Residuos	72392	20	3620		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1,40	4	20	0,272

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,963	0,468

Ganancia de peso 30-36 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	100141	4	25035	3,43	0,027
Residuos	145961	20	7298		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1,69	4	20	0,192

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,948	0,226

Comparaciones Post Hoc - TRATAMIENTO

Comparación							
TRATAMIENTO		TRATAMIENTO	Diferencia de Medias	EE	gl	t	Ptukey
T1	-	T0	113,0	54,0	20,0	2,092	0,262
	-	T2	54,2	54,0	20,0	1,004	0,851
	-	T4	31,3	54,0	20,0	0,580	0,977
	-	T3	178,0	54,0	20,0	3,295	0,027
T0	-	T2	-58,8	54,0	20,0	-1,089	0,810
	-	T4	-81,7	54,0	20,0	-1,512	0,567
	-	T3	65,0	54,0	20,0	1,203	0,750
T2	-	T4	-22,9	54,0	20,0	-0,424	0,993
	-	T3	123,8	54,0	20,0	2,292	0,189
T4	-	T3	146,7	54,0	20,0	2,715	0,087

Nota, Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Ganancia de peso 37-41 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	19562	4	4891	0,196	0,938
Residuos	499018	20	24951		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
2,92	4	20	0,047

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,899	0,017

Consumo de alimento 15 a 29 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	724	4	180,9	2,56	0,070
Residuos	1413	20	70,7		

Comprobación de supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,708	4	20	0,596

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,964	0,489

Ingesta diaria promedio de proteína bruta de 15 a 29 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	26,1	4	6,53	2,56	0,070
Residuos	51,0	20	2,55		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,708	4	20	0,596

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,964	0,489

Ingesta diaria promedio de grasa bruta de 15 a 29 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	8,46	4	2,115	14,3	<,001
Residuos	2,95	20	0,147		

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,721	4	20	0,588

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,966	0,556

Comparaciones Post Hoc – TRATAMIENTO

Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	ptukey
TRATAMIENTO	TRATAMIENTO					
T1	- T0	0,793	0,243	20,0	3,265	0,028
	- T2	0,391	0,243	20,0	1,609	0,509
	- T3	0,136	0,243	20,0	0,561	0,979
	- T4	-0,958	0,243	20,0	-3,944	0,006
T0	- T2	-0,402	0,243	20,0	-1,657	0,481
	- T3	-0,657	0,243	20,0	-2,705	0,089
	- T4	-1,751	0,243	20,0	-7,210	<,001
T2	- T3	-0,255	0,243	20,0	-1,048	0,830
	- T4	-1,349	0,243	20,0	-5,553	<,001
T3	- T4	-1,094	0,243	20,0	-4,505	0,002

Ingesta diaria promedio de grasa bruta de 15 a 29 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
--	-------------------	----	------------------	---	---

Nota, Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Ingesta diaria promedio de ELN de 15 a 29 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	225	4	56,2	2,27	0,097
Residuos	495	20	24,7		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,716	4	20	0,591

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,963	0,478

Consumo de alimento 30 a 41 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	446	4	111	0,774	0,555
Residuos	2881	20	144		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1,17	4	20	0,355

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,936	0,121

Ingesta diaria de proteína bruta de 30 a 41 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	14,4	4	3,61	0,774	0,555
Residuos	93,3	20	4,67		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1,17	4	20	0,355

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)			
Estadístico	p		
0,936	0,121		

Ingesta diaria de grasa bruta de 30 a 41 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	39,8	4	9,949	17,2	<,001
Residuos	11,6	20	0,578		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,861	4	20	0,504

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,928	0,080

Comparaciones Post Hoc - TRATAMIENTO

Comparación							
TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p_{tukey}	
T1	- T0	1,900	0,481	20,0	3,950	0,006	
	- T2	2,048	0,481	20,0	4,258	0,003	
	- T3	1,378	0,481	20,0	2,864	0,065	
	- T4	-1,254	0,481	20,0	-2,608	0,107	
T0	- T2	0,148	0,481	20,0	0,308	0,998	
	- T3	-0,522	0,481	20,0	-1,086	0,812	
	- T4	-3,154	0,481	20,0	-6,558	<,001	
T2	- T3	-0,670	0,481	20,0	-1,394	0,639	
	- T4	-3,302	0,481	20,0	-6,866	<,001	
T3	- T4	-2,632	0,481	20,0	-5,473	<,001	

Nota, Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Ingesta diaria de ELN de 30 a 41 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	165	4	41,2	0,835	0,519
Residuos	986	20	49,3		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1,21	4	20	0,338

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,937	0,126

Conversión alimenticia 15 a 41 días

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	0,0196	4	0,00490	0,480	0,750
Residuos	0,2044	20	0,01022		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1,05	4	20	0,408

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,934	0,105

Rendimiento de pecho

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	31,9	4	7,99	0,768	0,563
Residuos	156,1	15	10,40		

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
2,36	4	15	0,100

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,976	0,876

Rendimiento de corazón

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0,0273	4	0,00682	2,11	0,130
Residuos	0,0484	15	0,00323		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,0661	4	15	0,991

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
Estadístico	p		
0,950	0,363		

Rendimiento de Hígado

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0,881	4	0,2204	8,89	<,001
Residuos	0,372	15	0,0248		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,887	4	15	0,495

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,978	0,907

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento		Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	pTukey
T1	-	T0	0,3368	0,111	15,0	3,02595	0,056
	-	T2	0,4611	0,111	15,0	4,14191	0,007
	-	T4	0,3366	0,111	15,0	3,02359	0,056
	-	T3	-0,0748	0,111	15,0	-0,67220	0,959
T0	-	T2	0,1242	0,111	15,0	1,11596	0,796
	-	T4	-2,63e-4	0,111	15,0	-0,00236	1,000
	-	T3	-0,4117	0,111	15,0	-3,69816	0,016
T2	-	T4	-0,1245	0,111	15,0	-1,11832	0,795
	-	T3	-0,5359	0,111	15,0	-4,81411	0,002
T4	-	T3	-0,4114	0,111	15,0	-3,69579	0,016

Nota, Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Grasa abdominal

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0,446	4	0,111	0,860	0,510
Residuos	1,943	15	0,130		

Comprobación de supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
4,80	4	15	0,011

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0,967	0,697

Retribución económica

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
TRATAMIENTO	1,72	4	0,430	0,494	0,740
Residuos	17,41	20	0,871		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
2,02	4	20	0,130

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
--------------------	----------

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0,902		0,020	