



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Efecto de la restricción alimenticia sobre el balance energético en pollos de carne criados a una altitud superior a 2 100 m.s.n.m.

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de Médico
Veterinario

AUTOR:

Jostin Andrés Castro Salas

DIRECTORA:

Dra. Martha Esther Reyes Coronel, Mgtr.

LOJA – ECUADOR

2025

Educamos para **Transformar**

Certificación

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **REYES CORONEL MARTHA ESTHER**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de la restricción alimenticia sobre el balance energético en pollos de carne criados a una altitud superior a 2 100 m.s.n.m.**, perteneciente al estudiante **JOSTIN ANDRES CASTRO SALAS**, con cédula de identidad N° **0705502441**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 7 de Febrero de 2025



Nombre digitalizado por:
**MARTHA ESTHER REYES
CORONEL**

F) _____

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**



Certificado TIC/TT.: UNL-2025-000659

Autoría

Yo, **Jostin Andrés Castro Salas**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular o de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 0705502441

Fecha: 31 de marzo del 2025

Correo electrónico: jostin.castro@unl.edu.ec

Teléfono: 0969318571

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular

Yo, **Jostin Andrés Castro Salas**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación denominado: **Efecto de la restricción alimenticia sobre el balance energético en pollos de carne criados a una altitud superior a 2 100 m.s.n.m**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 31 días del mes de marzo de dos mil veinticinco.



Firma:

Autor: Jostin Andrés Castro Salas

Cédula: 0705502441

Dirección: Loja, calles 18 de Noviembre y Azuay

Correo electrónico: jostin.castro@unl.edu.ec

Teléfono: 0969318571

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director/a del Trabajo de Integración Curricular: Dra. Martha Esther Reyes Coronel, Mgtr.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, a mi familia, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este largo camino.

A mis padres, Felipe Castro y Johanna Salas, que me han enseñado el verdadero significado del amor incondicional y perseverancia, su apoyo inquebrantable ha sido mi mayor motivación, gracias por ser mi inspiración y por siempre estar ahí apoyándome, espero se sientan orgullosos de mi este logro es por y para ustedes, gracias por enseñarme a luchar, a perseverar para poder alcanzar mis sueños.

A mis abuelitos, que siempre confiaron en mí, gracias por sus bendiciones, por sus consejos y por creer siempre en mi desde el primer momento.

A mis hermanos, por siempre estar a mi lado durante todo este tiempo, han sido una fuente de constante motivación y felicidad.

A mis sobrinos, esos pequeños que llenan mi vida de alegría, espero que algún día puedan ver que este esfuerzo fue también para ustedes.

A mis tíos y tías que siempre estuvieron apoyándome, en especial a mi tía Celia Burneo y a mi primo Marco que siempre me extendieron su mano cuando más lo necesitaba.

A mi compañera de vida, mi eterna confidente y mi cómplice en cada paso, Christel Samaniego, quien ha sido mi compañera fiel e inalcanzable, mi refugio. Gracias por tu amor, paciencia, por entenderme en todo, por estar siempre conmigo aún cuando los días parecían grises, hoy junto a tí he logrado culminar esta meta, sin tu apoyo y aliento, no habría sido posible llegar hasta aquí.

Finalmente, dedicar esta tesis a todas las personas que, de una u otra manera estuvieron siempre apoyándome.

Jostin Andrés Castro Salas

Agradecimiento

A mis compañeros y amigos quienes han sido parte de este viaje, gracias por las risas, por todos los momentos compartidos, a todos ustedes por siempre estar presentes.

Mi agradecimiento a los docentes que conforman el proyecto CIDiNA; Dr. Rodrigo Abad, Dra. Rocío Herrera, Dr. Luis Aguirre, Dr. Galo Escudero, Ing. Beatriz Guerrero y en especial a mi Directora de Trabajo de Integración Curricular, Dra. Martha Reyes Coronel, Mgtr, por su dedicación, paciencia y orientación durante el desarrollo de este proyecto de titulación, quiero destacar su compromiso con la excelencia académica.

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Carrera de Medicina Veterinaria, a sus docentes quienes, con su enseñanza, pasión han demostrado el verdadero amor de enseñar y orientar a sus estudiantes.

Justin Andrés Castro Salas

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos.....	xii
1. Título	1
2. Resumen.....	2
2.1 Abstract	3
4. Marco Teórico	6
4.1. Producción Avícola y su Relación con la Altitud.....	6
4.2. Efectos de la Altitud sobre el Gradiente de Gases y la Función Respiratoria en Pollos de Engorde	6
4.3. Efectos Fisiológicos de la Altitud en los Pollos de Carne	7
4.4. Impacto de la Hipoxia en el Crecimiento y Desarrollo de los Pollos de Carne.....	7
4.5. Metabolismo Energético en Pollos	7
4.5.1. Importancia en la Producción de Pollos de Carne.....	7
4.5.2. Principales Vías Metabólicas.....	8
4.5.3. Factores que Afectan el Metabolismo Energético	8
4.6. Fuentes de Energía	9
4.7. Balance Energético en Pollos	9
4.8. Componentes del Balance Energético:	9
4.8.1. Energía de Mantenimiento y para Producción.....	9
4.9. Factores que Influyen en el Balance Energético.....	9
4.9.1. Densidad Energética de la Dieta	9
4.9.2. Condiciones Ambientales.....	10
4.9.3. Nivel de Actividad Física	10

4.10. Ingesta de Energía	10
4.11. Método de Determinación de Energía	11
4.12. Restricción Alimenticia	11
4.12.1. Restricción Cuantitativa	11
4.12.2. Restricción Cualitativa.....	11
4.13. Efectos e Interacción de la Altitud y Restricción sobre Metabolismo Energético	12
4.14. Efectos de la Interacción de la Altitud y Restricción sobre el Balance Energético	12
5. Metodología	13
5.1 Área de Estudio.....	13
5.2. Procedimiento	13
5.2.1 Enfoque Metodológico	13
5.2.3 Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo	13
5.2.4 Descripción de los Tratamientos	14
5.3 Técnicas	14
5.3.1. Preparación del Galpón	14
5.3.2. Manejo de los Animales.....	15
5.3.3. Estudio de Balance Energético.....	15
5.4. Dietas Experimentales.....	16
5.3.5. Análisis de Laboratorio.....	17
5.4. Variables de Estudio.....	17
5.4.1. Programa de Restricción Alimenticia	17
5.4.2. Energía Consumida	17
5.4.3. Energía Retenida.....	17
5.4.4. Energía metabolizable aparente	18
5.5. Procesamiento y Análisis de la Información	18
5.6. Consideraciones éticas.....	18
6. Resultados	19
7. Discusión	20
7.1. Energía Consumida	20
7.2. Energía Excretada.....	21
7.3. Digestibilidad de la Energía	22
8. Conclusiones	24

9. Recomendaciones	25
10. Bibliografía	26
11. Anexos	32

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de dietas basal (control) y experimentales	16
Tabla 2. Energía consumida, energía excretada, digestibilidad de la energía y energía retenida/EMA	19

Índice de figuras

Figura 1. Quinta Experimental Punzara (Google Maps, 2024).....	13
---	----

Índice de anexos

Anexo 1. Limpieza y desinfección del galpón	32
Anexo 2. Preparación de jaulas experimentales.....	32
Anexo 3. Vacunación.....	33
Anexo 4. Elaboración de las dietas experimentales	33
Anexo 5. Limpieza y desinfección de las jaulas metabólicas	33
Anexo 6. Aves sometidas al estudio de balance energético.....	34
Anexo 7. Toma de muestras de excretas.....	34
Anexo 8. Secado de las muestras	34
Anexo 9. Determinación de energía en la bomba calorimétrica	35
Anexo 10. Certificado de traducción al inglés	36

1. Título

Efecto de la restricción alimenticia sobre el balance energético en pollos de carne criados a una altitud superior a 2 100 m.s.n.m.

