

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Efecto de potenciadores nutricionales en el desempeño productivo de
pollos de engorde de bajo peso

Estudiante

José Bernardo Minuche Lomas

Mateo David Gaibor Guillin

Asesores

Yordan Martínez Aguilar, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, junio de 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos	10
Ubicación del Estudio.....	10
Tratamientos.....	10
Condiciones Experimentales.....	13
Desempeño Productivo.....	14
Peso relativo de los Órganos Comestibles.....	14
Análisis Estadístico	14
Resultados y Discusión.....	15
Conclusiones	21
Recomendaciones.....	22
Referencias.....	23

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Dietas experimentales para pollos de engorde Cobb500™ (0-10 días)	11
Cuadro 2 Dietas experimentales para pollos de engorde Cobb500™ (11-18 días)	12
Cuadro 3 Dietas experimentales para pollos de engorde Cobb500™ (19-31 días)	12
Cuadro 4 Efecto de dietas potenciadores en el desempeño productivo de pollos de engorde de segunda (0-31 días).....	15
Cuadro 5 Efecto de dietas potenciadores en el rendimiento de las porciones comestibles de pollos de engorde de segunda (0-31 días)	17
Cuadro 6 Efecto de dietas potenciadores en el costo del alimento consumido y el costo para producir un kg de peso vivo, canal y pechuga de pollos de engorde de segunda (0-31 días)	20

Resumen

Para determinar el efecto de potenciadoras nutricionales en el desempeño productivo de pollos de engorde de bajo peso, un total de 1320 pollos se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos, seis repeticiones y 55 aves por repetición durante 31 días. Los tratamientos consistieron en una dieta control (T1), una dieta con 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento (T2), una dieta con 0.075% de pared de levadura y 0.01% de un probiótico enzimático (T3) y una dieta con todos los aditivos anteriormente mencionados (T4). El grupo con todos los aditivos incrementó en el peso vivo final ($P \leq 0.05$), sin cambios en el consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y viabilidad con relación al tratamiento control ($P > 0.05$). Asimismo, la combinación de todos los aditivos mejoró el rendimiento de la pechuga comparado con la dieta control, y disminuyó el rendimiento de la molleja, corazón e hígado con relación al grupo con 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico ($P \leq 0.05$). Sin embargo, las dietas experimentales no cambiaron el rendimiento de la grasa abdominal ($P > 0.05$). El grupo 4 incrementó el costo de las dietas consumidas y el costo para producir un kg de peso vivo, sin embargo, disminuyó el costo para producir un kg de canal y pechuga. Las dietas potenciadoras con aditivos naturales mejoraron la respuesta productiva y el rendimiento de la pechuga, con un impacto económico positivo.

Palabras clave: Características de la canal, parámetros productivos, pollos de bajo peso.

Abstract

To determine the effect of nutritional enhancers on growth performance of low-weight broilers, a total of 1320 chickens were randomly distributed in four treatments, six repetitions and 55 birds per repetition for 31 days. The treatments consisted of a control diet (T1), a diet with 0.024% L-carnitine, 0.02% gamma aminobutyric acid and 0.03% growth promoting antibiotic (T2), a diet with 0.075% yeast cell wall and 0.01% of an enzymatic probiotic (T3) and a diet with all the additives (T4). The group with all additives increased in final live weight ($P \leq 0.05$), without changes in feed intake, feed conversion ratio and viability in relation to the control treatment ($P > 0.05$). Likewise, the combination of all the additives improved the yield of the breast compared to the control diet, and decreased the yield of the gizzard, heart, and liver in relation to the group with 0.024% L-carnitine, 0.02% gamma aminobutyric acid, 0.03% of an antibiotic ($P \leq 0.05$). However, the experimental diets did not change the performance of abdominal fat ($P > 0.05$). Group 4 increased the cost of the diets consumed and the cost to produce a kg of body weight, however, the cost to produce a kg of carcass and breast decreased. Booster diets with natural additives improved productive response and breast yield, with a positive economic impact.

Keywords: Carcass quality, low-weight broilers, productive performance

Introducción

La avicultura es una de las industrias más sólidas e importantes en el mundo a través de la producción de pollo de engorde y gallinas ponedoras. El mercado avícola se posiciona como uno de los sectores más importantes a nivel global por su participación en la seguridad alimentaria y su papel protagónico en los mercados internacionales. El mercado avícola mundial busca reactivarse luego de la pandemia por COVID-19, que afectó a todos los países del mundo durante los años 2020 y 2021 (Cuéllar-Saenz 2022).

