

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y PESO DE LOS ÓRGANOS DIGESTIVOS DE POLLOS COBB 500 DE UNA SEMANA POST ECLOSIÓN, ALIMENTADOS CON PIENSOS EXTRUIDOS Y TIPO HARINA A 1650 msnm

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL

Presentado por:

EDWAR ANDRES SANGAY GUTIERREZ

Asesor:

Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Edwar Andres Sangay Gutierrez
DNI: 43004920
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias.
Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Producción Animal
2. Asesor: Dr. Manuel Eber Paredes Arana
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
X Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
X Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional ☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Desempeño productivo y peso de los órganos digestivos de pollos COBB 500 de una semana post eclosión, alimentados con piensos extruidos y tipo harina a 1650 msnm
6. Fecha de evaluación: **11/03/2026**
7. Software antiplagio: **X TURNITIN** ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **7%**
9. Código Documento: **3117:566461444**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
X APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **20/03/2026**

Firma y/o Sello Emisor Constancia
 Dr. Manuel Eber Paredes Arana DNI: 271733001

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT@ 2025 by
EDWAR ANDRES SANGAY GUTIERREZ
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERÚ



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 17:20 horas, del día 30 de julio de dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Mg. Sc. RAÚL ALBERTO CÁCERES CABANILLAS**, **Mg. Sc. LINCOL ALBERTO TAFUR CULQUI**, **M. Cs. JAVIER ALEJANDRO PERINANGO GAITÁN**, y en calidad de Asesor el **Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **"DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y PESO DE LOS ÓRGANOS DIGESTIVOS DE POLLOS COBB 500 DE UNA SEMANA POST ECLOSIÓN, ALIMENTADOS CON PIENSOS EXTRUIDOS Y TIPO HARINA A 1650 msnm"**, presentado por el **Bachiller en Medicina Veterinaria EDWAR ANDRES SANGAY GUTIERREZ**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó... aprobar con la calificación de Quince (15) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Medicina Veterinaria EDWAR ANDRES SANGAY GUTIERREZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, con Mención en **PRODUCCIÓN ANIMAL**.

Siendo las 18:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Asesor

.....
Mg. Sc. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas
Jurado Evaluador

.....
Mg. Sc. Lincol Alberto Tafur Culqui
Jurado Evaluador

.....
M. Cs. Javier Alejandro Perinango Gaitán
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de maestría con todo mi amor y gratitud a mi querida familia, cuyo apoyo incondicional ha sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante en cada paso de este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado, por motivarme constantemente a ser mejor y a superar cada obstáculo que se presentó en mi camino. Sin su amor, confianza y aliento, no habría sido posible alcanzar con éxito este importante logro en mi carrera.

A mi padre, Andrés, por enseñarme el profundo amor y respeto por la avicultura. Sus sabias enseñanzas y valiosas experiencias han sido fundamentales en mi vida, guiándome y motivándome a seguir este camino. Gracias a su ejemplo, he aprendido no solo los aspectos técnicos de este noble oficio, sino también la importancia del compromiso, la dedicación y el amor por lo que se hace. Su pasión por la avicultura ha dejado una huella imborrable en mi corazón y ha sido una inspiración constante para seguir creciendo en este campo.

A mi mamá, Irma, por su constante apoyo, amor incondicional y contribución a lo largo de mi vida y mis estudios. Te amo profundamente.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

A la universidad Nacional de Cajamarca y en especial a la facultad de ingeniería en ciencias pecuarias por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

A mi asesor académico el Dr. Manuel Eber Paredes Arana, su guía y paciencia me ayudó en cada paso. Fue además de mi asesor un gran amigo que siempre me tendió la mano.

A la empresa Anyde S.R.L. porque nos brindaron acceso a todas sus instalaciones, así como todos los implementos necesarios para realizar nuestra investigación para la recolección de datos.

EL AUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I Pág.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1.1. Contextualización

1.1.2. Descripción del problema

1.1.3. Formulación del problema

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 2

1.2.1. Justificación científica

1.2.2. Justificación técnica-practica

1.2.3. Justificación institucional y personal

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.4. LIMITACIONES 3

1.5. OBJETIVOS 3

1.5.1. Objetivo general

1.5.2. Objetivos específicos

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 5

2.2. BASES TEÓRICAS 7

2.2.1. Desarrollo embrionario del pollo y su relación
con el desarrollo post eclosión

2.2.2. La conducta del pollo en su primera semana de vida	
2.2.3. La salud del pollo en su primera semana de vida	
2.2.4. Crecimiento y desarrollo del tracto gastrointestinal del pollo	
2.2.5. Alimentos extruidos	
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	14
CAPITULO III	
MARCO METODOLÓGICO	
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN	15
3.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	15
3.3. VARIABLES	15
3.3.1. Variable Independiente:	
3.3.2. Variables Dependientes:	
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	16
3.5. AVES Y ALOJAMIENTO	16
3.6. DIETA EXPERIMENTAL	16
3.7. RECOLECCIÓN DE DATOS	17
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	18
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS	19
4.2. COMPONENTES DIGESTIVOS DEL POLLO	22
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES	25
CAPÍTULO VI	
RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

APÉNDICES

APÉNDICE 1.	Prueba t de student para pesos iniciales	31
APÉNDICE 2.	Prueba t de student para pesos finales	31
APÉNDICE 3.	Prueba t de student para ganancia media diaria de peso	32
APÉNDICE 4.	Prueba t de student para consumo semanal	32
APÉNDICE 5.	Prueba t de student para índice de conversión alimenticia	33
APÉNDICE 6.	Prueba t de student para porcentaje de proventrículo	33
APÉNDICE 7.	Prueba t de student para porcentaje de molleja	34
APÉNDICE 8.	Prueba t de student para porcentaje de intestinos	34
APÉNDICE 9.	Prueba t de student para porcentaje de intestinos	35
APÉNDICE 10.	Prueba t de student para porcentaje de hígado	35
APÉNDICE 11.	Registro de pesos corporales a los siete días de edad	36
APÉNDICE 12.	Registro de pesos de órganos digestivos	37
APÉNDICE 13.	Pesos de sacrificio	37
APÉNDICE 14.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo hígado. Alimento extruido	38
APÉNDICE 15.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de proventrículo. Alimento extruido	38
APÉNDICE 16.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de molleja. Alimento extruido	38

APÉNDICE 17.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de molleja. Alimento extruido	39
APÉNDICE 18.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de ciegos. Alimento extruido	39
APÉNDICE 19.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de hígado. Alimento tipo harina	39
APÉNDICE 20.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de proventrículo. Alimento tipo harina	40
APÉNDICE 21.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de molleja. Alimento tipo harina	40
APÉNDICE 22.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de intestinos. Alimento tipo harina	40
APÉNDICE 23.	Coeficiente de correlación entre el peso vivo y peso relativo de ciegos. Alimento tipo harina	41
APÉNDICE 24.	Fotografías del trabajo práctico de la tesis	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	características climáticas de la granja Anyde SRL	15
Tabla 2.	Ingredientes y composición nutricional de la dieta experimental (base fresca)	17
Tabla 3.	Parámetros productivos al día 7 de edad de pollos Cobb 500 alimentados con alimento en harina y alimento extruido.	19
Tabla 4.	Componentes digestivos (% del peso vivo) al día 7 de edad de pollos Cobb 500 alimentados con alimento en harina y alimento extruido.	22
Tabla 5.	Coeficientes de correlación de Spearman entre el peso vivo a los 7 días de edad y el peso relativo de los órganos digestivos del pollo de engorde con alimento extruido (n=5)	22
Tabla 6.	Coeficientes de correlación de Spearman entre el peso vivo a los 7 días de edad y el peso relativo de los órganos digestivos del pollo de engorde con alimento tipo harina (n=5)	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diferencia y variabilidad de los pesos corporales de los pollos Cobb 500 de siete días de edad (n=5) según tipo de alimento consumido.	20
-----------	--	----

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo investigar si la forma y presentación del alimento (extruido y harina) afecta el rendimiento del pollo Cobb 500 en crecimiento durante la primera semana después de la eclosión y el peso de los órganos digestivos a los 7 días de edad. Cien pollos sin sexar fueron asignados aleatoriamente a dos tratamientos, con cinco réplicas cada uno, y una réplica con 10 aves. Los pollos de engorde se pesaron los días 0 y 7 después de la eclosión, mientras que el consumo de alimento se midió diariamente. Se tomaron muestras de los pollos de engorde el día 7 para determinar el peso de los órganos. El peso corporal final fue mayor para los pollos alimentados con alimento extruido que con alimento en harina ($P < 0.05$). En la ganancia media diaria, consumo y conversión alimenticia no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$). En el experimento, no se observó ningún efecto del alimento extruido ni del alimento en harina sobre el peso de los órganos digestivos. En conclusión, el alimento extruido mejora el peso corporal de los pollos de 7 días de edad.

Palabras clave: pollo de engorde, alimento extruido, alimento tipo harina, crecimiento

ABSTRACT

The current study aimed to investigate whether the form and presentation of the feed (extruded and meal) affects growth performance of Cobb 500 chicken, during the first wk. after hatch and digestive organ weight at 7 d of age. One hundred unsexed chickens were randomly assigned to two treatments, with five replicates each, and one replicate with 10 birds. Broiler chickens were weighed on d 0 and d 7 after hatch, whereas feed intake was measured daily. Broiler chickens were sampled at d 7 to determine organ weights. Final body weight was higher for chickens fed extruded feed than meal-type feed. ($P < 0.05$). No differences were found between treatments in average daily gain, intake and feed conversion ($P > 0.05$). In experiment, there was no effect of feed with extruded feed or meal-type feed on digestive organs weight. In conclusion, extruded feed improves body weight of 7-day-old chicken.