2. Resumen

La restricción de alimento es una práctica común en avicultura, ya que permite controlar el balance energético, la disminución de energía en la dieta lleva a que se reduzca la expresión de leptina y de la grasa abdominal. Este estudio se enfocó en estudiar el impacto de la restricción alimenticia cualitativa y cuantitativa sobre el balance energético en pollos de carne criados a más de 2,100 m.s.n.m. En consecuencia, el objetivo principal fue analizar el balance de energía en pollos de carne sometidos a programas de restricción alimenticia cuantitativa y cualitativa. Se utilizaron 36 aves distribuidas en 12 pollos por tratamiento. El proceso de muestreo se realizó de manera aleatoria, eligiendo un ave por tratamiento y unidad experimental, más dos aves adicionales provenientes de repeticiones elegidas al azar. Se estudiaron las siguientes variables: Energía consumida, energía excretada, digestibilidad de energía, energía retenida y energía metabolizable aparente. La restricción alimenticia, cuantitativa y cualitativa, no produjo diferencias significativas en el balance de energía. Esto se debe a su capacidad innata para regular el consumo del alimento. De manera similar, la ingesta y la excreción no mostraron diferencias significativas, estos hallazgos sugieren que la composición de la dieta puede influir en los patrones de consumo y eliminación energética.

Palabras clave: *pollos, restricción cualitativa, restricción cuantitativa, balance energético.*

2.1 Abstract

Feed restriction is a common practice in poultry farming, as it allows for energy balance control. A reduction in dietary energy leads to decreased leptin expression and reduced abdominal fat. This study focused on analyzing the impact of qualitative and quantitative feed restrictions on the energy balance of broiler chickens raised at over 2,100 meters above sea level. Accordingly, the main objective was to examine the energy balance in broiler chickens subjected to quantitative and qualitative feed restriction programs. A total of 36 birds were used, distributed in groups of 12 per treatment. The sampling process was conducted randomly, selecting one bird per treatment and the experimental unit, along with two additional birds from randomly chosen replicates. The studied variables included energy intake, energy excretion, energy digestibility, retained energy, and apparent metabolizable energy. Quantitative and qualitative feed restriction did not produce significant differences in energy balance. This is attributed to the birds' innate ability to regulate feed intake. Similarly, energy intake and excretion showed no significant differences. These findings suggest that diet composition may influence energy consumption and excretion patterns.

Keywords: *broilers, qualitative restriction, quantitative restriction, energy balance.*

3. Introducción

El avance genético en las aves, particularmente las distintas líneas de pollos de carne, ha incrementado su metabolismo, lo que provoca un aumento en la demanda de oxígeno. Sin embargo, estudios recientes señalan que, incluso con un menor consumo de energía, el crecimiento y el desempeño de las modernas líneas de pollo de carne no se ven afectadas significativamente (Aftab, 2019). Por otro lado, se ha observado una alta correlación entre el elevado consumo de alimento y la acumulación excesiva de grasa corporal, lo que, en conjunto, aumenta la susceptibilidad a enfermedades metabólicas y esqueléticas en estos animales. Esta susceptibilidad se ha demostrado especialmente cuando hay cambios en la dieta (Yang et al., 2015).

La restricción de alimento es una práctica común en avicultura, ya que permite controlar el balance energético, al relacionar la ingesta de energía y el gasto energético. Se puede lograr un impacto favorable en el balance energético restringiendo la cantidad de alimento o limitando la calidad de los mismos y, por ende, la ingesta de nutrientes (Tyl et al., 2024). Además, una disminución de energía en la dieta lleva a que se reduzca la expresión de leptina y de la grasa abdominal lo que a su vez puede influir en la eficiencia alimentaria y en la regulación metabólica de los pollos (Cortés, 2014).

Las exigencias metabólicas asociadas al rápido crecimiento de los pollos de engorde sumadas a las condiciones ambientales de la Hoya de Loja, cuya altitud sobrepasa los 2,000 metros sobre el nivel del mar, incrementan la incidencia de patologías en este tipo de aves, con altas tasas de mortalidad (Parr et al., 2019). Asimismo, a mayor altitud, menor es la presión atmosférica, la cual trae consigo una menor disponibilidad de oxígeno. Esto se vuelve un factor importante para tener en cuenta en la crianza de pollos de engorde alimentados *ad libitum* (Loayza, 2013).

A pesar de que existe abundante información que aborda el efecto de la restricción alimenticia en pollos de engorde, la mayoría de los estudios se enfocan en aspectos relacionados con el rendimiento productivo, tales como la conversión alimenticia y también con el bienestar animal. Por el contrario, la información sobre cómo estas estrategias impactan el balance energético de las aves de crecimiento rápido y criadas en elevada altitud, como la Hoya de Loja, es escasa.

Este estudio se enfocó en estudiar el impacto de la restricción alimenticia cualitativa y cuantitativa sobre el balance energético en pollos de carne criados a más de 2,100 m.s.n.m. En consecuencia, se plantearon los siguientes objetivos.

- Analizar el balance de energía en pollos de carne sometidos a programas de restricción alimenticia cuantitativa y cualitativa.
- Determinar el efecto de la restricción alimenticia cuantitativa y cualitativa sobre la ingestión y excreción de energía para cada tratamiento.

4. Marco Teórico

4.1. Producción Avícola y su Relación con la Altitud

La producción avícola representa una de las principales actividades económicas dentro del sector agropecuario ya que puede satisfacer la gran demanda mundial de proteínas de alta calidad (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020). El pollo de engorde se destaca por su rápido desarrollo, elevada eficiencia en la alimentación y su elevada rentabilidad.

Julian (2000) menciona que se ha vuelto habitual la crianza de pollos en altitudes elevadas en varias regiones del mundo, especialmente en zonas montañosas de América Latina, Asia y África. Estas zonas suelen brindar ventajas como la reducción en los costos de compra de tierras y una competencia reducida por recursos agrícolas. No obstante, los ambientes de altitud elevada presentan retos únicos que impactan el rendimiento productivo y el bienestar de las aves, siendo la hipoxia hipobárica uno de los elementos más esenciales.

4.2. Efectos de la Altitud sobre el Gradiente de Gases y la Función Respiratoria en Pollos de Engorde

Los entornos de gran altitud imponen varios desafíos a los pollos de engorde, incluida la hipoxia hipobárica, la deshidratación y el frío (Parr et al., 2019). Aunque el porcentaje de oxígeno en el aire es constante a diferentes altitudes, la caída de la presión barométrica de la atmósfera a mayor altitud reduce la presión parcial de oxígeno.

En zonas de gran altitud se reduce la disponibilidad de oxígeno, además, la fuerza impulsora del intercambio de gases en las barreras sangre aire (uniones alveolo capilares) son las presiones parciales y el gradiente de O_2 y CO_2 en el aire y en los capilares sanguíneos, por ello, a gran altitud, se presenta una disminución de la presión parcial de O_2 en los capilares aéreos lo cual va a afectar al intercambio de gases. Como resultado, el gradiente de oxígeno contra la presión parcial de O_2 en la sangre desoxigenada se reduce, lo que conduce a una menor difusión de O_2 en la sangre arterial y al mismo tiempo, ocurre el escenario opuesto para el CO_2 venoso con el resultado de retener una mayor concentración de CO_2 en la sangre arterial (Khajali, 2022).

4.3. Efectos Fisiológicos de la Altitud en los Pollos de Carne

La concentración reducida de oxígeno atmosférico es el mayor desafío que afectan el rendimiento del crecimiento, la viabilidad y el rendimiento de la canal de los pollos de engorde criados en zonas de gran altitud.

Los efectos fisiológicos que conlleva es la hipoxia hipobárica, la deshidratación y el frío, se señala que la hipoxia es un factor determinante lo cual esta puede aumentar más trastornos metabólicos como el síndrome ascítico, además por la altitud también se puede generar hipoxemia y se manifiesta a través del síndrome ascítico e hidropericardio (Khajali, 2022).