Para la producción industrial es fundamental elegir y conocer las características de la línea genética para suplementar los requerimientos del pollo de engorde y lograr un buen desempeño productivo (Garzon et al. 2007). Es importante considerar las sugerencias nutricionales por parte de cada línea genética para la elaboración de dietas que se adecuen a las necesidades del animal. Las líneas genéticas más comercializadas en la región centroamericana corresponden a la línea Cobb500™, Ross 308® y Arbor Acres® (Vargas 2009).

Uno de los principales problemas en la industria avícola son los pollos de bajo rendimiento productivo, debido a un mal manejo desde la incubación. Es necesario asegurar un buen manejo en todas las etapas de incubación, para garantizar un óptimo desarrollo embrionario, lo que repercute en el desarrollo de las etapas futuras (Cuéllar-Saenz 2021). Por su parte, Morris Hatchery (2015) menciona que la línea Cobb500™ es una de las líneas más competitivas, sobre todo por mejoras en la eficiencia alimenticia, con buena tasa de crecimiento y ganancia de peso vivo; además, se pueden utilizar estrategias nutricionales para minimizar el costo de producción.

Uno de los retos más importantes que enfrenta la industria es mantener un óptimo desarrollo del pollito desde la incubación hasta la etapa final de su desarrollo. El buen funcionamiento fisiológico se logra con un suministro correcto de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas en los piensos avícolas. La alimentación en el sector productivo de aves de engorde representa aproximadamente un 80% del costo total de producción; es por eso, que en los últimos años se ha

buscado reducir los costos de alimentación sin afectar el desempeño productivo por parte del animal (Arbor Acres 2009).

En los últimos años el uso de aminoácidos en las dietas de pollos de engorde ha cobrado significancia debido a que cumplen una función muy importante en la formación de proteínas para la degradación y absorción de estas en el intestino delgado. Los aminoácidos como la lisina, metionina, treonina y triptófano son aminoácidos esenciales ampliamente utilizados en la dieta de pollos de engorde, aunque los niveles de inclusión varían de acuerdo a la etapa fisiológica del ave (FAO 2013). Estos aminoácidos son importantes en la reparación de tejido muscular, síntesis de proteínas, formación de inmunoglobulinas y formación de otros compuestos importantes para el metabolismo celular (Delgado-Mora 2014).

A finales de 1960, Estado Unidos evaluó el uso de los antibióticos subterapéuticos con el propósito de informar a la industria avícola sobre la resistencia de estos en la microbiota humana (Agero Y et al. 2011). Como resultado de dichas investigaciones, las empresas productoras de pollos de engorde se vieron obligadas a buscar alternativas para la sustitución de los antibióticos (Medina-Rodríguez 2017). Una de las alternativas naturaleza son los probióticos que según la FAO (2006) son organismos vivos que en dosis muy pequeñas causan un efecto benéfico en la microbiota intestinal, teniendo la capacidad de adherirse al epitelio intestinal y modular la respuesta inmunitaria positiva. Los probióticos más empleados en la industria corresponden a bacterias del género: *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus* y *Pediococcus* (Díaz-López et al. 2017).

Los aditivos como Emax creados por la compañía ENGRAIN, son productos que funcionan como probióticos enzimáticos que tiene el objetivo promover el proceso de digestibilidad y la absorción de nutrientes, lo que promueve el comportamiento productivo, en especial el índice de conversión (Ncho et al. 2021). Otros aditivos también se han utilizado en las dietas de las aves como el ácido gamma aminobutírico y la L- carnitina que están relacionados con el sistema inmune y la regulación del consumo de alimento (Galan y Nizama 2020) que modula el tránsito del alimento por el tracto gastro intestinal, y tienen un impacto positivo en el hígado y el intestino delgado. Hernández

Martínez et al. (1997) y Geng et al. (2007) mencionan en un estudio que la L-carnitina tiene un efecto importante sobre el sistema inmune de las aves reduciendo la incidencia de enfermedades metabólicas importantes que causan un deterioro en el intestino delgado, lo cual afecta la producción y reproducción en los pollos de engorde. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de potenciadores nutricionales en el desempeño productivo de pollos de engorde de segunda.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo durante los meses de mayo-junio en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en Valle del Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 32 km de la carretera de Tegucigalpa, Honduras. La unidad avícola se encuentra a una altitud de 800 msnm, una precipitación media anual de 1,100 mm y una temperatura media de 26 °C.

Tratamientos

Para esta investigación se seleccionaron 1320 pollos de engorde de la línea Cobb500™ mixtos de un día de edad y de segunda categoría determinado en la planta de incubación; se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos experimentales, seis repeticiones por tratamiento y 55 aves por repetición para una duración de 31 días. Los pollos se recibieron con bajo peso, mal emplumados, leve locomoción y asociación con el medio. Las dietas experimentales se observan en los Cuadros 1-3.