Keywords: broiler chicken, first week of life, extruded feed, meal-type feed, growth

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Contextualización

La avicultura es una de las industrias pecuarias 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 del mundo y su papel protagónico en los mercados internacionales (Cuellar, 2025). La alta productividad de la industria avícola se sustenta principalmente en el suministro adecuado de nutrientes para el ave. El alimento representa de 70 % a 80 % de los costos de producción de carne de pollo (Maiorka, 2004).

Por tanto, en el caso del pollo de engorde, durante la primera semana post eclosión, el pollo debe ser preparado para su máximo desarrollo futuro. Cualquier restricción de ganancia en esta fase, comprometerá el desempeño final de los animales. En la primera semana se desarrolla toda estructura de digestión y absorción, permitiendo un mejor aprovechamiento de los nutrientes en las fases siguientes (Penz, 2018). La digestión y la absorción de lípidos en el intestino se facilitan en gran medida mediante la hidrólisis enzimática. La secreción de enzimas digestivas, como la lipasa, la tripsina y la amilasa, continúa aumentando durante las primeras 3 semanas tras la eclosión, sin embargo, se considera subóptima durante la primera semana de vida. Pese a ello, la secreción de enzimas digestivas, aunque no es máxima durante la primera semana de vida, no limita la digestión ni el metabolismo, ya que la cantidad de alimento ingerido es relativamente baja en la primera semana de vida. Además, puede darse respuestas adaptativas en el intestino que contrarresten la escasez relativa de enzimas digestivas (Lamot et al., 2019).

Asimismo, las necesidades nutricionales del pollo en la primera semana de vida pueden depender de la disponibilidad de yema residual y la naturaleza poiquilotérmica del pollo a temprana edad (Lamot et al., 2017). Esto nos lleva a concluir que muy poco se investigan las necesidades y los procesos metabólicos durante la primera semana de vida del pollo, y cómo estos pueden verse afectados por la composición y forma de suministro de la dieta. Al respecto se indica que un alimento extruido, al someterse a tratamiento térmico permite eliminar posibles agentes patógenos, mientras que el alimento tipo harina es un pienso más económico.

1.1.2. Descripción del problema

Cuando el engorde del pollo se realizaba durante 8 semanas, la primera semana correspondía al 12.5% del tiempo. Pero ahora que la engorda dura 6 semanas la primera semana corresponde al 16% del periodo productivo, y el pollito debe aumentar a los 7 días de edad 4.2 a 4.5 veces su peso corporal. Del mismo modo, durante los primeros días de vida tras la eclosión, los pollos de engorde son vulnerables a patógenos entéricos debido a un desarrollo insuficiente de sus sistemas gastrointestinal e inmunitario, por lo que, Meijer et al. (2024) evaluaron los efectos de tratamientos in ovo administrados el día embrionario 17.5 y determinaron los parámetros de rendimiento, el peso de los órganos linfoides y del saco vitelino el día embrionario 19.5, al momento de la eclosión y al día 14 post eclosión. También se ha evaluado la influencia del estrés por frío durante la primera semana de vida sobre el microbioma intestinal del pollo de engorde criado en zonas geográficas que no exceden los 400 msnm (Lyte et al., 2024). Sin embargo, cuando se realiza la crianza del pollo de engorde en zonas geográficas de baja presión de oxígeno a 1650 msnm, como es el lugar donde se realizó la presente investigación, se tiene dificultades para alcanzar el mayor desarrollo corporal de las aves durante la primera semana de vida. Agravando el problema de falta de oxígeno, otros factores como el aislamiento del galpón para evitar enfriamiento y el uso de calefacción con campanas de combustión a gas, los cuales disminuyen la oxigenación dentro del espacio de cría asignado a los pollitos.

1.1.3. Formulación del problema

Frente a la problemática de la crianza del pollo Cobb 500 para consumo humano en zonas andinas y lo anteriormente expuesto, se formuló el problema de investigación, con la siguiente interrogante:

¿Cuál es la influencia de los alimentos extruido y tipo harina durante la primera semana de vida en los parámetros productivos y en los pesos de los órganos digestivos de los pollos Cobb 500?

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.2.1. Justificación científica

Los resultados de la presente investigación permiten obtener el conocimiento de indicadores de crecimiento en la primera semana de vida, que a menudo no es evaluado en los pollos de engorde. Por lo general las evaluaciones del rendimiento productivo se lo realizan considerando el ciclo completo, ignorando que el desempeño total del ave está directamente relacionado con la primera semana de edad, y estos inclusive dependen de la disponibilidad de yema residual, la naturaleza poiquilotérmica del pollo a una edad temprana y la maduración continua de los órganos, en particular del tracto intestinal. Por lo que esta investigación permitirá entender algunos aspectos fisiológicos durante la primera semana de vida, y cómo estos pueden verse

afectados por el tipo del alimento. Los pollos de engorde actualmente pueden beneficiarse a partir de los 30 días de edad, representando la primera semana de vida entre el 20 y 25% del tiempo de permanencia en la granja. Es la primera semana de vida, en la que se desarrollan las células satélites del tejido muscular y serán estas mismas fibras musculares que en el pollo adulto formarán parte de la carne.

1.2.2. Justificación técnica-práctica

El presente trabajo de investigación nace a partir de la necesidad de obtener un pollo a los 7 días de edad con un buen peso, adaptado a la zona andina de la región Cajamarca, zona con condiciones climatológicas desafiantes en cuanto a presión de oxígeno y temperatura, lo cual podría restringir la expresión de la capacidad genética de los pollos de engorde para el crecimiento debido a posibles fallas en el manejo alimentario y en particular debido a la zona geográfica donde se realizó la investigación. Los resultados de la presente investigación podrían ser como una guía para la crianza de pollos de engorde, que se constituye en una alternativa viable para la producción de proteína de calidad y generación de fuentes de empleo, en zonas del Perú, donde tradicionalmente no se desarrolla esta actividad productiva.

1.2.3. Justificación institucional y personal

La Universidad como generadora de conocimientos tecnológicos, debe propiciar la mejora de la producción de carne de pollo en la región Cajamarca. Con el presente estudio se pone a disposición de los productores de la región información valiosa acerca de los cuidados en la crianza del pollo de engorde en su primera semana de vida, lo cual permitirá mayor eficiencia en todo su ciclo de producción.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó a una altitud de 1650 msnm, durante el mes de noviembre del 2024, en condiciones de sierra peruana con dos tipos de presentación alimenticia.

1.4. LIMITACIONES

- Escasa información sobre el desempeño productivo del pollo COBB a 1650 msnm y altitudes similares.
- Variabilidad nutricional de los insumos alimenticios.
- Altitud sobre el nivel del mar.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño productivo y peso de los órganos digestivos de pollos Cobb 500 de una semana de vida alimentados con dos presentaciones de alimento en la etapa de inicio.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el desempeño productivo mediante el peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia a la primera semana de edad de pollos Cobb 500, alimentados con piensos extruidos y tipo harina a 1650 msnm.
- Determinar el peso de los órganos digestivos de pollos Cobb 500 a los siete días de vida, alimentados con piensos extruidos y tipo harina a 1650 msnm.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Atoó et al. (2025) evaluaron los efectos de la soya de alto contenido de ácido oleico sobre el rendimiento de pollos de engorde, considerando el tratamiento y tipo de obtención, por lo que se comparó la harina de soya convencional (SBM) y la harina de soya obtenida por expeler. Un total de 288 pollos de engorde machos de un día de edad (Cobb500; peso corporal inicial: 37,2 g) se asignaron a uno de tres tratamientos dietéticos: 1) una dieta basal de maíz con SBM convencional (CSBM); 2) una dieta basal de maíz con soya convencional extruida por expeller (EECS); 3) una dieta basal de maíz con soya de alto oleico extruida por expeller (EEHS). Las dietas se administraron en fase de inicio 0-1 semanas. Al final de la fase de alimentación, se midieron el peso corporal (PV) y el consumo de alimento para calcular la ganancia diaria promedio (GDP) y el índice de conversión alimenticia (IC). Los pollos de engorde alimentados con la dieta CSBM tuvieron mayor peso vivo final que los pollos que recibieron EECS.

Malchow et al. (2025) investigaron el efecto de los métodos de eclosión, en granja [OH] vs. en incubadora lejos de la granja [HH], sobre el comportamiento productivo del pollito de engorde. La calidad de los pollitos se evaluó al nacer y los parámetros de rendimiento y comportamiento se midieron desde el primer día y durante todo el período de crianza de 35 días. Los pollos OH mostraron un mayor peso corporal durante todo el período de crianza. Los pollos OH tuvieron una temperatura corporal más baja que los pollos HH durante el período de crianza. Las diferencias en rendimiento y comportamiento entre los sistemas de incubación pudieron estar relacionadas con el corto período de privación de alimento y agua, y la ausencia de largos procedimientos de procesamiento y transporte comercial en el grupo de tratamiento HH. En general, la incubación en la granja puede conducir a una mejora de los parámetros de rendimiento y actividad y, por lo tanto, a una mejora de ciertos aspectos del bienestar animal.

Lyte et al. (2024) sometieron a pollitos recién nacidos a estrés por bajas temperaturas ambientales durante la primera semana después de la eclosión y luego permanecieron a temperatura normal durante el resto del estudio. Se encontraron divergencias funcionales en los microbiomas cecales de pollos sometidos a estrés por frío, que persistieron durante semanas tras el cese del factor estresante. Las concentraciones entéricas de serotonina, norepinefrina y otras monoaminas neuroquímicas se elevaron, tanto en el tejido cecal como en el contenido luminal de los pollos sometidos a estrés por frío. Estos hallazgos demuestran por primera vez que la exposición temprana al estrés por temperatura ambiental puede cambiar la trayectoria del desarrollo tanto del microbioma cecal del pollo como de la fisiología entérica neuroendocrina del

huésped. Dado que muchos neuroquímicos actúan como moléculas de señalización entre reinos, las relaciones identificadas aquí podrían aprovecharse para controlar el impacto del estrés provocado por el cambio climático en las interacciones entre el huésped entérico y el microbioma aviar.