El aumento de eritropoyesis en pollos de engorde es la respuesta de la hipoxia que provoca una policitemia fisiológica es decir el aumento de los glóbulos rojos (Wideman et al., 2013). La policitemia se asocia con una mayor producción de glóbulos rojos inmaduros, que no son competentes para transportar oxígeno debido a las zonas de altitud en la cual son criados (Luger et al., 2003)

4.4. Impacto de la Hipoxia en el Crecimiento y Desarrollo de los Pollos de Carne

La hipoxia genera un desequilibrio en los órganos que demandan oxígeno, como los músculos, el corazón y los pulmones, lo que desencadena hipoxemia y predispone potencialmente a los pollos de engorde al síndrome de ascitis (Decuypere et al., 2000).

El síndrome ascítico se desarrolla por la disminución de oxígeno, provocando una respuesta compensatoria en el ventrículo derecho. Cuando el ventrículo derecho intenta compensar la baja oxigenación, bombea la sangre con mayor fuerza, lo que incrementa la presión en las venas pulmonares. Este aumento de presión provoca el retorno de la sangre hacia el corazón, generando como consecuencia una dilatación cardíaca (Ranson, 2005).

4.5. Metabolismo Energético en Pollos

4.5.1. Importancia en la Producción de Pollos de Carne

El metabolismo energético es la base de la vida, además, acompañado de los factores ambientales, nutricionales y genéticos juega un papel importante en el crecimiento, salud y calidad de la carne en los pollos de engorde (Wu, 2018).

Una buena dieta que cumpla con los requerimientos necesarios influye de manera positiva en el crecimiento de los animales, además, los pollos tienen la capacidad de transformar los nutrientes en energía que utilizan en especial en ambientes bajo estrés con dietas restringidas (Copat et al., 2020).

4.5.2. Principales Vías Metabólicas

1. **Glucólisis:** es el paso inicial de la descomposición de la glucosa y de otros carbohidratos aquí se cambia de forma a piruvato, produciendo ATP muy rápido. Este proceso ocurre en el citosol de todas las células, puede ser anaeróbico o aeróbico (Bender y Mayes, 2019).
2. **Ciclo de Krebs:** el Ciclo de Krebs, también conocido como ciclo del ácido cítrico, es una secuencia de reacciones metabólicas que ocurren en las mitocondrias. En este proceso, se oxida el acetil-CoA, generando coenzimas reducidas que se reoxidan posteriormente mediante la cadena de transporte de electrones. Este proceso está asociado a la formación de ATP (Bender y Mayes, 2019).
3. **Fosforilación Oxidativa:** es el paso final de la producción de energía celular, que ocurre en las mitocondrias. Este proceso implica un conjunto de enzimas que catalizan la transferencia de electrones al oxígeno molecular, acoplada a la síntesis de ATP (Demczko, 2024).

4.5.3. Factores que Afectan el Metabolismo Energético

Según el National Research Council – NRC (1994), la digestibilidad de los nutrientes y la composición nutricional específica pueden influir significativamente en la disponibilidad y utilización energética. Los ingredientes con alta digestibilidad pueden incrementar la eficiencia energética del sistema metabólico.

La variabilidad genética constituye un factor determinante en el metabolismo energético avícola. La selección genética orientada a mejorar la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria genera diferencias significativas en los patrones de excreción energética (Buyse et al., 1998). Adicionalmente, el estrés inmunológico representa otro factor crítico que impacta el rendimiento metabólico de los pollos, alterando potencialmente su metabolismo energético (Liu et al., 2015).

4.6. Fuentes de Energía

Las principales fuentes de energía en la dieta de los pollos son:

- **Carbohidratos:** son la principal fuente de energía en dietas basadas en cereales como el trigo y maíz. Estos elementos se caracterizan por su alta disponibilidad y digestibilidad (Itzá et al., 2008).
- **Grasas y Aceites:** son considerados fuentes energéticas concentradas en los sistemas de crianza de pollos. Los aceites vegetales y grasas o la combinación entre ellas, aportan más del doble de energía metabolizable comparados con carbohidratos y proteínas (Itzá et al., 2008).
- **Proteínas:** su función metabólica primordial es la síntesis de tejidos estructurales y protectores. La utilización proteica como fuente energética se considera un recurso metabólico secundario (NCR, 1994).

4.7. Balance Energético en Pollos

El balance energético cumple un importante papel en la regulación del consumo de alimento y el gasto energético en las aves. Este equilibrio resulta crítico particularmente, durante los periodos de restricción alimenticia. Además, el balance de energía es importante para el bienestar de los animales y la sostenibilidad de la producción avícola (Zubair y Leeson, 1996).

4.8. Componentes del Balance Energético:

4.8.1. Energía de Mantenimiento y para Producción

La energía de mantenimiento es la cantidad de energía que las aves utilizan para los procesos vitales como la respiración, flujo sanguíneo, regulación de la temperatura, crecimiento, movimientos musculares y para la producción de carne, por ello el desempeño de los pollos de engorde se encuentra relacionado con el nivel de energía que se les proporciona en la dieta y el tamaño del animal (Santos et al., 2012).

4.9. Factores que Influyen en el Balance Energético

4.9.1. Densidad Energética de la Dieta

La dieta en los pollos es de vital importancia, tener una buena densidad en la energía se traduce en un bienestar para los pollos, una reducción de energía significa que se va a disminuir

la acción de las enzimas digestivas, lo cual va a retrasar la absorción del saco vitelino en la primera etapa de vida de los animales y va a afectar al crecimiento de los pollos. La densidad energética de la dieta constituye un factor crucial en la nutrición de los pollos de carne. Una adecuada concentración energética no solo garantiza el bienestar de los pollos, sino que optimiza su desarrollo metabólico. La reducción de energía puede provocar una disminución en la acción de las enzimas digestivas, lo cual va a retrasar la absorción del saco vitelino en la primera etapa de vida de los animales y va a afectar al crecimiento de los pollos (Ramos e Iglesias, 2009). Elegir ingredientes de calidad es importante para elaborar dietas con alto porcentaje de energía para que cumplan con las necesidades de los pollos de carne (Leeson y Summers, 2001).

4.9.2. Condiciones Ambientales

En los ambientes fríos, los pollos incrementan su tasa metabólica para mantener su homeostasis térmica, por ende, requerimientos energéticos de mantenimiento necesitan ajustarse a un nivel superior (Leeson y Summers, 2001). Las condiciones ambientales pueden provocar estrés térmico, afectando negativamente su rendimiento productivo, ya que puede disminuir el consumo de alimento, la tasa de crecimiento; así, como afectar las respuestas inmunes y provocar elevada mortalidad (He et al., 2018).

4.9.3. Nivel de Actividad Física

En sistemas avícolas intensivos, la actividad física de las aves se encuentra significativamente restringida. Esta situación se caracteriza por una reducción de la tasa metabólica general relacionada con el comportamiento locomotor; una disminución de los niveles de actividad y velocidad de la marcha; y, distribución energética bajo un modelo metabólico altamente controlado (Tickle et al., 2018).

4.10. Ingesta de Energía

La energía en las aves es obtenida por los macronutrientes de la dieta, que incluyen grasas, proteínas y carbohidratos. La cuantificación de la ingesta energética representa un proceso complejo influenciado por múltiples factores, tales como: la ingesta alimentaria constituye una aproximación, diversos elementos determinan el consumo energético real; la palatabilidad juega un rol crucial en la regulación del consumo, especialmente en condiciones de dieta única (Latshaw, 2008).

4.11. Método de Determinación de Energía

El método más común es el calorimétrico para la determinación de energía. La bomba calorimétrica que es un equipo que permite medir el calor de combustión de diferentes elementos en un volumen constante. El tipo más usado es la bomba calorimétrica adiabática. Sus características principales son: un envase totalmente cerrado, aislamiento térmico, mecanismo de agitación y un termómetro. En la bomba se coloca la fuente de calor y se agita el agua hasta lograr un equilibrio térmico que se comprueba con el termómetro (Juanto et al., 2019).