Los tratamientos experimentales consistieron:

T1: Control

T2: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento.

T3: Inclusión de 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático)

T4: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático)

Cuadro 1

Dietas experimentales para pollos de engorde Cobb500™ (0-10 días).

Ingredientes	Control	Potenciador 1	Potenciador 2	Potenciador 3
Harina de maíz	51.474	51.347	51.326	51.154
Harina de soya	39.245	39.246	39.249	39.285
Aceite de palma africana	4.755	4.807	4.814	4.875
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla	0.30	0.30	0.30	0.30
Enzimas exógenas	0.05	0.05	0.05	0.05
Colina	0.08	0.08	0.08	0.08
Mycofix plus 5.0	0.075	0.075	0.075	0.075
Carbonato de calcio	1.45	1.45	1.45	1.45
Biofost	1.385	1.385	1.385	1.385
Bicarbonato de sodio	0.23	0.23	0.23	0.23
Sal común	0.28	0.28	0.28	0.28
L-Lisina	0.18	0.18	0.18	0.18
DL-Metionina	0.332	0.332	0.332	0.333
L-Treonina	0.114	0.114	0.114	0.114
L-carnitina	0.00	0.024	0.00	0.024
Aminogaba	0.00	0.02	0.00	0.02
Antibiótico	0.00	0.03	0.00	0.03
Pared celular levadura	0.00	0.00	0.075	0.075
eMAX	0.00	0.00	0.01	0.01
Costo (USD/t)	603.39	614.75	613.74	625.29
<i>Aportes nutricionales</i>				
Energía metabolizable	2975	2975	2975	2975
Proteína cruda	22.00	22.00	22.00	22.00
Ca	0.90	0.90	0.90	0.90
P disponible	0.45	0.45	0.45	0.45
Lisina	1.22	1.22	1.22	1.22
Metionina+cistina	0.91	0.91	0.91	0.91
Treonina	0.83	0.83	0.83	0.83
Valina	0.87	0.87	0.87	0.87
Triptófano	0.22	0.22	0.22	0.22
Na	0.18	0.18	0.18	0.18
Cl	0.16	0.16	0.16	0.16

Nota. Control; T2: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento; T3: Inclusión de 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático); T4: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático).

Cuadro 2

Dietas experimentales para pollos de engorde Cobb500™ (11-18 días).

Ingredientes	Control	Potenciador 1	Potenciador 2	Potenciador 3
Harina de maíz	57.176	57.06	57.023	56.879
Harina de soya	34.099	34.109	34.109	34.135
Aceite de palma africana	4.474	4.515	4.531	4.585
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla	0.30	0.30	0.30	0.30
Enzimas exógenas	0.05	0.05	0.05	0.05
Colina	0.08	0.08	0.08	0.08
Mycofix plus 5.0	0.075	0.075	0.075	0.075
Carbonato de calcio	1.345	1.345	1.345	1.345
Biofost	1.263	1.264	1.264	1.264
Bicarbonato de sodio	0.23	0.23	0.23	0.23
Sal común	0.28	0.28	0.28	0.28
L-Lisina	0.189	0.189	0.189	0.189
DL-Metionina	0.31	0.31	0.31	0.31
L-Treonina	0.079	0.079	0.079	0.079
L-carnitina	0.00	0.024	0.00	0.024
Aminogaba	0.00	0.02	0.00	0.02
Antibiótico	0.00	0.02	0.00	0.02
Pared celular levadura	0.00	0.00	0.075	0.075
eMAX	0.00	0.00	0.01	0.01
Costo (USD/t)	589.85	600.20	598.06	609.93
<i>Aportes nutricionales</i>				
Energía metabolizable	3025	3025	3025	3025
Proteína cruda	20.0	20.0	20.0	20.0
Ca	0.84	0.84	0.84	0.84
P disponible	0.42	0.42	0.42	0.42
Lisina	1.12	1.12	1.12	1.12
Metionina+cistina	0.85	0.85	0.85	0.85
Treonina	0.73	0.73	0.73	0.73
Valina	0.81	0.81	0.81	0.81
Triptófano	0.20	0.20	0.20	0.20
Na	0.18	0.18	0.18	0.18
Cl	0.16	0.16	0.16	0.16

Nota. T1: Control; T2: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento; T3: Inclusión de 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático); T4: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático).

Cuadro 3

Dietas experimentales para pollos de engorde Cobb500™ (19-31 días).