Meijer et al. (2024) realizaron un estudio con el objetivo optimizar el desarrollo inmunitario de los pollos de engorde mediante la administración de carvacrol in ovo. Se evaluaron los efectos de dos tratamientos in ovo administrados el día embrionario 17.5 (solución salina o carvacrol) en tres etapas 19.5, eclosión y día 14 post eclosión. Se determinaron la incubabilidad, los parámetros de rendimiento, el peso de los órganos linfoides y del saco vitelino. Se realizó una evaluación histomorfológica de muestras de yeyuno al momento de la eclosión y de muestras de la bolsa de Fabricio al momento de la eclosión y el día 14. Al nacer, el peso corporal fue un 0.85 % menor tras la administración de carvacrol in ovo en comparación con los controles. Al nacer, el tratamiento con carvacrol resultó en una menor expresión de las citocinas proinflamatorias IL-8 e IFN- γ en el saco vitelino en comparación con los controles lo que sugiere un posible papel de la modulación inmunitaria mediada por carvacrol. Al día 14, el tratamiento con carvacrol provocó una menor expresión de la citocina proinflamatoria IL-6 en la bursa en comparación con los controles. Los hallazgos sugieren que se producen cambios en los parámetros inmunitarios a medida que el pollo se desarrolla.

Lamot et al. (2019), con el objetivo de estudiar el efecto de la densidad de la dieta en el rendimiento del crecimiento y la digestión de nutrientes durante la primera semana después de la eclosión y el peso de los órganos digestivos a los 7 días de edad, estudiaron 5 niveles de grasa dietética (3.5, 7, 10.5, 14 y 17.5 %). El nivel de grasa dietética se incrementó mediante la inclusión de aceite de soja. Los aminoácidos, los minerales y la premezcla se incrementaron en la misma proporción que la grasa dietética. La ganancia diaria promedio ($P = 0,047$) y el consumo diario promedio de alimento ($P < 0,001$) disminuyeron linealmente a medida que aumentaba la densidad de la dieta, mientras que la relación ganancia/alimento aumentó linealmente ($P < 0,001$). Una mayor densidad de la dieta resultó en una disminución lineal del peso del buche, el hígado y el páncreas en relación con el peso corporal (PC; $P < 0,05$). La longitud del duodeno, el yeyuno, el íleon y el ciego (expresada como cm/kg de PC) y el peso vacío (como % de PC) aumentaron linealmente con el aumento de la densidad de la dieta ($P < 0,05$).

Lamot et al. (2017), con el objetivo determinar los efectos de la densidad de la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, el balance energético y las características del balance de nitrógeno (N) de los pollos de engorde durante la primera semana de vida, alojaron pollos en cámaras de respiración climática de circuito abierto desde el día 0 al 7 después de la eclosión. La ganancia diaria promedio (GDP) y la ingesta diaria promedio de alimento (IDPA) disminuyeron linealmente ($P = 0,047$ y $P < 0,001$, respectivamente), mientras que la relación ganancia/alimento aumentó ($P < 0,001$) con el aumento de la densidad de la

dieta. La ingesta de energía bruta (GE) y la ingesta de energía metabolizable (EM) no se vieron afectadas por la densidad de la dieta, pero la relación entre la ingesta de EM y GE disminuyó linealmente con el aumento de la densidad de la dieta ($P = 0,006$). Las eficiencias de grasa, N y GE (expresadas como ganancia por unidad de ingesta de nutrientes), la producción de calor y la relación de intercambio respiratorio (relación CO_2 a O_2) disminuyeron linealmente ($P < 0,001$) a medida que aumentaba la densidad de la dieta.

López et al. (2007) evaluaron la alimentación de pollos parrilleros desde el primer día de vida post eclosión, con tres formas de presentación de raciones (harina, peletizada y extrusada), y observaron que el peso corporal logrado a los 42 días de edad fue mejor estadísticamente, para los pollos alimentados con ración extrusada en relación con aquellos alimentados con ración peletizada y estos a su vez fueron mejores estadísticamente, a aquellos alimentados con raciones en forma de harina. Asimismo, los pollos alimentados con raciones peletizada y extrusada consumieron más alimento, pero convirtieron mejor en relación con los que consumieron ración en forma de harina.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Desarrollo embrionario del pollo y su relación con el desarrollo post eclosión

El desarrollo de los órganos comienza temprano en el desarrollo embrionario del pollo, y todos los órganos funcionales están bien desarrollados antes de la eclosión. El desarrollo inicial del embrión de pollo es rápido: para la hora 44 de incubación, el corazón late y los sistemas vasculares están conectados. Al final del tercer día de incubación, son visibles los esbozos de las alas y las patas, y se establece la fosa auditiva (nnn). La formación de los órganos reproductivos, la diferenciación sexual y el inicio de los movimientos voluntarios tienen lugar los días 5 y 6. Para el día 7, el corazón está completamente encerrado en la cavidad torácica y se están formando los esbozos de las plumas. Para el día 10, el pico se endurece y los dedos están completamente formados (estadio 36 del HH, cuando se empieza a medir la longitud del pico y el tercer dedo, lo que sirve como indicador de la etapa embrionaria). En el día 14 embrionario, el embrión se posiciona para la eclosión y gira la cabeza hacia el extremo grande del huevo. El movimiento ocular rápido (REM) se detecta en el día 15, lo cual se relaciona con altos niveles de activación del prosencéfalo en el embrión de pollo e indica el momento en que el embrión entra en una fase de crecimiento antes de la eclosión (Mellor y Diesch, 2007; Mellor, 2010). Además, se ha demostrado que las llamadas maternas de los pollos en esta etapa pueden estimular el cerebro embrionario (Balaban et al., 2012).

La selección genética ha alterado la expresión de genes somatotrópicos, de tal manera que los cambios en el desarrollo del factor de crecimiento similar a la insulina (IGF) y la proteína de unión a IGF (IGFBP) pueden contribuir al rápido crecimiento y la acumulación muscular en pollos de engorde comerciales.

De allí que se ha evaluado los cambios en la actividad del eje somatotrópico entre el día embrionario (e) 12 y el día post-eclosión (d) 21. Se encontró que, el IGF1 hepático aumentó rápidamente después de la eclosión y, en el músculo, mostró un patrón de expresión dinámico. Los niveles disminuyeron de e14 a e20, volvieron a los niveles de e14 al día 3, disminuyeron nuevamente al día 10 y se mantuvieron bajos posteriormente. En ambos tejidos, los niveles de ARNm de varias IGFBP variaron entre la embriogénesis y la post-eclosión. La expresión hepática de IGFBP2 aumentó entre e12 y e20, regresó a los niveles de e12 el día 1 y se mantuvo baja. Por el contrario, la expresión hepática de IGFBP4 fue mayor después de la eclosión que durante la embriogénesis. La expresión de IGFBP seleccionadas se redujo en el hígado durante el período perieclosión. Los niveles hepáticos de ARNm de IGFBP1, IGFBP3, IGFBP5 e IGFBP7 disminuyeron en este momento y regresaron a los niveles embrionarios hacia el día 3. En el músculo de la pechuga, la expresión de IGFBP2 e IGFBP4 se redujo después de la eclosión. Los niveles circulantes del factor de crecimiento similar a la insulina (IGFR1) e IGFBP2 no cambiaron entre la eclosión y el día 21. Estos datos sugieren que los efectos del IGF después de la eclosión probablemente estén modulados por la expresión de IGFR1 e IGFBP en el tejido diana, en lugar de cambios en los niveles hormonales circulantes, siendo la promoción o restricción de la unión al receptor de IGF la que regula el crecimiento. La regulación negativa de varias IGFBP sintetizadas en el hígado puede facilitar la transición metabólica desde la utilización de los lípidos de la yema hasta los carbohidratos de la dieta. Varias IGFBP producidas en el músculo de la pechuga parecen tener efectos promotores del crecimiento durante la embriogénesis, pero restringen el crecimiento de este tejido después de la eclosión, ya que su regulación negativa posterior podría facilitar la señalización local de IGF. Estos patrones de expresión génica del desarrollo sugieren que la señalización hormonal somatotrópica que regula el crecimiento y la acreción muscular podría estar controlada por acciones diferenciales de las IGFBP (Vaccaro et al 2024).

También. La selección genética intensiva a largo plazo ha dado lugar a diferencias significativas entre pollos de engorde y ponedoras, evidentes durante el período embrionario. Por tanto, es importante conocer la regulación genética de la formación inicial de la morfología de las fibras musculares en embriones de pollo. El día embrionario 17 (E17) es el momento clave para la finalización de la fusión de mioblastos y la formación de la morfología de las fibras musculares en pollos. De allí que se ha estudiado los mecanismos de regulación genética que subyacen al establecimiento temprano de la morfología de las fibras musculares en pollos de engorde de las razas Cornish (CC) y White Plymouth Rock (RR), así como en gallinas ponedoras de la raza White Leghorn (WW) en E17, utilizando la secuenciación transcriptómica y de accesibilidad a la cromatina de los músculos pectorales mayores. Se ha encontrado que los pollos de engorde presentaron un peso embrionario y un peso del músculo pectoral mayor significativamente mayores en E17, en comparación con las gallinas ponedoras ($P = 0,000$). Se identificaron un total de 1278, 1248 y 892 genes de expresión

diferencial (GED) de datos de secuenciación de ARN entre CC y WW, RR y WW, y CC y RR, por separado. Todos los GED se combinaron para el análisis de conglomerados y se dividieron en 6 conglomerados: el 1, con mayor expresión en pollos de engorde, y el 6, con mayor expresión en ponedoras. Los GED del conglomerado 1 mostraron un mayor enriquecimiento en términos relacionados con la activación de macrófagos ($P = 0,002$) y la respuesta de defensa a bacterias ($P = 0,002$), mientras que los GED del conglomerado 6 mostraron un mayor enriquecimiento en el complejo proteína-ADN ($P = 0,003$) y la actividad de la monooxigenasa ($P = 0,000$). El análisis de datos ATAC-seq identificó un total de 38.603 picos, con 13.051 picos para CC, 18.780 picos para RR y 6.772 picos para WW. El análisis integrativo de los datos transcriptómicos y de accesibilidad de la cromatina reveló que GOLM1, ISLR2 y TOPAZ1 eran genes comúnmente sobreexpresados en CC y RR. Además, el cribado de todos los DEG sobreexpresados en el grupo 1 de CC y RR identificó los genes GOLM1, ISLR2 y HNMT asociados con funciones neuroinmunes y MYOM3 vinculado al desarrollo de la morfología muscular, mostrando una expresión significativamente elevada en pollos de engorde en comparación con las gallinas ponedoras. Estos hallazgos sugieren una conectividad activa del sistema neural durante la formación inicial de la morfología de la fibra muscular en el período embrionario, lo que destaca la interacción temprana entre la morfología de la formación de la fibra muscular y el sistema nervioso (Gu et al., 2024).