4.12. Restricción Alimenticia

La restricción alimentaria consiste principalmente en controlar la cantidad o la duración de tiempo durante la cual los alimentos están disponibles, con el fin de mejorar ciertos parámetros económicos y de producción. Los tipos de restricción son cuantitativos y cualitativos. Estos son ciertos procedimientos que se pueden emplear para cambiar las estrategias de alimentación avícola de manera que se reduzca el índice de crecimiento y metabolismo en cierta medida, y así reducir la gravedad de algunos trastornos metabólicos (Sahraei, 2012).

4.12.1. Restricción Cuantitativa

Este tipo de restricción alimenticia se trata de disminuir de la cantidad de alimento que se le da a cada ave (Rodríguez, 2022). Esta restricción tiene ventajas como reducir la tasa de crecimiento con el objetivo de que no aparezcan enfermedades metabólicas, aunque también tiene desventajas y puede comprometer el bienestar de los animales, dado que las aves pueden tener sensación de hambre o realizar conductas anormales (Trocino et al., 2020).

4.12.2. Restricción Cualitativa

Este tipo de restricción tiene como objetivo disminuir la densidad de los nutrientes en la elaboración de la dieta como fibra, proteína o energía (Urdaneta, 2000). En la elaboración de la dieta se debe considerar un aporte adecuado de nutrientes para evitar las deficiencias y el pobre desempeño de los animales (Espinoza, 2013).

4.13. Efectos e Interacción de la Altitud y Restricción sobre Metabolismo Energético

Los pollos criados a elevadas altitudes tienen un mayor consumo de oxígeno y, por lo tanto, van a responder al frío aumentando su metabolismo y la demanda de oxígeno (Ranson, 2005).

Por otro lado, Julian (2007) indica que, en elevadas altitudes los pollos de engorde incrementan su tasa respiratoria y, por ende, el consumo de energía. Estos fenómenos están asociados a una baja disponibilidad de oxígeno. Como consecuencia, la conversión alimenticia se ve negativamente afectada provocando la aparición de desórdenes metabólicos como el síndrome ascítico, asociado con la hipertensión pulmonar causado por la hipoxia.

4.14. Efectos de la Interacción de la Altitud y Restricción sobre el Balance Energético

Cai et al., (2021) llevaron a cabo un estudio en el que exploraron la expresión del ARNm de adiponectina y sus receptores en pollos sometidos a restricciones de alimento. Los hallazgos revelaron que el ayuno provoca una disminución tanto en la concentración plasmática de triglicéridos y colesterol total como en un aumento en la liberación de adiponectina en el hígado y el músculo. Estos resultados brindan evidencia de que la restricción de los hábitos alimentarios mejora el consumo de ácidos grasos en los tejidos metabólicamente más activos por medio de la adiponectina, lo que favorece en el organismo el mantenimiento de la homeostasis de energía.

En cambio, Zitte y Amarachi (2024) en su investigación, reportaron que las aves alimentadas el 95% de la dieta *ad libitum* mostraron un aumento de peso. De igual manera, una restricción más severa, equivalente al 80% de ración *ad libitum*, resultó en una menor conversión alimenticia. Estos hallazgos sugieren que una restricción alimenticia severa compromete el balance energético y el crecimiento de los pollos, ya que no cuentan con energía suficiente para su desarrollo.

5. Metodología

5.1 Área de Estudio

El presente trabajo investigativo se realizó en el Centro de Investigación Desarrollo Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA), de la Quinta Experimental Punzara, de la Universidad Nacional de Loja, el mismo que se encuentra ubicado al sur – oeste de Loja, específicamente en el sector “La Argelia”. Este centro se encuentra a altura de 2.211 m.s.n.m., una humedad relativa del 80% y una temperatura media de 16,5°C (Ganazhapa, 2023).



Figura 1. *Quinta Experimental Punzara* (Google Maps, 2024).

5.2. Procedimiento

5.2.1 Enfoque Metodológico

La siguiente investigación tiene un enfoque cuantitativo, caracterizado por la medición objetiva y análisis estadístico de variables específicas.

5.2.2 Diseño de la Investigación

Este estudio se llevó a cabo utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA).

5.2.3 Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo

Se utilizaron 300 pollos boiler de la línea genética Cobb 500, de un día de edad. Las aves se distribuyeron en tres tratamientos (T1, T2 y T3), asignando 100 aves a cada uno. Cada

tratamiento incluyó 10 repeticiones, con 10 aves por repetición. Los animales fueron alojados en jaulas de madera y malla galvanizada, con dimensiones de 146 cm x 127 cm.

Para el análisis detallado del balance energético, se seleccionó una submuestra de 36 aves distribuidas en 12 pollos por tratamiento. El proceso de muestreo se realizó de manera aleatoria, eligiendo un ave por tratamiento y unidad experimental, más dos aves adicionales provenientes de repeticiones elegidas al azar. Los ejemplares seleccionados fueron alojados en jaulas metabólicas, con dimensiones de 76 cm de ancho, 72 cm de largo y 44 cm de alto. Se utilizó un total de 9 jaulas, cada una con capacidad para alojar 4 aves. Las jaulas estaban equipadas con comedero, bebedero y bandeja de recolección de excretas.

5.2.4 Descripción de los Tratamientos

El estudio consistió en tres tratamientos diseñados para evaluar el efecto de la restricción alimenticia cuantitativa y cualitativa sobre el balance energético en pollos de carne criados a elevada altitud, tal como se señala a continuación

- El T1 (Control negativo): consistió en una dieta basal formulada para cumplir con los requerimientos nutricionales de las aves de engorde, según las recomendaciones de la guía de manejo para pollos de la línea genética Cobb 500 (2018). La dieta tuvo una concentración del 20% de proteína bruta y de 3025 kcal/kg de energía metabolizable. Los animales fueron alimentados *ad libitum*.
- El T2 (Restricción alimenticia cualitativa): en el cual se redujo en un 10% tanto la energía, así como la proteína en comparación con el T1. La dieta contenía un 18% de proteína bruta y 2722 kcal/kg de energía metabolizable. Los animales fueron alimentados *ad libitum*.
- El T3 (Restricción alimenticia cuantitativa): En este tratamiento, los pollos aves recibieron un 10% menos de alimento en comparación con la cantidad suministrada a las aves del T1.

5.3 Técnicas

5.3.1. Preparación del Galpón

Para el recibimiento de los animales, se adecuó un galpón de 200 m², que estuvo equipado con jaulas, cortinas y lonas para crear un microclima; cama de viruta, iluminación y sistema de calefacción. Las instalaciones fueron limpiadas y desinfectadas. Los animales, a la llegada, fueron colocados en un círculo de crianza dotado con criadoras a gas, manteniendo una

temperatura de entre 28 y 32°C, con una humedad relativa de 60-70%: Adicionalmente, se instalaron bebederos y comederos.

5.3.2. Manejo de los Animales

Los animales, desde el primero hasta el séptimo día, fueron alojados en el círculo de crianza hasta el día 7. Al octavo día de vida, fueron distribuidos aleatoriamente en sus respectivos tratamientos.

El círculo de crianza se mantuvo limpio, con un cambio regular de la cama y una monitorización constante de los parámetros ambientales.

El programa de vacunación que se utilizó fue el siguiente: al día 7 de edad, recibieron la primera dosis, vía ocular, de la vacuna contra las enfermedades de Newcastle y de Gumboro; y, al día 22, recibieron una dosis de refuerzo.

Diariamente, se realizó evaluaciones del estado de los animales, incluyendo el consumo de alimento y agua, el peso y cualquier signo de enfermedad. El control de la temperatura y humedad ambiental se hizo con frecuencia de 4 horas, realizando los ajustes necesarios. El suministro de agua para las aves fue a voluntad.