Ingredientes	Control	Potenciador 1	Potenciador 2	Potenciador 3
Harina de maíz	59.007	58.909	58.909	58.737
Harina de soya	31.85	31.865	31.865	31.889
Aceite de palma africana	5.32	5.352	5.352	5.415
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla	0.30	0.30	0.30	0.30
Enzimas exógenas	0.05	0.05	0.05	0.05
Colina	0.08	0.08	0.08	0.08
Mycofix plus 5.0	0.075	0.075	0.075	0.075
Carbonato de calcio	1.203	1.203	1.203	1.203
Biofost	1.103	1.10	1.10	1.10
Bicarbonato de sodio	0.23	0.23	0.23	0.23
Sal común	0.28	0.28	0.28	0.28
L-Lisina	0.139	0.139	0.139	0.139
DL-Metionina	0.279	0.279	0.279	0.279
L-Treonina	0.034	0.034	0.034	0.034
L-carnitina	0.00	0.024	0.024	0.024
Aminogaba	0.00	0.02	0.02	0.02
Antibiótico	0.00	0.01	0.01	0.01
Pared celular levadura	0.00	0.00	0.075	0.075
eMAX	0.00	0.00	0.01	0.01
Costo (USD/t)	590.60	598.39	601.12	608.81
<i>Aportes nutricionales</i>				
Energía metabolizable	3100	3100	3100	3100
Proteína cruda	19.00	19.00	19.00	19.00
Ca	0.76	0.76	0.76	0.76
P disponible	0.38	0.38	0.38	0.38
Lisina	1.02	1.02	1.02	1.02
Metionina+cistina	0.80	0.80	0.80	0.80
Treonina	0.66	0.66	0.66	0.66
Valina	0.77	0.77	0.77	0.77
Triptófano	0.19	0.19	0.19	0.19
Na	0.18	0.18	0.18	0.18
Cl	0.16	0.16	0.16	0.16

Nota: T1: Control; T2: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento; T3: Inclusión de 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático); T4: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático).

Condiciones Experimentales

Cada repetición estuvo constituida por un corral con cama de viruta de madera y 12 aves/m². El alimento y el agua se suministró *ad libitum* en bebederos de niple y comederos tipo tolva, respectivamente. La temperatura y la ventilación dentro del galpón se controló mediante criadoras de gas, manejo de cortinas y ventiladores. La nave se desinfectó según las normas de calidad

medioambientales. No se utilizaron medicamentos, ni atención veterinaria terapéutica durante toda la etapa experimental.

Desempeño Productivo

Al final de la fase experimental se determinó el desempeño productivo de los pollos de engorde. Los indicadores para evaluar la productividad fueron los siguientes, para el peso vivo se determinó tomando en cuenta el peso inicial y el peso final de las aves de forma individual, utilizando una balanza industrial Mettler Toledo® IND226 con precisión ± 1.00 g, respectivamente. El consumo alimenticio se calculó en cada etapa mediante el método de oferta y rechazo. El índice de conversión alimenticia se calculó tomando en cuenta la ingesta de alimento necesaria para obtener una ganancia de 1 kg de peso corporal. La viabilidad se determinó por los animales vivos entre los existentes al inicio del experimento.

Peso relativo de los Órganos Comestibles

A los 31 días de edad se sacrificaron por el método de desangrado en la vena yugular con previo aturdimiento cervical 10 machos y 10 hembras/tratamiento para un total de 80 pollos. Los pollos de engorde ayunaron durante ocho horas. Para determinar el peso relativo de la canal, pechuga, pierna, hígado, corazón, molleja y grasa abdominal, se realizó un pesaje de los pollos de engorde antes del sacrificio en una balanza digital Truweigh™ Blaze digital scale BL-100-01-BK con precisión ± 0.1 g y se determinó los rendimientos.

Análisis Estadístico

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se utilizó la prueba Duncan para encontrar diferencias entre los tratamientos. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones.

Resultados y Discusión

El Cuadro 4 muestra el efecto de potenciadores nutricionales en pollos de engorde de segunda desde 0-31 días de edad. El T4 (inclusión 0.024% L-carnitina) mostró un incremento en el peso vivo final ($P \leq 0.05$) con relación a los T1 (control) y T2 (Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento) . Sin embargo, las variables de consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y viabilidad no mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 4

Efecto de dietas potenciadores en el desempeño productivo de pollos de engorde de segunda (0-31 días).