Otro aspecto del desarrollo embrionario que puede influir en el manejo post natal es el desarrollo esquelético del pollo. Para ello se comparó el desarrollo entre la línea de pollos de engorde Ross 308 (rápido crecimiento y aumento de masa muscular) y las ponedoras Novoponte (alta tasa de puesta y calidad del huevo). Se caracterizaron la composición del huevo antes de la incubación y se identificó el inicio de la mineralización esquelética embrionaria en ambas cepas. Se encontró que los embriones Ross 308, que son más pesados que los embriones Novoponte, poseen mayores niveles de nutrientes en la yema, incluyendo fósforo y calcio, pero menor contenido mineral en la cáscara, que los embriones Novoponte. La mineralización esquelética comenzó sincrónicamente en ambas cepas, el día ED11. El mayor contenido de iones minerales en la yema, más grande, de los huevos Ross 308 en comparación con los huevos Novoponte podría explicar en parte por qué la mineralización esquelética en los embriones Ross 308 avanza más rápido. Se ha demostrado que la mandíbula y los tibiotarsos en los embriones Ross 308 son más grandes en los días ED11 y ED13 en comparación con los embriones Novoponte. Sin embargo, los embriones Novoponte recuperan este retraso inicial en la mineralización hacia el día ED15. El momento de la aceleración de Novoponte coincide con la activación funcional de la membrana corioalantoidea para liberar calcio del interior de la cáscara. Esto se correlaciona con una disminución del grosor de la cáscara del ED11 al ED17 en los huevos de Novoponte, lo cual no se observó durante la incubación con Ross 308.

En conclusión, si bien existen algunas discrepancias temporales en el desarrollo esquelético temprano entre los embriones de las cepas Ross 308 y Novoponte, la maduración esquelética prenatal general parece estar fuertemente regulada. A pesar de la selección por rasgos de producción antagonistas, la morfología esquelética prenatal de las gallinas ponedoras y de engorde finalmente se sincroniza. Aun así, y en la práctica, dado que el grado de madurez esquelética se iguala entre las cepas hacia el final de la incubación, se deben considerar mejoras en las prácticas de cría, el entorno posnatal y la dieta para mejorar el bienestar de las aves domésticas (Halgrain et al., 2024).

Por otro lado. El desarrollo digestivo del embrión guarda relación directa con la dinámica de la microbiota intestinal, que es una comunidad ecológica compleja en el desarrollo embrionario en pollos. Se ha explorado la distribución dinámica de la microbiota intestinal en embriones de pollo durante las etapas de desarrollo (embriones de pollo incubados hasta el día 3 [E3], el día 12 [E12] y el día 19 [E19]). Se ha realizado la secuenciación del gen ARNr 16S en la microbiota intestinal de embriones de pollo en diferentes etapas de desarrollo. Veintiún filos y 601 géneros están presentes en embriones de pollo, y 96 géneros, como *Ochrobactrum*, *Phyllobacterium* y *Amycolatopsis*, fueron la microbiota principal en las tres etapas de desarrollo. En segundo lugar, se observó que 94 géneros de microbios cambiaron significativamente entre E3 y E12, y 143 géneros difirieron significativamente entre E12 y E19 en embriones de pollo ($P < 0,05$). *Ochrobactrum* y *Amycolatopsis* disminuyeron con los cambios de crecimiento: E3 (30,4%), E12 (25,1%) y E19 (13,6%) y E3 (11,5%), E12 (7,4%) y E19 (5,6%), respectivamente. Por el contrario, *Phyllobacterium* aumentó al 47,9% en E19, lo que indica una tendencia creciente de la diversidad microbiana durante el desarrollo de los embriones. Además, el análisis de componentes principales mostró un alto nivel de similitudes entre E3 y E12 en comparación con E19, mientras que el análisis alfa mostró una mayor diversidad de la microbiota intestinal en E19. Además, las predicciones funcionales mostraron que las vías metabólicas, como el metabolismo energético y el procesamiento de la información genética, se enriquecieron significativamente en los días 3 y 12 de nuestro estudio, lo que sugiere su fuerte influencia en el crecimiento, el desarrollo y la inmunidad de los embriones de pollo (Akinyemi et al., 2020).

2.2.2. La conducta del pollo en su primera semana de vida

Las condiciones de vida temprana, tanto durante la incubación como durante la crianza, son factores determinantes en el desarrollo posterior de los pollos (*Gallus gallus domesticus*) (Janczak y Riber, 2015). Las experiencias positivas o negativas pueden tener efectos a largo plazo, que a menudo persisten hasta la edad adulta (De Haas et al., 2021). En el caso de los pollos, las experiencias negativas en la vida temprana (incluida la falta de estimulación durante la crianza) pueden resultar en la manifestación de comportamientos indeseables durante el crecimiento (Johnsen et al., 1998). Por otra parte, las experiencias positivas en la primera semana de vida podrían promover

conductas favorables, como la búsqueda de alimento, lo que podría mejorar el bienestar general (Janczak y Riber, 2015).

2.2.3. La salud del pollo en su primera semana de vida

El desarrollo de un intestino sano durante las fases de pre inicio e inicio es crucial para impulsar la productividad del pollo (Colombino et al. 2023). En la producción moderna de pollos de engorde, los pollitos nacen en incubadoras artificiales y se crían en condiciones ambientales con altos estándares de higiene, lo que potencialmente implica la falta de una exposición temprana adecuada a los microorganismos, en particular a aquellos con efectos beneficiosos (Zenner et al., 2021). Un factor ambiental importante que contribuye a la transmisión de microorganismos de las parvadas anteriores a los pollitos recién nacidos es la cama utilizada en el entorno de la vivienda. Esta sirve como un inóculo importante para el establecimiento del microbioma gastrointestinal (Oakley et al., 2014), incluso con altos estándares de bioseguridad cuando se retira la cama y las naves se limpian, desinfectan, fumigan y se les da un descanso. Además, los microorganismos en la dieta del huésped pueden considerarse como contribuyentes al desarrollo microbiano en el tracto gastrointestinal (TGI) de los polluelos jóvenes (Díaz Carrasco et al., 2019), ya que se han demostrado similitudes entre la microbiota de la dieta y la microbiota intestinal en polluelos jóvenes (Olson et al., 2020). La colonización microbiana temprana del TGI desempeña un papel crucial en el desarrollo del sistema inmunológico, que es vital para el control de patógenos (Zenner et al., 2021). Los pollos de engorde, especialmente aquellos con tasas de crecimiento rápidas, enfrentan dificultades para superar desafíos fisiológicos, conductuales e inmunológicos (Rauw, 2012).

2.2.4. Crecimiento y desarrollo del tracto gastrointestinal del pollo

Una vez que el pollito ha salido de la nacedora, necesita adaptarse rápidamente, pasando de obtener sus requerimientos nutricionales de los lípidos del saco vitelino a utilizar una dieta basada principalmente en carbohidratos. Para satisfacer las necesidades de crecimiento y mantenimiento de este pollito en rápido crecimiento, el sistema digestivo debe digerir y absorber los nutrientes exógenos a un ritmo adecuado para satisfacer sus necesidades. En consecuencia, el pollito prioriza el crecimiento intestinal para asegurar que se cumplan las funciones de suministro de nutrientes. Además de la arquitectura física del tracto gastrointestinal (TGI), es fundamental que la función de barrera y el sistema inmunitario estén en óptimas condiciones (Ravindran y Abdollahi, 2021).

El crecimiento del tracto digestivo se produce alométricamente, con componentes del TGI que crecen a un ritmo diferente al del resto del cuerpo. En los días posteriores a la eclosión, el peso del proventrículo, la molleja y el intestino delgado aumenta más rápidamente en relación con el peso corporal que el de otros órganos y tejidos (1988). Este crecimiento alcanza su máximo entre los 4 y 8 días de edad y, posteriormente, se observa una disminución relativa. La masa del intestino delgado se multiplica por casi seis en los primeros

7 días. Uni et al. (1998) observaron que el peso intestinal relativo se cuadruplicó desde la eclosión hasta los 4 días de edad, y que el peso proporcional máximo de los órganos digestivos se alcanzó entre los 3 y 8 días de edad. El peso intestinal disminuyó entre los 7 y los 21 días de edad. Iji et al. (2001) informaron que el peso relativo del tracto gastrointestinal (TGI) y los órganos digestivos supera la ganancia de peso corporal durante las primeras etapas de la vida, y que el peso intestinal máximo se alcanzó entre los 7 y 14 días. La longitud del intestino delgado y sus segmentos individuales también aumenta con la edad (Noy et al., 2001).