5.3.3. Estudio de Balance Energético

El día 18, se realizó la asignación aleatoria de las aves de cada tratamiento a las jaulas metabólicas. Las jaulas contaban con un sistema de identificación y estaban equipadas con un bebedero, un comedero y bandejas para la recolección de las excretas, Los animales permanecieron un total de siete días en las jaulas. Los primeros 3 días se destinaron a la adaptación mientras que, durante los 4 restantes, se llevó a cabo la colecta de alimento sobrante y excretas.

El periodo de colecta total de excretas inició el día 4. Diariamente, se pesó y registró la cantidad de alimento suministrado a cada grupo de pollos alojados en cada las jaulas. Tras retirar las plumas, residuos de alimento y otras posibles fuentes de contaminación, las excretas de cada unidad experimental (jaula con 4 aves) fueron recolectadas tanto temprano en la mañana como en la noche. Las deyecciones provenientes de cada jaula fueron pesadas, homogeneizadas, colocadas en fundas plásticas debidamente identificadas y posteriormente, congeladas hasta su análisis en el laboratorio. Al final del periodo experimental, se cuantificó,

tanto el alimento consumido, como las excretas producidas por los animales alojados en cada una de las jaulas.

5.4. Dietas Experimentales

Durante el estudio del balance energético, las aves recibieron tanto la dieta basal como la experimental, cuyas fórmulas y composiciones calculadas, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. *Composición de dietas basal (control) y experimentales*

Materias primas	Restricción alimenticia, %		
	Control	Cualitativo	Cuantitativo
	T1	T2	T3
Maíz	57,1	49,7	57,1
Afrecho de trigo	-	13,0	-
Torta de soya	30,2	22,8	30,2
Aceite de palma	3,20	2,00	3,20
Cono de arroz	5,00	5,00	5,00
Sal	0,34	0,31	0,34
Carbonato de calcio	1, 13	4,32	1, 13
Fosfato monocálcico	1,45	1,31	1,45
Aceite de girasol	0,20	0,20	0,20
Premix ¹	0,200	0,20	0,200
Lisina	0,32	0,36	0,32
Metionina	0,32	0,29	0,32
Treonina	0,14	0,16	0,14
Atrapador de toxinas ²	0,10	0,10	0,10
Bicarbonato de Na	0, 06	0,08	0, 06
Huvezym PC ³	0,05	0,05	0,05
Pigmento	0,10	0,10	0,10
Coccidiostato ⁴	0,05	0,05	0,05
Total	100,00	100,00	100,00
<i>Composición química obtenida</i>			
Energía metabolizable, kcal/kg	2950	2770	2950
Proteína bruta, %	20	18,3	20
Fibra, %	3,72	2,41	3,72
<i>Composición química estimada</i>			
Lisina, %	1,16	1,16	1,16
Metionina, %	0,61	0,47	0,61
Treonina, %	0,88	0,88	0,88

¹ LOFAC: Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B12, Yodo, Niacina, Biotina, Ácido Pantoténico, Ácido Fólico, Cobre, Colina, Antioxidante, Cobalto, Manganeseo, Zinc, Selenio, Hierro, excipiente c.s.p. ² MYCOFIX (Montmorillonita al 100%) ³Proteasa ácida, a-Amilasa, B-manasa, Xilanasa, B-glucanasa, Celulasa, Fitasa, Pectinasa, Inulina, Probióticos, Inulina, Fructo oligosacáridos y excipientes c.s.p. ⁴ Sacox (12% de Salinomicina sódico)

5.3.5. Análisis de Laboratorio

La energía bruta de las excretas y del alimento fue determinada mediante el uso de una bomba calorimétrica. Este equipo cuantifica de manera exacta la cantidad de calor que se libera durante la combustión total de las muestras. El proceso comprendió lo siguiente:

- **Preparación de las muestras:** las muestras de excretas y alimento fueron secadas en una estufa para eliminar el contenido de humedad.
- **Pesaje:** se realizó el pesaje de las muestras secas utilizando una balanza analítica.
- **Combustión:** las muestras fueron colocadas en la bomba calorimétrica una por una, donde se quemó en un ambiente controlado de oxígeno puro.
- **Medición del calor:** se registró el calor producido por la combustión como la energía bruta de cada una de las muestras, expresada en kilocalorías por gramo (kcal/g).

5.4. Variables de Estudio

Las variables consideradas para la evaluación del presente estudio fueron:

5.4.1. Programa de Restricción Alimenticia

Esta es la variable principal del estudio y se refiere al tipo de restricción alimenticia aplicada a las aves. Se clasifica como una variable cualitativa categórica y se define operativamente de la siguiente manera:

- **Tratamiento 1 (Control):** dieta que cumple los requerimientos nutricionales de los pollos, se suministra *ad libitum*.
- **Tratamiento 2 (Restricción cualitativa):** restricción cualitativa, dieta con menos el 10% de proteína y energía, en comparación al T1.
- **Tratamiento 3 (Restricción cuantitativa):** suministro reducido en el 10% de lo que consume el T1.

5.4.2. Energía Consumida

Mide la energía ingerida por las aves a través del alimento (kcal/animal/día).

5.4.3. Energía Retenida

Refleja la diferencia entre la energía consumida y la energía excretada, expresado en kcal/animal/día.

5.4.4. Energía metabolizable aparente

Refleja la diferencia entre EB del alimento – EB excretas; se expresa en kcal/kg

5.5. Procesamiento y Análisis de la Información

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico InfoStat (versión 2020). Los resultados se complementaron con la prueba de Tukey para identificar específicamente qué tratamientos difieren entre sí. Fueron considerados como significativos los p-valores <0,05.

5.6. Consideraciones éticas

El proyecto fue desarrollado de acuerdo con lo establecido en el art. 147 del “Código Orgánico del Ambiente” (ROS N.º 983, Ecuador).

6. Resultados

En la Tabla 2 se presentan los resultados estadísticos de los análisis de la energía consumida, energía excretada y el balance energético o energía retenida.

Tabla 2. *Energía consumida, energía excretada, digestibilidad de la energía y energía retenida/EMA*

Variables	TRATAMIENTOS			EEM	p-valor
	Control Negativo	Restricción Cualitativa	Restricción Cuantitativa		
Energía Consumida kcal/ave/día	504,00	472,34	458,69	16,28	0,1863
Energía Excretada kcal/ave/día	86,63	101,72	81,49	5,86	0,0882
Digestibilidad de la Energía %	82,68	78,34	82,11	1,61	0,1737
Energía Retenida kcal/ave/día /EMA kcal/kg	417,38	370,61	377,20	19,96	0,2530

En la energía consumida, no se halló una diferencia significativa ($p=0,1852$) entre los tratamientos, con un promedio de 479,34 kcal/ave/día. De igual manera, en la energía excretada no se encontró una diferencia significativa ($p=0,0882$) entre los tratamientos, pero se encontró una mayor excreción de energía en el tratamiento cualitativo.

Además, en la digestibilidad de la energía tampoco se encontró diferencia significativa presentando un p-valor de 0,1737. Del mismo modo, en la energía retenida y la energía metabolizable aparente, no se observaron diferencias estadísticas significativas con un p-valor de 0,2530 entre los tratamientos, aunque existió una mayor retención de energía en el tratamiento de control negativo.

7. Discusión

7.1. Energía Consumida

En relación con la energía consumida no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos presentando un p-valor de 0,1863. El menor consumo se presentó en el tratamiento cuantitativo (458,69 kcal/ave/día). Esto puede ser explicado porque en ese tratamiento se restringió el alimento al 10% de lo que consumió el T1.