Indicadores	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	T1	T2	T3	T4		
Peso vivo inicial (g)	43.98	43.17	44.99	44.26	0.314	0.069
Peso vivo final (g)	1639.52 ^b	1628.29 ^b	1689.05 ^{ab}	1721.37 ^a	22.357	0.014
Consumo de alimento (g)	2642.39	2695.47	2729	2732.35	43.479	0.461
Índice de Conversión Alimenticia	1.66	1.70	1.66	1.63	0.027	0.297
Viabilidad (%)	98.67	100.00	98.68	98.33	0.704	0.430

Nota. ^{a,b} Medias con letras diferentes entre tratamientos difieren a ($P \leq 0.05$). T1: Control; T2: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento; T3: Inclusión de 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático); T4: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático).

A medida que incrementa la demanda de carne de pollo, la industria avícola debe generar, nuevas alternativas para mejorar la eficiencia en rendimiento productivo y estimular el sistema inmune del ave (Caly et al. 2015). Según Pelicano ER. L. et al. (2004), la inclusión de probióticos en la dieta de pollos de engorde promueve un desarrollo correcto del tracto gastrointestinal, lo que aumenta el diámetro y longitud de las microvellosidades en el yeyuno, lo que favorece la absorción de los nutrientes. Una correcta permeabilidad selectiva del intestino se debe precisamente a la integridad de las proteínas de unión como la claudina y la ocludina creando una barrera en el lumen intestinal, que potencia la absorción de los nutrientes. Díaz-López et al. (2017) mencionan que

actualmente los probióticos tienen un impacto importante en el mercado ya que son una propuesta frente a los antibióticos utilizados a dosis subterapéuticas dentro de las dietas para pollos de engorde. Una de las ventajas de los probióticos es que no tienen residualidad en la carne de pollo y no genera resistencia antibiótica en los humanos. Alkhalif et al. (2010) demostraron en un estudio que el uso de probióticos a razón de 0.8 g/kg de alimento en la dieta de pollos de engorde mostró un aumento significativo sobre el peso del ave, y un aumento en el consumo de alimento. Esos resultados concuerdan con lo encontrado en este estudio ya que el T4 (inclusión 0.024% L-carnitina) muestra un incremento significativo ($P \leq 0.05$) en la ganancia de peso vivo frente a los demás tratamientos; sin embargo, las demás variables evaluadas no muestran diferencias entre los tratamientos.

El incremento en el peso vivo está asociado quizás a que la levadura es una fuente de aminoácidos disponibles para utilizar en el sistema digestivo, y promueve la retención de los nutrientes en el intestino mejorando la digestibilidad de la proteína debido a la ruptura de las cadenas peptídicas. Otro aditivo con influencia sobre el desempeño productivo del pollo de engorde es el ácido gamma aminobutírico, el cual es un aminoácido neurotransmisor inhibitorio que se localiza con mayor énfasis en el sistema nervioso central, y su importancia radica en la protección del intestino delgado y una respuesta positiva del sistema inmune del ave, lo que mejora el índice de conversión alimenticia y el peso vivo final.

Kato et al. (2001) demostraron en una investigación que la inclusión de ácido gamma aminobutírico 75 mg/kg de alimento en la dieta de pollos de engorde incrementó el peso vivo final, aumentó el consumo de alimento en la etapa de finalización y redujo el índice de conversión alimenticia. Esto se debe a que el ácido gamma aminobutírico promueve un aumento en la ingesta alimentaria en la última etapa de vida del pollito ya que es la edad en la que hay una mayor demanda de nutrientes para suplir el requerimiento proteico y energético para la formación de proteína muscular. De igual manera, la inclusión de aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina ayudan a la síntesis de L-carnitina en el hígado, İkbal-Coşkun y Tekeli (2019) reportan incrementos de peso vivo en la etapa de engorde al incluir L-carnitina 120 mg/kg en la dieta de pollos de engorde que

contenía aceite de soya y aceite de girasol. Esto debido a que la L-carnitina aprovecha los ácidos de cadena larga como el ácido palmítico y ácido oleico, para el transporte de los ácidos grasos hacia el interior de la mitocondria y ser usados como fuente de energía en lugar de la glucosa.

En el Cuadro 5 se observa el efecto de dietas potenciadoras en el rendimiento de las porciones comestibles de pollos de engorde de segunda de 0-31 días. El grupo 4, formulado con 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático) mejoró el rendimiento de la pechuga comparado con la dieta control, y disminuyó el rendimiento de la molleja, corazón e hígado con relación al grupo 2 con 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico ($P \leq 0.05$). Sin embargo, las dietas experimentales no cambiaron el rendimiento de la grasa abdominal ($P > 0.05$).