Nitsan et al. [1991b) observaron que los pesos relativos del duodeno, el yeyuno y el íleon alcanzaron un máximo a los 6 días de edad y disminuyeron posteriormente. Resultados similares obtuvieron Nir et al. (1993), donde el peso relativo máximo del intestino delgado se produjo a los 5 días de edad, y Nitsan et al. (1991a), quienes mostraron una tasa máxima de crecimiento relativo cuatro veces mayor que la ganancia de peso corporal a los 8 días de edad. Iji et al. (2001) y Murakami et al. (1992) también demostraron que el peso relativo del intestino delgado alcanzó su máximo a los 7 días de edad y disminuyó posteriormente. Ravindran et al. (2006) observaron que los pesos relativos de los segmentos intestinales (duodeno, yeyuno e íleon) alcanzaron su máximo durante la primera y segunda semana de vida y disminuyeron rápidamente después. Estas observaciones respaldan la premisa de que el desarrollo acelerado de los órganos de suministro inmediatamente después de la eclosión es un prerrequisito para el crecimiento muscular sostenido posterior a la eclosión en pollos de engorde de rápido crecimiento. Sin embargo, la masa intestinal, medida en g de tejido/cm² de tejido, aumentó de forma constante desde la eclosión hasta los 35 días de edad. Este hallazgo indica que, si bien el tamaño relativo del intestino disminuye con la edad, esta disminución se compensa con el aumento de la masa intestinal para apoyar la función de suministro de nutrientes a los tejidos que los necesitan. La molleja es conocida como el "marcapasos" de la motilidad intestinal normal. Además de contribuir a la trituración, una mayor actividad de la molleja permite mayores reflujos gástricos y/o intestinales (Singh et al., 2014), mejorando así la mezcla de la digesta con las enzimas y la digestión de nutrientes. Al momento de la eclosión, la molleja es el órgano más grande asociado con el tracto gastrointestinal, e incluso más grande que el hígado (52 frente a 33 g/kg de peso corporal). Sin embargo, el peso relativo de la molleja disminuye de forma constante con la edad (Ravindran et al., 2006).

Nitsan et al. (1991a) demostraron un aumento del peso relativo del páncreas hasta los 8 días de edad, momento en el que presentaba una tasa de crecimiento alométrico aproximadamente cuatro veces superior al crecimiento corporal. Después de 8 días, la tasa disminuyó y, para el día 23, la tasa de crecimiento alométrico del páncreas era 1,5 veces superior al peso corporal. En este estudio, el hígado alcanzó una tasa máxima de crecimiento alométrico de dos el día 11 y, para el día 15, esta disminuyó hasta ser similar a la del

crecimiento corporal. En un estudio posterior, Nitsan et al. (1991b) demostraron que los pesos relativos del hígado y el páncreas alcanzaron su punto máximo a los 6 y 9 días de edad, respectivamente. Pinchasov (1995) demostró que el peso relativo del tracto gastrointestinal, el hígado y el páncreas de los pollos de engorde aumentó en las primeras 24 h tras la eclosión, independientemente de si las aves habían sido alimentadas, aunque el aumento fue mayor en las aves alimentadas. Murakami et al. (1992) observaron un patrón similar de crecimiento de los órganos en pollos de engorde.

2.2.5. Alimentos extruidos

La extrusión es una tecnología de procesamiento que podría aumentar la digestibilidad de nutrientes para pollos jóvenes. Este aumento en la digestibilidad de nutrientes podría ocurrir a través de la disrupción física de las paredes celulares y la división de los polisacáridos no amiláceos en fragmentos más pequeños, reduciendo así sustancialmente su efecto anti nutricional. La extrusión también podría aumentar la digestibilidad de nutrientes, como las proteínas, al alterar su estructura, función o características químicas (Oryschak et al., 2010).

De otro lado, en la fabricación del alimento extruido se debe tener en cuenta que, el aumento de la temperatura de acondicionamiento en el alimento inicial de pollos de engorde disminuye la ganancia de peso corporal y el consumo de alimento en las dietas a base de trigo, pero las aves alimentadas con dietas a base de maíz acondicionadas a 60 °C y 90 °C tienen una mayor ganancia de peso corporal y consumo de alimento que las alimentadas con la dieta acondicionada a 75 °C. El aumento de la temperatura de acondicionamiento aumenta la ganancia de peso corporal en dietas a base de grano, pero mejora el índice de durabilidad del pellet (PDI) solo en las dietas a base de trigo; El PDI no se ve afectado en dietas a base de maíz. En general, los efectos de la temperatura de acondicionamiento sobre la ganancia de peso corporal y el consumo de alimento en pollos de engorde hasta los 21 días de edad difieren según el tipo de grano (Abdollahi et al., 2014).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ✓ **A libre acceso:** sistema de alimentación por el medio del cual los animales tienen acceso ilimitado a los componentes separados o grupos de componentes que constituyen sus dietas. (FAO, 2014)
- ✓ **Alimento para animales (pienso):** todo material simple o compuesto, ya sea elaborado, semi elaborado o sin elaborar, que se emplea directamente en la alimentación de animales destinados al consumo humano. (FAO, 2014)
- ✓ **Balanceado / Equilibrado:** termino que describe a un pienso, dieta o ración que contiene todos los nutrientes requeridos conocidos en las cantidades y proposiciones adecuadas, con base en las recomendaciones de autoridades reconocidas en nutrición animal para un conjunto dado de requerimientos fisiológicos y condiciones ambientales. (FAO, 2014)
- ✓ **Pienso formulado:** combinación de dos o más ingredientes con o sin aditivos, en proporciones, mezclado y procesado de acuerdo con las especificaciones. (FAO, 2014)
- ✓ **Pienso en harina:** mezcla de ingredientes molidos que no está peletizada. (Fao, 2014)
- ✓ **Extruir:** Presionar o empujar pienso a través del estrechamiento bajo presión. (Fao, 2014)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en uno de los galpones de la empresa Anyde SRL, situada en Magdalena, en el kilómetro 122 de la carretera Cajamarca - Ciudad de Dios, a 1650 msnm, que presenta las siguientes características climáticas:

Tabla 1.

Temperatura máxima anual (°C):	30.0
Temperatura mínima anual (°C):	15.0
Humedad relativa (%)	45.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa ANYDE SRL



3.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El desempeño productivo se mejora con el pienso extruido y el peso de los órganos digestivos de pollos Cobb 500 de una semana de edad, alimentados con piensos extruidos y tipo harina a 1650 msnm es diferente.

3.3. VARIABLES

3.3.1. Variable Independiente:

- El pienso extruido
- El pienso tipo Harina

3.3.2. Variables Dependientes:

- Desempeño productivo
- Peso relativo de los órganos digestivos

3.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se realizó mediante comparación de medias para dos grupos o tratamientos, que fueron las dos formas de presentación del alimento iniciador, para estudiar los efectos sobre el rendimiento del pollo en crecimiento durante la primera semana de vida y el peso de los órganos digestivos a los siete días de edad. Se utilizó un total de 100 pollos BB al azar con unas 4 horas de haber nacido, perteneciente a la línea Cobb 500. Cada tratamiento estuvo conformado por 50 pollos, distribuidos en 5 repeticiones de 10 aves por corral. El corral se constituyó en la unidad experimental utilizada para el análisis estadístico de la variable rendimiento productivo. A los siete días de edad, un pollo por corra fue sacrificado para pesar los órganos digestivos. El dato de un pollo fue considerado como una repetición, por lo tanto, se sacrificaron y analizaron los pesos de 5 pollos por tratamiento.

3.5. AVES Y ALOJAMIENTO

Se trabajó con un total de 100 pollos de engorde Cobb 500 en lote mixto (hembras y machos), recién nacidos, procedentes de la planta de incubación de la propia granja. Los pollos se alojaron en pequeños corrales de 2 m² dentro del galpón, a razón de 10 pollos por corral. Los pollos se alojaron en piso con una cama de cáscara de arroz. La iluminación artificial se mantuvo durante 23 horas al día durante el período de estudio (de 0 a 7 días). La temperatura se fijó en 33 °C y disminuyó gradualmente 0,5 °C al día durante el experimento. Los pollos tuvieron acceso libre a alimento y agua.

3.6. DIETA EXPERIMENTAL

La dieta se formuló y elaboró según lo sugerido por Cobb Vantres (2022). En resumen, se formuló una sola dieta, pero al momento de la elaboración y luego del mezclado y obtención del pienso tipo harina, se pesaron en dos bolsas de polipropileno 50 kg de alimento tipo harina y la otra bolsa, también con 50 kg del mismo alimento, que se ingresó a la extrusora, obteniéndose el alimento extruido y micro peletizado con un diámetro de 2 mm. Ambas bolsas de 50 kg cada una, conteniendo los dos tipos de piensos a utilizar en el experimento fueron conservados bajo las mismas condiciones ambientales. En consecuencia, la dieta consumida fue la misma, es por eso que se consideran ambos alimentos como isocalóricos e isonitrogenados. La fórmula alimenticia se indica en la Tabla 2.

Tabla 2.
Ingredientes y composición nutricional de la dieta experimental (base fresca)

Ingredientes (%)	Cantidad
Maíz amarillo	57.15
Torta de soya	34.50
Aceite de soya	3.00
L-Lisina HCl	0.20
DL-Metionina	0.30
L-Treonina	0.15
Carbonato de calcio	1.40
Fosfato monodiválcico 21%	1.70
Bicarbonato de sodio	0.10
Sulfato de cobre	0.05
Cloruro de colina 60%	0.05
Sal común	0.30
Premezcla de vitaminas y minerales	0.10
Composición nutricional calculada	
Energía metabolizable, Kcal/kg	3075
Proteína cruda, %	21.05
Lisina digestible, %	1.20
Metionina + cisteína digestible, %	0.90
Treonina digestible, %	0.82
Calcio, %	0.90
Fósforo digestible, %	0.45

Se proporcionó por cada kilogramo de dieta, lo siguiente: 10.000 UI de vitamina A, 5.000 UI de vitamina D3, 80 UI de vitamina E, 3 mg de tiamina, 9 mg de riboflavina, 60 mg de ácido nicotínico, 15 mg de ácido pantoténico, 2 mg de ácido fólico, 4 mg de piridoxina y 0,15 mg de biotina, 100 mg de manganeso, 40 mg de hierro, 15 mg de cobre, 100 mg de zinc, 1 mg de yodo y 0,35 mg de selenio.