Sahraei (2012) menciona que los pollos de engorde sometidos a dietas con menor densidad de nutrientes pueden aumentar su consumo de alimento para compensar la reducción en la disponibilidad de energía y a su vez mantener la ingesta de nutrientes. Este resultado se evidencia en el tratamiento T2, donde, a pesar de presentar una reducción del 10% en la cantidad energética de la dieta, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento productivo.

De igual manera, da Silva et al., (2022) indican que en su estudio no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos bajo restricción de alimento y aquellos con alimentación *ad libitum*, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación. A pesar de las restricciones alimenticias no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Las restricciones de alimentos provocan respuestas adaptativas en las aves, lo cual les permite mantener el equilibrio energético y optimizar el crecimiento. Richards y Proszkowiec (2007) señalan que las razas de pollos de engorde exhiben una regulación inadecuada de la ingesta de alimento, lo que requiere prácticas de manejo como la restricción de alimento para prevenir el consumo excesivo y la obesidad. Además, estos autores enfatizan que la vía de la proteína quinasa activada por monofosfato de adenosina (AMPK) es particularmente significativa en este contexto, ya que vincula la detección de energía con la regulación del metabolismo, influyendo así en la modulación de la ingesta de alimento y optimizando la utilización de energía. Estos resultados refuerzan la idea de que, pese a que por medio de las restricciones de alimento se pueda modificar el consumo de energía, las aves poseen un mecanismo compensatorio que les permite mantener su homeostasis energética, lo cual explica por qué no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

También, investigaciones previas sobre la EM en la dieta y los niveles de proteína bruta revelaron interacciones importantes que afectan directamente el aumento de peso y la eficiencia

alimentaria, lo que ilustra aún más cómo el equilibrio nutricional puede impulsar las respuestas metabólicas en las aves de corral. En particular, los hallazgos demuestran que la EM dietética afectó no solo las métricas de crecimiento, sino también los indicadores de salud microbiana, dilucidando así la conexión entre la absorción de nutrientes y los resultados generales de salud (Chang et al., 2023).

Además, la combinación entre la restricción alimenticia y la altitud pudo influir en los resultados obtenidos. Al respecto, Julian (2007) señala que, en elevadas altitudes la digestibilidad de algunos nutrientes puede verse afectada por factores relacionados como la hipoxia, ya que en estas condiciones existe una menor disponibilidad de oxígeno, lo cual puede reducir la eficiencia del metabolismo energético, por ende, va a afectar la producción de ATP y consecuentemente el proceso digestivo. Esta situación; explicaría que, a pesar de las restricciones alimenticias y la elevada altitud (sobre los 2100 m.s.n.m.) no se observaron diferencias estadísticas significativas en la respuesta de las aves.

7.2. Energía Excretada

Los resultados de la energía excretada no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, con un promedio de 89,94 kcal/ave/día. Sin embargo, el tratamiento cualitativo presentó un mayor valor de excreción de energía (101,72 kcal/ave/día) en comparación con los demás tratamientos. Esto indica que, aunque se observó una mayor excreción en el T2, no se ve afectada la eficiencia del uso de energía por las restricciones.

En este contexto, Copat et al., (2020) y Yang et al., (2020) reportan que las aves alimentadas con dietas que contengan un menor contenido de energía presentan un menor aprovechamiento de los nutrientes y, consecuentemente, una mayor eliminación de energía a través de las excretas. Estos hallazgos son consistentes con los resultados obtenidos en el presente estudio. De manera similar, Urdaneta (2000) menciona que las dietas elaboradas con menor cantidad de energía generan una mayor excreción de la misma, debido a que las dietas con menor calidad nutricional disminuyen la digestibilidad y la absorción de los nutrientes. Además, al elaborar dietas con cantidades elevadas de fibra se reduce la eficiencia del metabolismo energético y, por tanto, se incrementa la fermentación intestinal, provocando mayores pérdidas de energía a través de las excretas.

Khajali (2022) reporta que, a gran altitud, se generan cambios metabólicos y fisiológicos en los pollos de engorde, lo que influyen en la absorción y utilización de los

nutrientes. Además, menciona que, debido a la hipoxia, los pollos pueden modificar su eficiencia energética. Esto sucede porque en elevada altitud la menor presión de oxígeno requiere adaptaciones fisiológicas que podrían afectar la excreción de energía. De manera similar, Ocampo (2010) señala que la altitud puede impactar en el bienestar y el metabolismo de los pollos de engorde, esto se debe al poco oxígeno que existe, lo cual puede provocar estrés en los animales y modificar el consumo de energía y, por ende, la excreción.

7.3. Digestibilidad de la Energía

El análisis de la digestibilidad de la energía no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.1737$), con un promedio de 81,04%. El T2 presentó el valor más bajo en el parámetro analizado, lo cual se correlaciona con un menor consumo de energía. Estos resultados son consistentes con los que mencionan Rostagno et al., (2017) quienes señalan que la digestibilidad de energía varía dependiendo de la calidad de los ingredientes en la dieta y de la capacidad que tienen los pollos para absorber los nutrientes.

Además, Leeson y Summers. (2005) afirman que una reducción en el contenido energético de la dieta puede disminuir la absorción de nutrientes, en especial cuando la densidad dietética se ve afectada. Este hallazgo es similar a lo observado en este estudio, en el cual, el T2 presentó una menor digestibilidad de la energía, lo que podría traducirse en una menor disponibilidad para el metabolismo de los pollos.

Por otro lado, Avellaneda et al., (2022) reportan que los pollos criados a gran altitud y bajo restricciones alimenticias mostraron una mejor digestibilidad de los nutrientes. Esto se debe a que los pollos experimentan cambios en la morfología intestinal, como un aumento en la superficie y longitud de las vellosidades intestinales, lo que facilita una mejor absorción de nutrientes también señalan que las restricciones de alimento pueden generar una mejora en la eficiencia digestiva, ya que las aves pueden optimizar el uso de los recursos que se encuentran disponibles para mantener su metabolismo (Avellaneda et al., 2022; Mahdavi et al., 2024).

Abdel-Hafeez et al. (2016) concluyen que aves alimentadas con dietas elaboradas con bajo contenido de energía no presentaron diferencias significativas en su rendimiento productivo. Esta situación se debe a que cuando se elabora una dieta que mantiene una relación estrecha entre EM y PC, los pollos de engorde ajustan su ingesta de alimento para compensar sus necesidades de energía. Este hallazgo coincide con la falta de diferencias estadísticas

significativas entre los tratamientos del presente estudio, ya que, a pesar de que el T2 consistió en una dieta con un 10% menos de contenido energético, no mostró diferencias significativas en las variables evaluadas.

7.4. Energía Retenida/EMA

El análisis de la energía retenida y la energía metabolizable aparente no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p= 0,2530$). El T2 presentó los valores más bajos, relacionados con una menor densidad energética de la dieta suministrada; mientras que el T1 tuvo los valores más altos al cumplir con los requerimientos nutricionales. Estos resultados se alinean con los descritos por Rostagno et al., (2017) quienes señalan que la disponibilidad de energía en la dieta puede influir en la cantidad de energía que retienen los pollos.

De forma similar, Dourado et al., (2010) y Chrystal et al., (2020) reportan que, bajo condiciones de restricción alimenticia moderada, se observa una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes. Esto se debe a que el organismo de los pollos mejora la absorción y metabolismo de los nutrientes en respuesta a la menor cantidad de alimento disponible, lo cual da como resultado valores positivos de retención energética y EMA. Este hallazgo es concordante con lo reportado por Julian (2007) quien menciona que, los pollos que son criados en altitudes elevadas pueden presentar problemas en el bienestar y rendimiento por la baja disponibilidad de oxígeno, lo cual puede alterar el balance de energía en los pollos. No obstante, en el presente estudio realizado a más de 2,000 m.s.n.m no se observaron diferencias significativas en la energía retenida ni en la EMA, a pesar de las restricciones alimenticias a las que fueron sometidas las aves. Esta situación se puede explicar por la notable capacidad adaptativa que desarrollan los pollos de engorde en condiciones de hipoxia.