Cuadro 5

Efecto de potenciadores nutricionales en el rendimiento de las porciones comestibles de pollos de engorde de segunda (0-31 días).

Indicadores (%)	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	T1	T2	T3	T4		
Canal	69.56 ^{ab}	68.08 ^b	70.56 ^{ab}	71.40 ^a	0.576	0.010
Pechuga	31.68 ^b	28.58 ^c	32.07 ^b	33.75 ^a	0.575	0.001
Molleja	1.99 ^{ab}	2.15 ^a	1.92 ^b	1.92 ^b	0.059	0.020
Hígado	2.06 ^{ab}	2.15 ^a	1.99 ^b	1.97 ^b	0.054	0.088
Corazón	0.55 ^{ab}	0.56 ^{ab}	0.57 ^a	0.51 ^b	0.020	0.132
Grasa abdominal	0.78	0.99	0.83	0.89	0.076	0.211

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes entre tratamientos difieren a ($P \leq 0.05$). T1: Control; T2: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento; T3: Inclusión de 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático); T4: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático).

El rendimiento en canal es uno de los parámetros más importantes para la industria avícola. Según Nogueira et al. (2019), los rendimientos actuales oscilan entre el 70-75% y puede llegar hasta 80% en canal sin cabeza y patas. Al parecer, el uso combinado de varios compuestos químicos indicadores un efecto beneficio en el rendimiento de las porciones comestibles. Al parecer, el uso de

probióticos y un antibiótico mejoró la salud intestinal, quizás relacionado al efecto antiinflamatorio y antimicrobiano, lo que incidió en una mayor actividad de los otros compuestos químicos.

Según Flores (2019) la inclusión de L-carnitina no presenta un efecto significativo en la ganancia de peso y consumo de alimento; sin embargo, la adición de 25 mg/kg de L-carnitina unido a otros compuestos químicos generaron un aumento en el rendimiento muscular de la pechuga, sin embargo, el contenido de grasa abdominal no disminuyó, como había mencionado el autor. Galan y Nizama (2020) reportan en un estudio que al incluir 50 mg/kg de L-carnitina en dietas de pollos de engorde incrementó el peso de la pechuga y canal, mientras que la grasa abdominal muestra una disminución, esto se debe a que los ácidos grasos son utilizados eficientemente para producción de energía inhibiendo la formación de ácidos grasos de cadena larga en la formación de la grasa abdominal.

Por otra parte, la eficiencia en la degradación y absorción de los ácidos grasos en el hígado se debe a un aumento de la L-carnitina ya que tiene el potencial de disminuir la síntesis de la lipogénesis a través de la desviación de los acetilos hacia el acetil-carnitina el cual se liberan en el hígado a la circulación, mejora la oxidación de los ácidos grasos inhibiendo la síntesis de triglicéridos. Minuk (1993), menciona que el ácido gamma aminobutírico tiene la capacidad de mantener un equilibrio en la producción enzimática hacia el intestino, quizás debido a que el ácido gamma aminobutírico regula el tránsito del alimento por el tracto gastrointestinal, lo que evita la producción excesiva de enzimas para la degradación de los nutrientes en el sistema digestivo.

Esto contribuye al aumento significativo de peso vivo, ya que mejora el catabolismo de los ácidos grasos y evita un menor desgaste por parte del hígado promoviendo la oxidación de los ácidos grasos e inhibe la producción de triglicéridos (Hernández Martínez et al. 1997). Se ha demostrado que la L-carnitina juega un papel importante en la producción de energía y su utilización en el miocardio, también se ha comprobado que transporta ácidos grasos libres de cadena corta en las mitocondrias lo que genera una oxidación en el metabolismo del corazón. Por otra parte, aumenta la disponibilidad de sustratos en el corazón y potencia el bombeo de la sangre rica en oxígeno hacia el cuerpo del

animal. Además, un buen funcionamiento del corazón puede disminuir problemas asociados con infarto al miocardio por una insuficiencia en el bombeo de sangre hacia el resto del organismo (İkbal-Coşkun y Tekeli 2019).

El Cuadro 6 indicó el efecto de estrategias potenciadores en pollos de engorde de segunda. Todas las propuestas generan un mayor gasto considerando el costo del alimento consumido en 0.06, 0.08 y 0.11 USD con relación a la dieta control. Además, el costo para producir un kg de pesos vivo incrementó en 0.04, 0.02 y 0.02 USD en los tratamientos 2,3 y 4, respectivamente. Sin embargo, el costo para producir un kg de canal y pechuga favoreció al T4 (inclusión 0.024% L-carnitina) con todos los aditivos propuestos en 0.02 y 0.15 USD, respectivamente.