3.7. RECOLECCIÓN DE DATOS

El peso corporal individual se midió en los días 0 y 7, mientras que el consumo diario de alimento se midió a la misma hora del día. La conversión alimenticia se calculó mediante la relación consumo de alimento/ganancia de peso. La ganancia de peso se calculó en el día 7, basándose en las diferencias de peso corporal final e inicial. La GMD promedio del día 0 al 7 se calculó dividiendo la ganancia total sobre 7, por cada unidad experimental. En el día 7, se pesaron, sacrificaron y diseccionaron 5 pollos por tratamiento para determinar el peso de los órganos del proventrículo y molleja, intestino delgado, ciegos e hígado. El peso de los órganos se calculó como un porcentaje del peso corporal. Los órganos digestivos, incluyendo el proventrículo y molleja, intestino delgado y ciego, se vaciaron mediante compresión suave para determinar el peso vacío.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Considerando que ambos tamaños muestrales fueron iguales a 5, se utilizó la prueba de hipótesis T de Student, para el análisis de todos los indicadores de las dos variables dependientes. Adicionalmente, los datos del peso corporal final y los pesos relativos digestivos fueron sometidos a pruebas de correlación de Pearson, para determinar asociación entre uno y otro indicador evaluado.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

En la Tabla 3 se presentan los indicadores de desempeño productivo de los pollos Cobb 500, determinados en la primera semana de vida. En los apéndices del 1 al 5 se presentan las pruebas estadísticas correspondientes a cada parámetro evaluado. En el apéndice 11 se muestra el registro de los pesos corporales de todos los pollos considerados en el experimento, según tratamientos. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso final a los siete días de edad, a favor de los pollos que consumieron alimento extruido. Sin embargo, en la ganancia media diaria, consumo total y conversión alimenticia no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos.

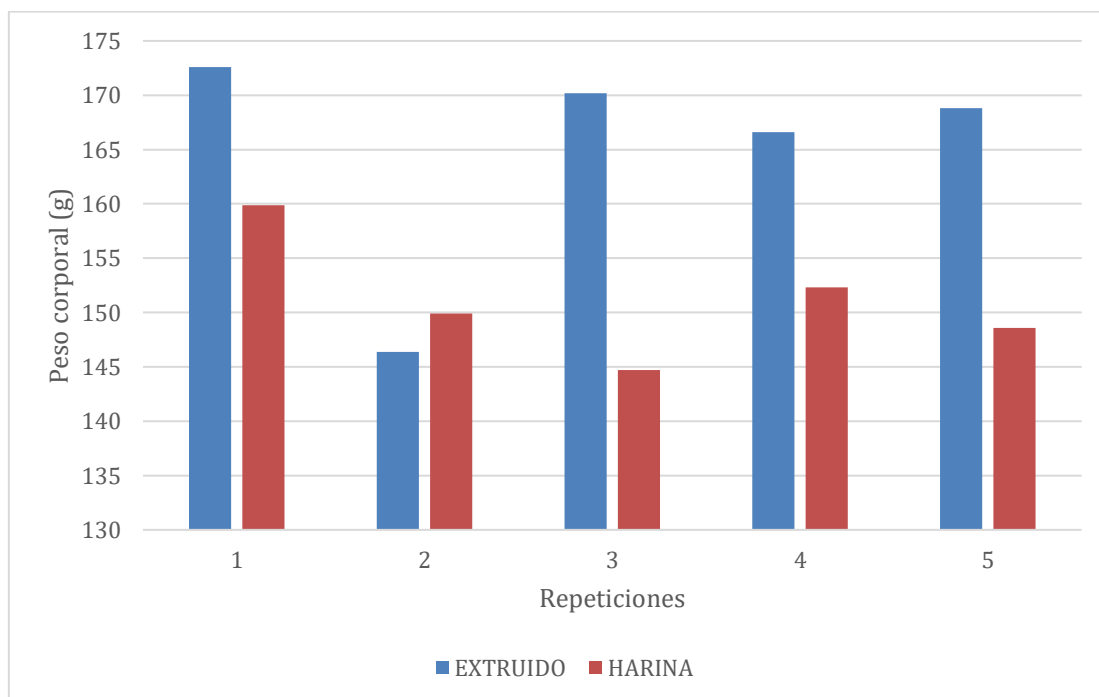
Tabla 3.

Parámetros productivos al día 7 de edad de pollos Cobb 500 alimentados con alimento en harina y alimento extruido.

	Alimento extruido	Alimento tipo harina
Peso inicial, g	44.92 $\pm$ 2.37	44.92 $\pm$ 2.11
Peso final, g	164.92 $\pm$ 10.58 ^a	151.08 $\pm$ 5.65 ^b
Ganancia media diaria, g	17.14 $\pm$ 1.70	15.26 $\pm$ 0.94
Consumo medio	169.8 $\pm$ 10.54	166.6 $\pm$ 5.68
semanal, g		
Conversión alimenticia	1.42 $\pm$ 0.14	1.56 $\pm$ 0.08

El peso final de los pollos que consumieron alimento extruido fue mejor que el de los pollos que consumieron alimento tipo harina, pese a que la fórmula alimenticia fue la misma para ambos grupos de aves. En la Figura 1 se muestran las diferencias y variabilidad de los pesos finales de los pollos evaluados. Estos resultados podrían deberse, a que el alimento extruido ha sido acondicionado mediante un método hidrotérmico aplicado al alimento molido antes del peletizado, lo cual permite aumentar las tasas de producción (Abdollahi et al., 2010). El mayor peso corporal ganado por los pollos alimentados con pienso extruido podría deberse también, a un aumento en la digestibilidad de nutrientes, que podría ocurrir a través de la ruptura física de las paredes celulares y la división de los polisacáridos no amiláceos en fragmentos más pequeños, luego del acondicionamiento del alimento (Oryschak et al., 2010).

Figura 1.



Diferencia y variabilidad de los pesos corporales de los pollos Cobb 500 de siete días de edad (n=5) según tipo de alimento consumido.

Cuando se comparan los parámetros productivos del pollo de engorde criado en condiciones de 1650 msnm, con los reportes de indicadores del pollo criado en zonas de menor altitud, se observan diferencias en el peso final a los 7 días de edad, a favor de los pollos criados en zonas más bajas. Varios autores informan y en diversas fechas, pesos finales de pollos machos alimentados con pienso extruido, que van desde 171.6, 172.9, 197.0, 195.1 y 202.7 g (Lamot et al., 2017; Lamot et al., 2019; Meijer et al., 2024; Ncho et al., 2025; Malchow et al., 2025). Los mismos investigadores citados reportan índices de conversión alimenticia para la primera semana entre 0.94 y 1.03, lo cual representaría una muy buena eficiencia alimenticia de los pollos criados en zonas geográficas bajas respecto de los pollos evaluados en el presente estudio, que lograron conversiones de 1.42 y 1.56 para las aves que consumieron alimento extruido y alimento tipo harina. Sin embargo, estos datos de la primera semana tendrán que tomarse con cierta tranquilidad, por que constituyen, la inversión monetaria en una pequeña cantidad de alimento consumido por ave (169.8 y 166.6 g), respecto del alimento ingerido durante todo el proceso productivo que oscila entre 4 y 5 kg por pollo. Al respecto Flees et al. (2024) manifiesta que las comparaciones en los indicadores de desempeño productivo en la fase inicial de los pollos de engorde no solo se circunscriben a la forma y presentación del alimento, sino que tendrían que realizarse considerando las diferentes características nutricionales del alimento y las condiciones ambientales de crianza, tales como los contenidos de lisina digestible, la energía metabolizable,

calcio, fósforo digestible, inclusión de carbohidrasas y fitasas, y la intensidad de la iluminación y color de luz.

Cuando se utiliza un alimento acondicionado, como es el extruido, precisamente es la elevada temperatura de acondicionamiento del pienso, que puede reducir la ganancia de peso corporal y el consumo de alimento, sobre todo cuando la temperatura de extruido o peletizado supera los 65 °C, por que produce un aumento de la viscosidad del alimento debido a la gelatinización del almidón y la mayor liberación de polisacáridos no amiláceos (Abdollahi et al., 2010). Sin embargo, en el presente estudio, este factor de altas temperaturas del alimento en el proceso de extruido no sucedió, por cuanto el grupo de aves que consumió alimento extruido presentó mejor peso corporal final que las aves que consumieron alimento tipo harina, y el consumo de alimento fue similar en ambos tratamientos.

El tratamiento térmico en extruder al que fue sometido el alimento evidenció la influencia sobre el mayor peso de los pollos a los siete días. Los hallazgos del presente estudio respaldan la hipótesis en cierta medida, ya que los pollos de engorde alimentados con alimento extruido mostraron un mayor peso corporal en comparación con los pollos que consumieron alimento tipo harina, aunque en los demás indicadores no hubo diferencias a favor de ningún tratamiento. Nuestros resultados podrían tener explicación con lo sustentado por Atoo et al. (2025) en pollos de engorde en fase inicial, que consumieron dos tipos de torta de soya, una tratada térmicamente y la otra no, de tal manera que los pesos de los pollitos a los siete días fueron 202 y 171 g, a favor del alimento que contenía torta de soya tratada. Los investigadores citados mencionan como sustento para explicar el crecimiento relativamente menor durante el período de iniciación de los pollos alimentados con dietas de soja sin tratar, a la mayor actividad inhibidora de tripsina en comparación con el alimento que contenía soya tratada térmicamente. Esto pudo haber sucedido en nuestro estudio cuando el alimento iniciador de los pollitos pasó por el extruder, el calor destruyó posibles inhibidores de tripsina existentes en la torta de soya contenido en el pienso iniciador, reflejado en mejor peso corporal a la primera semana, a favor del alimento extruido. Es conocido que los inhibidores de tripsina son factores antinutricionales debido a sus efectos negativos en el crecimiento y la digestibilidad de nutrientes en pollos de engorde (Kuenz et al., 2022). Los inhibidores de tripsina pueden interferir con las actividades biológicas, incluyendo la vía de digestión de proteínas y la función exocrina del páncreas (secreción de enzimas y pérdida endógena), con reducción de la digestión de proteínas y otros nutrientes en las aves de corral (Erdaw y Beyene, 2018). Pese a no presentarse diferencias estadísticas en el consumo de alimentos y conversión alimenticia, sin embargo, estos indicadores del presente estudio concuerdan con los encontrados en pollos de engorde de 7 días de edad reportados por Lyte et al. (2024).