Además, se ha demostrado que una adecuada cantidad de energía en la dieta es importante para el desarrollo y crecimiento de los pollos (Leeson y Summers, 2001). Sin embargo, las condiciones ambientales pueden llegar a modificar estos requerimientos. Ranson (2005) reporta que los pollos criados a elevada altitud van a aumentar su metabolismo para poder compensar el poco oxígeno que existe en ambientes fríos, lo cual conlleva a un mayor gasto energético. Esto significa que, pese a que no se encontraron diferencias significativas en la energía retenida entre los tratamientos, es posible que los pollos de engorde criados en elevada altitud utilizaron una mayor cantidad de energía consumida para mantener sus funciones vitales.

8. Conclusiones

- Las restricciones alimenticias tanto cuantitativas como cualitativas en pollos de engorde criados a elevada altitud, sobre los 2.100 m.s.n.m., no afectaron significativamente los parámetros de balance energético y digestibilidad energética, lo que pone en evidencia la relevante capacidad adaptativa de estas aves para mantener el equilibrio (homeostasis) energética, inclusive en condiciones de hipoxia y disponibilidad reducida de nutrientes.
- A pesar de que el tratamiento cualitativo (T2) mostró valores inferiores de digestibilidad y retención de energía, así como de excreción de energía, en comparación con los demás tratamientos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Este hallazgo sugiere que los mecanismos compensatorios metabólicos de las aves fueron lo suficientemente eficientes para optimizar la utilización de los nutrientes disponibles.

9. Recomendaciones

- Aplicar programas de alimentación con restricciones cualitativas moderadas en la cría de pollos de carne a elevada altitud como una alternativa viable económicamente que no compromete significativamente los parámetros productivos.
- Realizar nuevas investigaciones con periodos más largos de restricciones alimenticias, tanto cuantitativas como cualitativas, para evaluar los efectos acumulativos de las restricciones alimenticias y obtener resultados más precisos.
- Desarrollar estudios con dietas que reduzcan aún más el porcentaje de energía, con el fin de determinar cómo una restricción más estricta puede afectar el balance energético

10. Bibliografía

- Abdel-Hafeez, H. M., Saleh, E. S. E., Tawfeek, S. S., Youssef, I. M. I., y Hemida, M. B. M. (2016). Effects of low dietary energy, with low and normal protein levels, on broiler performance and production characteristics. *Journal of veterinary medical research*, 2016(2), 259-274. <http://www.bsu.edu.eg/bsujournals/JVMR.aspx>
- Aftab, U. (2019). *Requerimientos de energía y aminoácidos en pollos de engorde: cómo mantener el ritmo del progreso genético*. World Poultry Science Journal.
- Avellaneda, Y., Afanador, G., y Ariza, C. (2022). Glicerina cruda, restricción alimenticia y suplementación con aminogut® en pollos de engorde. *Archivos de zootecnia, ISSN-e 1885-4494, ISSN 0004-0592, Vol. 71, N° 274, 2022, págs. 83-94, 71(274), 83-94*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8868090&info=resumen&idioma=SPA>
- Bender, A., y Mayes, P. (2019). *Glucólisis y oxidación del piruvato*. Harper Bioquímica ilustrada, 31 edición. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookId=2743§ionId=229798523>
- Buyse, J., Michels, H., Vloeberghs, J., Saevels, P., Aerts, J. M., Ducro, B., Berckmans, D., y Decuypere, E. (1998). Energy and protein metabolism between 3 and 6 weeks of age of male broiler chickens selected for growth rate or for improved food efficiency. *British Poultry Science*, 39(2), 264-272. <https://doi.org/10.1080/00071669889231>
- Cai, J., Hu, Q., Lin, H., Zhao, J., Jiao, H., y Wang, X. (2021). Adiponectin/adiponectin receptors mRNA expression profiles in chickens and their response to feed restriction. *Poultry Science*, 100(12), 101480.
- Chang, C., Zhang, Q. Q., Wang, H. H., Chu, Q., Zhang, J., Yan, Z. X., Liu, H. G., y Geng, A. L. (2023). Dietary metabolizable energy and crude protein levels affect pectoral muscle composition and gut microbiota in native growing chickens. *Poultry Science*, 102(2), 102353. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2022.102353>

- Chrystal, P. V., Moss, A. F., Khoddami, A., Naranjo, V. D., Selle, P. H., y Liu, S. Y. (2020). Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poultry Science*, 99(3), 1421-1431. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2019.10.060>
- Copat, L. L. P., Souza Nascimento, K. M. R. de, Kiefer, C., Berno, P. R., Freitas, H. B. de, Silva, T. R. da, Chaves, N. R. B., Amin, M., Santana, P. G., yOliveira, N. G. (2020). Metabolizable Energy Levels for Free-Range Broiler Chickens. *Journal of Animal Science*, 8(3), 820-831. <https://doi.org/10.5296/JAS.V8I3.16666>
- Cortés, R. (2014). *El sistema inmunitario y el consumo y gasto de energía en las aves*. Poultry Watt.
- da Silva Teofilo, G. F., Lizana, R. R., de Souza Camargos, R., Leme, B. B., Morillo, F. A. H., Silva, R. L., Fernandes, J. B. K., y Sakomura, N. K. (2022). Effect of feed restriction on the maintenance energy requirement of broiler breeders. *Animal Bioscience*, 35(5), 690-697. <https://doi.org/10.5713/AB.21.0183dpura>
- Decuypere, E., Buyse, J., y Buys, N. (2000). Ascites in broiler chickens: Exogenous and endogenous structural and functional causal factors. *World's Poultry Science Journal*, 56, 367–377.
- Demczko, M. (2024). *Trastornos de la fosforilación oxidativa mitocondrial*. MSD. <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-del-metabolismo/trastornos-de-la-fosforilación-oxidativa-mitocondrial>
- Dourado, L. R. B., Siqueira, J. C., Sakomura, N. K., Pinheiro, S. R. F., Marcato, S. M., Fernandes, J. B. K., y Silva, J. H. V. (2010). Poultry feed metabolizable energy determination using total or partial excreta collection methods. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 12(2), 129-132. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2010000200010>
- Espinoza, E. (2013). Diseño y Evaluación de tres programas alimenticios en la producción de pollos broiler Cobb 500, en el sitio San Roquito del cantón Balsas. Tesis de Grado de la Universidad Nacional de Loja, 29.

FAO (2020). Informe sobre la producción avícola global. Food and Agriculture Organization of the United Nations

Ganazhapa, Y. (2023). Balance de nitrógeno en dietas de cuyes (*cavia porcellus*) con la inclusión de diferentes niveles de maralfalfa (*pennisetum spp*). *Repositorio: Universidad Nacional de Loja*, 25-26.
[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26507/1/Yordy Pabel Ganazhapa Palta.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26507/1/Yordy%20Pabel%20Ganazhapa%20Palta.pdf)

He, S. P., Arowolo, M. A., Medrano, R. F., Li, S., Yu, Q. F., Chen, J. Y., y He, J. H. (2018). Impact of heat stress and nutritional interventions on poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 74(4), 647-664.
<https://doi.org/10.1017/S0043933918000727>

Itzá, F., López, C., Ávila, E., Gómez, S., Arce, J., y Velásquez, P. A. (2008). Efecto de la fuente energética y el nivel de energía sobre la longitud de vellosidades intestinales, la respuesta inmune y el rendimiento productivo en pollos de engorda. *Veterinaria México*, 39(4), 357-376.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922008000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Juanto, S., Stei, J., Prodanoff, F., y Yalet, N. M. (2019). Bomba Calorimétrica: reconstrucción de un equipo Bomb calorimeter: equipment reconstruction. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 425-431. www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/

Julian, R. J. (2000). Physiological, management and environmental triggers of the ascites síndrome. *Avian Pathology*, 29(6), 519-527.