Cuadro 6

Efecto de dietas potenciadores en el costo del alimento consumido y el costo para producir un kg de peso vivo, canal y pechuga de pollos de engorde de segunda (0-31 días).

Indicadores (%)	Tratamientos experimentales			
	T1	T2	T3	T4
Costo del alimento consumido (USD)	1.57	1.63	1.65	1.68
Costo/kg/PV (USD)	0.96	1.00	0.98	0.98
Costo/kg/canal (USD)	1.44	1.53	1.45	1.42
Costo/kg/pechuga (USD)	3.15	3.64	3.18	3.00

Nota: T1: Control; T2: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico y 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento; T3: Inclusión de 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático); T4: Inclusión de 0.024% de L-carnitina, 0.02% de ácido gamma aminobutírico, 0.03% de un antibiótico promotor de crecimiento, 0.075% de pared celular de levadura y 0.01% de eMax (probiótico enzimático).

Estos resultados demuestran que a pesar que el grupo con todos los aditivos incrementó el costo de las dietas, esto debido a que los aditivos propuestos generan un mayor costo para obtener una tolenada de alimento, debido al incremento del rendimiento de la canal y pechuga (İkbal-Coşkun y Tekeli 2019) el uso de las dietas del grupo 4 beneficiaron la respuesta económica. El pollo de engorde es un ave altamente eficiente para transformar sus alimentos en proteína muscular. Según Castañeda (2018) en la década de los años 50, un pollo de engorde salía al mercado en 11 semanas, con un peso de un kilo 800 g, hoy lo hace en cinco semanas, con un peso promedio de dos kg, principalmente, debido a los programas de cruzamiento y mejoramiento genético realizados por las diversas casas comerciales. Es necesario continuar con los estudios económicos para encontrar el punto de equilibrio que considere la inclusión de los aditivos, el consumo de las dietas y el peso vivo comercial.

Conclusiones

Las dietas con L-carnitina, ácido gamma aminobutírico, antibiótico promotor de crecimiento, pared celular de levadura y un probiótico enzimático promovieron la respuesta productiva y el rendimiento de la pechuga de los pollos de engorde de segunda.

El uso nutricional combinado de L-carnitina, ácido gamma aminobutírico, antibiótico promotor de crecimiento, pared celular de levadura y un probiótico enzimático incrementó el costo de la dieta y el costo para producir un kg de peso vivo, sin embargo, redujo el costo para producir un kg de canal y pechuga en pollos de engorde de segunda.

Recomendaciones

Utilizar estrategias nutricionales como el uso combinado de L-carnitina, ácido gamma aminobutírico, antibiótico promotor de crecimiento, pared celular de levadura y un probiótico enzimático para mejorar la eficiencia productiva de los pollos de engorde de segunda.

Repetir el experimento para evaluar el efecto de los potenciadores nutricionales en pollos de engorde de primera.

Referencias

- Agerso Y, Hald T, Borch B, Jensen L, Frøkjær V, Korsgaard H, Larsen LS, Pires S, Seyfarth AM, Struve T, et al. 2011. Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark. [sin lugar].
- Alkhalif A, Alhaj M, Al-Homidan I. 2010. Influence of probiotic supplementation on blood parameters and growth performance in broiler chickens. *Saudi J Biol Sci.* 17(3):219–225. eng. doi:10.1016/j.sjbs.2010.04.005.
- Arbor Acres. 2009. Guía de manejo del pollo de engorde. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 19 de jun. de 2022]. http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/smA-Acres-Guia-de-Manejo-del-Pollo-Engorde-2009.pdf.
- Caly DL, D'Inca R, Auclair E, Drider D. 2015. Alternatives to Antibiotics to Prevent Necrotic Enteritis in Broiler Chickens: A Microbiologist's Perspective. *Front Microbiol.* 6:1336. eng. doi:10.3389/fmicb.2015.01336.
- Castañeda P. 2018. Producir pollo de engorda es altamente rentable. México: Universidad Autónoma de México. <https://www.avicultura.mx/destacado/Producir-pollo-de-engorda-es-altamente-rentable:-Dra.-Pilar-Castaneda,-UNAM>.
- Cuéllar-Saenz J. 2021. Incubación: obtención de pollitas para puesta y de pollitos para carne. *Veterinaria Digital*; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/incubacion-en-gallinas-ponedoras/>.
- Cuéllar-Saenz J. 2022. Dinámica y tendencias actuales del mercado avícola mundial: El mercado avícola mundial se está recuperando en su producción, por lo cual los pronósticos para 2022 son favorables. *Veterinaria Digital*; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/dinamica-y-tendencias-actuales-del-mercado-avicola-mundial/>.
- Delgado-Mora M. 2014. Efecto de un suplemento alimenticio a base de aminoácidos en terneras lactantes [Trabajo de grado]. Bogotá, Colombia: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medicina Veterinaria; [consultado el 19 de jun. de 2022]. https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/256/.
- Díaz-López EA, Ángel-Isaza J, Ángel B. D. 2017. Probióticos en la avicultura: una revisión. *Revista de Medicina Veterinaria.* (35):175–189. doi:10.19052/mv.4400.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. Probióticos en los alimentos.: Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. Roma: FAO (Estudio FAO alimentación y nutrición; vol. 85). ISBN: 92-5-305513-8. <https://www.fao.org/3/a0512s/a0512s.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, editor. 2013. Revisión del desarrollo avícola. [sin lugar]: FAO. ISBN: 978-92-5-308067-0; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>.
- Flores Y. 2019. Efecto de L-Carnitina sobre el comportamiento productivo y perfil lipídico en cuyes (*Cavia Porcellus*) de la línea Perú en fase de crecimiento - acabado [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, PE. spa; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4941>.