4.2. COMPONENTES DIGESTIVOS DEL POLLO

Los pesos relativos de los órganos digestivos de los pollos evaluados en el presente experimento se lo expresan como % del peso vivo (Tabla 3). No se observan diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos para los componentes digestivos: proventrículo, molleja, intestinos, ciegos e hígado ($p>0.05$). En las Tablas 4 y 5 se muestran las correlaciones determinadas entre el peso corporal final del pollo de engorde y los pesos relativos del proventrículo, molleja, intestinos, ciegos e hígado, según tipo de alimento suministrado. En los apéndices 6 al 10 se observan las pruebas estadísticas de los indicadores digestivos. En los apéndices 12 y 13 se muestran los pesos de los órganos digestivos de todos los pollos sacrificados y el peso corporal de los pollos al sacrificio. En los apéndices del 14 al 23 se presentan los datos que fueron sometido a las pruebas de correlación.

Tabla 4.

Componentes digestivos (% del peso vivo) al día 7 de edad de pollos Cobb 500 alimentados con alimento en harina y alimento extruido.

	Alimento extruido	Alimento tipo harina
Proventrículo	0.85 ± 0.22	1.37 ± 0.35
Molleja	8.98 ± 0.93	8.85 ± 1.15
Intestinos	11.94 ± 2.28	11.09 ± 1.45
Ciegos	1.98 ± 0.45	2.09 ± 0.55
Hígado	5.08 ± 0.38	5.13 ± 1.22

Tabla 5.

Coefficientes de correlación de Pearson entre el peso vivo a los 7 días de edad y el peso relativo de los órganos digestivos del pollo de engorde con alimento extruido (n=5)

Indicadores correlacionados	Coefficiente de Pearson	Valor p
Peso vivo vs peso de proventrículo	0.620	$p>0.05$
Peso vivo vs peso de molleja	0.191	$p>0.05$
Peso vivo vs peso de intestinos	-0.107	$p>0.05$
Peso vivo vs peso de ciegos	-0.748	$p<0.05$
Peso vivo vs peso de hígado	-0.153	$p>0.05$

Tabla 6.

Coeficientes de correlación de Pearson entre el peso vivo a los 7 días de edad y el peso relativo de los órganos digestivos del pollo de engorde con alimento tipo harina (n=5)

Indicadores correlacionados	Coeficiente de Pearson	Valor p
Peso vivo vs peso de proventrículo	-0.573	p>0.05
Peso vivo vs peso de molleja	0.677	p>0.05
Peso vivo vs peso de intestinos	-0.363	p>0.05
Peso vivo vs peso de ciegos	-0.207	p>0.05
Peso vivo vs peso de hígado	-0.443	p>0.05

Se afirma que el desarrollo de un intestino sano durante las fases de pre inicio e inicio es crucial para impulsar la productividad del pollo (Colombino et al., 2023). En tal sentido se infiere que, los dos grupos de pollos del presente estudio, alimentados con dos presentaciones diferentes de pienso no tuvieron mayores inconvenientes en el desarrollo digestivo de sus órganos, por tanto, no hubo efecto del alimento extruido o alimento tipo harina en el peso relativo de las estructuras digestivas del pollo a los siete días de edad.

En cuanto al peso del estómago (proventrículo + molleja), este fue de 9.83 y 10.22 % del peso vivo del pollo, para los tratamientos con alimento extruido y tipo harina, respectivamente. Aunque no hubo diferencias entre tratamientos, sin embargo, estos valores son bastante elevados respecto de los que reportan Lamot et al. (2019) en pollos de 7 días de edad (4.14 y 4.23 %). La razón de estas grandes diferencias podría ser el mecanismo de limpieza de los compartimientos gástricos y el tiempo de privación de alimento entre uno y otro estudio, antes de la evaluación. Otra razón que sustente estas diferencias entre nuestros resultados y los obtenidos por otros investigadores podría ser la diferencia entre los piensos y los diferentes ingredientes alimenticios, que, aunque pudieron ser los mismos, pero la variabilidad nutricional de los alimentos depende de una serie de factores como la procedencia, tratamientos previos, entre otros aspectos que hacen variar la calidad nutricional de las materias primas. Es posible que los piensos iniciadores utilizados en nuestro estudio hayan contenido valores mayores de fibra cruda. Esto estaría en concordancia con los pesos de los intestinos (duodeno, yeyuno e íleon) que representaron el 11.94 y 11.09% del peso corporal, en comparación con los pesos que reporta Lamot (2019) para estas secciones de intestino de 6.95%. Del mismo modo, el peso de los ciegos representó un peso cuadruplicado del que encontró Lamot. En cuanto al peso del hígado, también estaría elevado respecto del que reporta Colombino et al. (2023), aunque estos investigadores tomaron el peso del hígado a los diez días de edad. Cuando estos investigadores pesaron el hígado a los tres días, encontraron pesos de 4.87 y 5.21%, que serían parecidos al peso relativo del hígado de los pollos de nuestro estudio, a los 7 días de edad. Al

mismo tiempo se determinaron los coeficientes de correlación para determinar asociación entre los pesos relativos de los órganos digestivos con el mayor peso corporal de los pollos, no encontrándose correlaciones significativas estadísticamente en ninguno de los tratamientos. En síntesis, el peso del tracto gastrointestinal de los pollos del presente experimento fue elevado, sin encontrar diferencias entre tratamientos por efecto del tipo de alimento, siendo necesario considerar que no siempre el mayor peso representa el mejor desarrollo en cuanto a funcionalidad de los órganos digestivos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- La alimentación del pollo Cobb 500 durante la primera semana de vida con un alimento iniciador extruido generó mejor peso corporal, respecto del pollo que consumió alimento tipo harina. Los indicadores de crecimiento: ingesta de alimento e índice de conversión alimenticia no se vieron influenciados por la presentación del alimento.
- El peso relativo de los órganos digestivos del pollo de siete días de edad no se vio afectado por los tratamientos, siendo los pesos del proventrículo, molleja, intestinos (duodeno, yeyuno e íleon), ciegos e hígado de los pollos que consumieron el pienso extruido y el tipo harina, similares.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Plantear evaluaciones de alimentación in ovo a fin de obtener pollos recién eclosionados con un buen desarrollo digestivo e inmunitario.
- Fomentar la alimentación temprana del pollo de engorde, evitando largos periodos en ayunas del pollo recién eclosionado.
- Continuar investigando sobre estrategias alimenticias del pollo BB durante la primera semana de vida y en condiciones de sierra peruana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdollahi, M.R., V. Ravindran, T.J. Wester, G. Ravindran & D.V. Thomas (2010) Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets, *British Poultry Science*, 51:5, 648-657. *Poultry Science* 104: 104960
2. Akinyemi, F.T., J. Ding, H. Zhou, K. Xu, C. He, C. Han, Y. Zheng, H. Luo, K. Yang, C. Gu, Q. Huang, and H. Meng. (2020). Dynamic distribution of gut microbiota during embryonic development in chicken. *Poultry Science* 99:5079–5090.
3. Atoo, A. F., K. Koch, J. Y. Perez-Palencia, S. Mueller, C. L. Levesque, H. B. Krishnan, J. Hong, K. Underwood. (2025). Effects of feeding expeller-extruded high oleic soybeans in broiler diets on growth performance, blood profile, and meat quality.
4. Cobb-Vantress Inc, Cobb 500 (2022). Broiler Performance and Nutrition Supplement. Cobb-Vantress Inc., Siloam Springs, AR. Accessed Nov. 2024. <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/product-guides/5502e86566/2022-Cobb500-Broiler-Performance-Nutrition-Supplement.pdf>.
5. Colombino, E., M. Karimi, M. Anh Ton Nu , A.A. Tilatti, S.B. Oddon, F. Calini, C. Bergamino, E. Fiorilla, M. Gariglio, F. Gai, M.T. Capucchio, A. Schiavone, L. Gasco, and I. Biasato. (2023). Effects of feeding a thermomechanical, enzyme-facilitated, coprocessed yeast and soybean meal on growth performance, organ weights, leg health, and gut development of broiler chickens. *Poultry Science* 102:102578.
6. Cuéllar, J.A. (2022). Dinámica y tendencias actuales del mercado avícola mundial, 13-05.
7. De Haas, and C. Lee. (2021). A review of environmental enrichment for laying hens during rearing in relation to their behavioral and physiological development. *Poult. Sci.* 98:9–28.
8. Diaz Carrasco, Natalia A. Casanova and Mariano E. Fernández Miyakawa. (2019). Microbiota, Gut Health and Chicken Productivity: What Is the Connection? *Microorganisms* 7(10), 374.
9. Erdaw, M.M., Beyene, W.T. (2018). Anti-nutrients reduce poultry productivity: influence of trypsin inhibitors on pancreas. *Asian J. Poult. Sci.* 12, 14–24.
10. FAO- IFIF. 2014. Buenas prácticas para la industria de piensos – Implementación del código de prácticas Sobre Buena Alimentación Animal. Manual Fao de producción y sanidad animal. No 9. Roma.
11. Flees, J. J., A. J. Keel, C. R. Gregg, C. W. Starkey, and J. D. Starkey. (2024). Effects of light intensity and reduction of starter diet digestible lysine and metabolizable energy on broiler chicken growth performance, breast meat yield, and meatquality defects. *Poultry Science* 103:103222.