Julian, R. J. (2007). The response of the heart and pulmonary arteries to hypoxia, pressure, and volume. A short review. *Poultry Science*, 86(5), 1006-1011.

Khajali, Fariborz. (2022). Managing broiler production challenges at high altitude. *Veterinary Medicine and Science*, 8(4), 1519-1527. <https://doi.org/10.1002/VMS3.784>

Latshaw, J. (2008). Daily Energy Intake of Broiler Chickens is Altered by Proximate Nutrient Content and Form of the Diet. *Poultry Science*, 87(1), 89-95.
<https://doi.org/10.3382/PS.2007-00173>

- Leeson, S., y Summers, J. D. (2001). *Nutrition of the Chicken* (4th ed.). University Books.
- Leeson, S., y Summers, J. D. (2005). *Commercial Poultry Nutrition* (3rd ed.). *Nottingham University Press*.
- Liu, L., Qin, D., Wang, X., Feng, Y., Yang, X., y Yao, J. (2015). Effect of immune stress on growth performance and energy metabolism in broiler chickens. *Food and Agricultural Immunology*, 26(2), 194-203.
<https://doi.org/10.1080/09540105.2014.882884>
- Loayza, W. G. (2013). Efecto de la restricción alimenticia en el control de enfermedades metabólicas en pollos de la línea, Ross 308 en la finca punzara de la Universidad Nacional de Loja. *Universidad Nacional De Loja*, 107.
- Luger, D., Shinder, D., Wolfenson, D., y Yahav, S. (2003). Erythropoiesis regulation during the development of ascites syndrome in broiler chickens: A possible role of corticosterone. *Journal of Animal Science*, 81, 784-790.
- Mahdavi, R., Ghazi, S., Ali, H., y Piray, H. (2024). The effect of reducing dietary energy on performance, intestinal morphology and intestinal peptide and amino acid transporters in broiler chicks. <https://doi.org/10.1002/vms3.1364>
- National Research Council (NRC). (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th Revised Edition. National Academies Press.
- Ocampo, J. (2010). Evaluación de caracteres de crecimiento y mortalidad en dos líneas de pollo de engorde en condiciones de altitud. *Tesis de Maestría*, Universidad de Cuenca.
- Parr, N., Wilkes, M., y Hawkes, L. A. (2019). Natural Climbers: Insights from Avian Physiology at High Altitude. *High Altitude Medicine and Biology*, 20(4), 427-437.
<https://doi.org/10.1089/HAM.2019.0032/FORMAT/EPUB>
- Ramos, L., e Iglesias. (2009). Energía y Proteína. *Nutrinews*, 13.
<https://nutrinews.com/download/Dietas-bajas-en-energia-y-proteina-en-aves-de-engorde.pdf>
- Ranson, J. (2005). Manejando Broilers en Zonas Altas. *Hubbard*.

https://www.hubbardbreeders.com/media/manejando_broilers_en_zonas_altas_marzo_2005__022063200_1455_06012015.pdf

- Richards, M. P., y Proszkowiec-Weglarz, M. (2007). Mechanisms Regulating Feed Intake, Energy Expenditure, and Body Weight in Poultry. *Poultry Science*, 86(7), 1478-1490. <https://doi.org/10.1093/PS/86.7.1478>
- Rodríguez, K. (2022). Efecto de la restricción alimentaria sobre los índices productivos e incidencia de ascitis en pollos cobb 500. Universidad Técnica de Ambato.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., y Donzele, J. L. (2017). Tablas brasileñas para aves y cerdos: Composición de alimentos y requerimientos nutricionales (4ta ed.). *Universidad Federal de Viçosa*.
- Sahraei, M. (2012). Feed restriction in broiler chickens production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(2), 333-352. <https://doi.org/10.2298/BAH1202333S>
- Santos, M. S. V., Vieira, S. S., Tavares, F. B., Andrade, P., Manno, M. C., Costa, H. S. y Moreira, A. (2012). Desempenho, carcaça e cortes de frangos caipira francês barre (*Gris Barre Cou Plume*). *Archivos de Zootecnia*, 61(234), 287-295.
- Tickle, P. G., Hutchinson, J. R., y Codd, J. R. (2018). Energy allocation and behaviour in the growing broiler chicken. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-018-22604-2>
- Trocino A., White P., Bordignon F., Ferrante V., Berttoto D., Birolo M., Pillan G., y Xiccato G. (2020). Effect of Feed Restriction on the Behaviour and Welfare of Broiler Chickens. *Animals*, 10(5). Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/5/830>
- Tyl, J., Tůmová, E., y Chodová, D. (2024). The effect of feed restriction and housing system on performance, organ proportion and microbiota. *Czech Journal of Animal Science*, 69(2), 68-74. <https://doi.org/10.17221/172/2023-CJAS>
- Urdaneta, M. (2000). Restricción alimenticia leve y crecimiento compensatorio en el pollo de engorda. Tesis de Maestría en Ciencias. *Universidad de Guelph, Canadá*. 109 p.

- Wideman, R. F., Rhoads, D. D., Erf, G. F., y Anthony, N. B. (2013). Pulmonary arterial hypertension (ascites syndrome) in broilers: A review. *Poultry Science*, 92, 64–83.
- Wu, G. (2018) Principles of animal nutrition. CRC Press, Boca Raton.
- Wu, S. B., Swick, R. A., Noblet, J., Rodgers, N., Cadogan, D., y Choct, M. (2019). Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poultry Science*, 98(3), 1222-1234. <https://doi.org/10.3382/PS/PEY442>
- Yang, H., Yang, Z., Wang, Z., Wang, W., Huang, K., Fan, W., y Jia, T. (2015). Effects of Early Dietary Energy and Protein Dilution on Growth Performance, Nutrient Utilization and Internal Organs of Broilers. *Italian Journal of Animal Science*, 14(2), 163-171. <https://doi.org/10.4081/IJAS.2015.3729>
- Yang, Z., Pirgozliev, V. R., Rose, S. P., Woods, S., Yang, H. M., Wang, Z., y Bedford, M. R. (2020). Effect of age on the relationship between metabolizable energy and digestible energy for broiler chickens. *Poultry Science*, 99(1), 320-330. <https://doi.org/10.3382/PS/PEZ495>
- Zitte, L. F., y Amarachi, J. F. (2024). The Effect of Quantitative Feed Restriction on the Growth Performance of Broiler Chickens. *Nigerian Journal of Poultry Production*, 5(2), 93-96.
- Zubair, A. K., y Leeson, S. (1996). Compensatory Growth in the Broiler Chicken: A Review. *World's Poultry Science Journal*, 52(2), 189-201.

11. Anexos



Anexo 1. Limpieza y desinfección del galpón



Anexo 2. Preparación de jaulas experimentales



Anexo 3. Vacunación



Anexo 4. Elaboración de las dietas experimentales



Anexo 5. Limpieza y desinfección de las jaulas metabólicas



Anexo 9. Determinación de energía en la bomba calorimétrica

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Loja, 19 de marzo de 2025

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

DOCENTE DE INGLÉS

A petición verbal de la parte interesada:

CERTIFICA:

Que, desde mi legal saber y entender, como profesional en el área del idioma inglés, he procedido a realizar la traducción del resumen, correspondiente al Trabajo de Integración Curricular titulado **Efecto de la restricción alimenticia sobre el balance energético en pollos de carne criados a una altitud superior a 2 100 m.s.n.m.** de la autoría de: **Jostin Andrés Castro Salas**, portador de la cédula de identidad número **0705502441**

Para efectos de traducción se han considerado los lineamientos que corresponden a un nivel de inglés técnico, como amerita el caso.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso del mismo, en lo que a bien tenga.

Atentamente. -



Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

1103682991

N° Registro Senescyt 4to nivel **1031-2021-2296049**

N° Registro Senescyt 3er nivel **1008-16-1454771**

Anexo 10. Certificado de traducción al inglés