- Galan F, Nizama B. 2020. Efecto de la suplementación de L-carnitina sobre el comportamiento productivo y perfil lipídico en pollos de carne [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, PE, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. spa; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8402>.
- Garzon A, Guzman S, Maglioni O. 2007. Manual Práctica del Pollo de Engorde. Valle del Cauca, Colombia: Secretaría de Agricultura y Pesca del Valle del Cauca ; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=1102>.
- Geng A, Li B, Guo Y. 2007. Effects of dietary L-carnitine and coenzyme Q10 at different supplemental ages on growth performance and some immune response in ascites-susceptible broilers. Arch Anim Nutr. 61(1):50–60. eng. doi:10.1080/17450390601117041.
- Hatchery M. 2015. Pollo Cobb 500. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <http://www.morrishatchery.com/esp/cobb.html>.
- Hernández Martínez A, Pallarés Carratalá V, Cosín Aguilar J, Andrés Conejos F, Capdevila Carbonell C, Portolés Sanz M. 1997. Efectos de L-carnitina sobre la función regional del miocardio aturdido por isquemias de muy breve duración. Revista Española de Cardiología. 50(9):650–657. doi:10.1016/S0300-8932(97)73277-9.
- İkbal-Coşkun M, Tekeli A. 2019. Efectos de la suplementación con L-carnitina en el síndrome de ascitis en los pollos de engorde criados a gran altura. Revista MVZ Córdoba; [consultado el 19 de jun. de 2022]. 24(1):7127–7136. <https://www.redalyc.org/journal/693/69357845013/>.
- Kato S, Araki H, Kawauchi S, Takeuchi K. 2001. Body temperature dependency in baclofen-induced gastric acid secretion in rats. Life Sciences. 68(17):1951–1963. doi:10.1016/S0024-3205(01)00987-0.
- Medina-Rodríguez CE. 2017. Evaluación *in vitro* del efecto antibacteriano de microorganismos probióticos de uso alimentario o terapéutico humano [Tesis doctoral]. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. spa; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1930>.
- Minuk GY. 1993. Gamma-aminobutyric acid and the liver. Dig Dis. 11(1):45–54. eng. doi:10.1159/000171400.
- Ncho CM, Jeong C, Gupta V, Goel A. 2021. The effect of gamma-aminobutyric acid supplementation on growth performances, immune responses, and blood parameters of chickens reared under stressful environment: a meta-analysis. Environ Sci Pollut Res Int. 28(33):45019–45028. eng. doi:10.1007/s11356-021-13855-0.
- Nogueira BR, Reis MP, Carvalho AC, Mendoza EA, Oliveira BL, Silva VA, Bertechini AG. 2019. Performance, Growth Curves and Carcass Yield of Four Strains of Broiler Chicken. Brazilian Journal of Poultry Science. 21(4). doi:10.1590/1806-9061-2018-0866.
- Pelicano ERL, Souza PA de, Souza HB de, Leonel FR, Zeola N, Boiago MM. 2004. Productive traits of broiler chickens fed diets containing different growth promoters. Revista Brasileira de Ciência Avícola. 6(3):177–182. doi:10.1590/S1516-635X2004000300008.
- Vargas J. 2009. Evaluación de líneas de pollo (*Gallus gallus*) de engorde Ross 308 y Cobb 500 en operación de Cargill en Nicaragua [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 19 de jun. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/94d6ff7c-9977-4860-b397-5ba9186c9697/content>.