12. Gu, S., Q. Huang, C. Sun, C. Wen, and N. Yang. (2024). Transcriptomic and epigenomic insights into pectoral muscle fiber formation at the late embryonic development in pure chicken lines. *Poultry Science* 103:103882.
13. Halgrain, M., M. T. Hincke, M. Schneider, M. D. McKee, S. Jia, A. Narcy, S. Rehault-Godbert, E. Gambier, and N. Reznikov. 2024. A3Dmicro-computed tomography study comparing embryonic skeletal development in layer versus broiler strains of the domestic chicken. *Poultry Science* 103:104308.
14. Iji, P.A.; Saki, A.; Tivey, D.R. (2001). Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 1. Intestinal weight and mucosal development. *Br. Poult. Sci.* 42, 505–513.
15. Janczak, A. M., and A. B. Riber. 2015. Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens. *Poultry Sci* 94:1454–1469.
16. Katanbaf, M.N.; Dunnington, E.A.; Siegel, P.B. (1998). Allomorphic relationships from hatching to 56 days in parental lines and F1 crosses of chickens selected 27 generations for high or low body weight. *Growth Dev. Ageing*, 52, 11–21.
17. Kuenz, S., Thurner, S., Hoffmann, D., Kraft, K., Wiltafsky-Martin, M., Damme, K., Windisch, W., Brugger, D. (2022). Effects of gradual differences in trypsin inhibitor activity on the estimation of digestible amino acids in soybean expellers for broiler chickens. *Poult. Sci.* 101, 101740.
18. Lamot, D.M., D. Sapkota, P. J. A. Wijtten, I. van den Anker, M. J. W. Heetkamp, B. Kemp, and H. van den Brand. (2019). Diet density during the first week of life: Effects on growth performance, digestive organ weight, and nutrient digestion of broiler chickens. *Poultry Science* 98:789–795.
19. Lamot D.M., D. Sapkota, P. J. A. Wijtten, I. van den Anker, M. J. W. Heetkamp, B. Kemp, and H. van den Brand. (2017). Diet density during the first week of life: Effects on energy and nitrogen balance characteristics of broiler chickens. *Poultry Science* 96:2294–2300.
20. López, C., Baião, N., Lara, L., Rodriguez, N., Cancado, S. 2007. Efeitos da forma física da raça sobre a digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. Minas Gerais. v. 59. p. 1006-1013.
21. Lyte, J. M. J. Eckenberger, A. L. Facchetti, V. Assumpcao, J. Keane, K. Robinson, T. Bacon, A.M. Donoghue, R. Liyanage, K.M. Daniels, V. Caputi, M. Lyte. (2024). Cold stress initiates catecholaminergic and serotonergic responses in the chicken gut that are associated with functional shifts in the microbiome. *Poultry Science* 103:103393.
22. Maiorka, A. (2004). “Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola” In: *Resumo do V Simposio Brasil Sul de Avicultura* (Chapeco, Brasil), p.119-129.
23. Malchow, J., B. Kemp, R. Molenaar, E. T. Krause, M. F. Giersberg, L. Schrader, I. C. de Jong. (2025). Effect of on-farm hatching and elevated platforms on behavior and performance in fast-growing broiler chickens. *Poultry Science* 104: 104910.

24. Meijer, M. Y. M., H. van den Brand, A. A. Khaskheli, C. Palmieri, S. Niknafs, and E. Roura. (2024). Early-life immunomodulation by carvacrol delivered in ovo in broiler chickens. *Poultry Science* 103:104286.
25. Murakami, H.; Akiba, Y.; Horiguchi, M. (1992). Growth and utilization of nutrients in newly hatched chick with or without removal of residual yolk. *Growth Dev. Ageing*. 56, 75–84.
26. Ncho, C., V. Gupta, A. Goel, C. Jeong, J. Jung, S. Ha, J. Eom, H. Yang, J. Yang, Y. Choi. (2025). Impact of Dietary Polyphenols from Shredded, Steam-Exploded Pine on Growth Performance, Organ Indices, Meat Quality, and Cecal Microbiota of Broiler Chickens. *Poultry Science* 105088.
27. Nir, I.; Nitsan, Z.; Mahaga, M. (1993). Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *Br. Poult. Sci.* 1993, 34, 523–532.
28. Nitsan, Z.; Ben-Avraham, G.; Zoref, Z.; Nir, I. (1991a). Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *Br. Poult. Sci.* 1991, 32, 515–523.
29. Nitsan, Z.; Dunnington, E.A.; Siegel, P.B. (1991b). Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. *Poult. Sci.* 1991, 70, 2040–2048.
30. Noy, Y.; Geyra, A.; Sklan, D. (2001). The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch poult. *Poult. Sci.* 80, 912–919.
31. Penz, M. J. (2018). *Revista avinews LATAM*.
32. Oakley, Hyun S. Lillehoj, Michael H. Kogut, Woo K. Kim, John J. Maurer, Adriana Pedroso, Margie D. Lee, Stephen R. Collett, Timothy J. Johnson, Nelson A. Cox. (2020). The chicken gastrointestinal microbiome, *FEMS Microbiology Letters*, Volume 360, Issue 2, 1 November 2014, Pages 100–112
33. Oryschak, M., D. Korver, M. Zuidhof, X. Meng, and E. Beltranena. (2021). Comparative feeding value of extruded and nonextruded wheat and corn distillers dried grains with solubles for broilers. *Poultry Science* 89 :2183–2196.
34. Olson, E., Micciche, A., Sevigny, J. L., Ricke, S. C., & Ghosh, A. (2020). Draft genome sequences of 11 bacterial strains isolated from commercial corn-based poultry feed. *Microbiology Resource Announcements*, 9(16), 10-1128.
35. Oryschak, M., D. Korver, M. Zuidhof, X. Meng, and E. Beltranena. (2010). Comparative feeding value of extruded and nonextruded wheat and corn distillers dried grains with solubles for broilers. *Poultry Science* 89 :2183–2196.
36. Pinchasov, Y. (1995). Early transition of the digestive system to exogenous nutrition in domestic post-hatch birds. *Br. J. Nutr.* 73, 471–478
37. Rauw, W. M. (2012). Immune response from a resource allocation perspective. *Frontiers in genetics*, 3, 267.

38. Ravindran, V., and M. R. Abdollahi. (2021). Nutrition and Digestive Physiology of the Broiler Chick: State of the Art and Outlook. *Animals* 11, 2795
39. Ravindran, V.; Wu, Y.B.; Thomas, D.G.; Morel, P.C.H. (2006). Influence of whole wheat feeding on the development of digestive organs and performance of broiler chickens. *Aust. J. Agric. Res.* 2006, 57, 21–26
40. Singh, Y.; Amerah, A.M.; Ravindran, V. (2014). Whole grain feeding: Methodologies and effects on performance, digestive tract development and nutrient utilisation of poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* 190, 1–18.
41. Tong, Q., C. E. Romanini, V. Exadaktylos, C. Bahr, D. Berckmans, H. Bergoug, N. Eterradossi, N. Roulston, R. Verhelst, I. M. McGonnell, and T. Demmers. (2013). Embryonic development and the physiological factors that coordinate hatching in domestic chickens. *Poultry Science* 92 :620–628.
42. Uni, Z.; Ganot, S.; Sklan, D. (1998). Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poult. Sci.* 77, 75–82
43. Vaccaro, L. A., K. Herring, A. Wilson, E. England, A. L. Smith, and L. E. Ellestad. (2024). Dynamic changes in insulin-like growth factor binding protein expression occur between embryonic and early post-hatch development in broiler chickens. *Poultry Science* 103:104174.
44. Zenner, C., Hitch, T. C. A., Riedel, T., Wortmann, E., Tiede, S., Buhl, E. M., ... & Clavel, T. (2021). Early-life immune system maturation in chickens using a synthetic community of cultured gut bacteria. *mSystems* 6: e01300-20.

APÉNDICES

APÉNDICE 1. PRUEBA T DE STUDENT PARA PESOS INICIALES

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	45.3	43.8
2	46.7	42.9
3	41.4	47.3
4	47.3	45.2
5	43.9	41.9
PROMEDIO	44.92	44.22
DS	2.36685445	2.10641876
N	5	5

Sx-y 10.5206272 0.4
 3.24355163 0.63245553 2.05140217
 T CALC 0.34123002
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 2. PRUEBA T DE STUDENT PARA PESOS FINALES

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	172.6	159.9
2	146.4	149.9
3	170.2	144.7
4	166.6	152.3
5	168.8	148.6
PROMEDIO	164.92	151.08
DS	10.5797921	5.64641479
N	5	5

Sx-y 45.1423756 0.4
 6.7188076 0.63245553 4.24934704
 T CALC 3.25697098
 T TABLA 2.306 TC>TT

APÉNDICE 3. PRUEBA T DE STUDENT PARA GANANCIA MEDIA DIARIA DE PESO

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	18.1857143	16.5857143
2	14.2428571	15.2857143
3	18.4	13.9142857
4	17.0428571	15.3
5	17.8428571	15.2428571
PROMEDIO	17.1428571	15.2657143
DS	1.70132002	0.94483559
N	5	5

Sx-y 7.27769786 0.4
 2.69772086 0.63245553 1.70618848
 T CALC 1.10019665
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 4. PRUEBA T DE STUDENT PARA CONSUMO SEMANAL

CONSUMO/AVE

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	158	167
2	160	172
3	174	159
4	183	163
5	174	172
PROMEDIO	169.8	166.6
DS	10.5451411	5.6833089
N	5	5

Sx-y 45.0222187 0.4
 6.70985981 0.63245553 4.24368796
 T CALC 0.7540611
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 5. PRUEBA T DE STUDENT PARA ÍNDICE DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	1.24116261	1.43841516
2	1.60481444	1.60747664
3	1.35093168	1.63244353
4	1.53394803	1.52194211
5	1.39311449	1.61199625
PROMEDIO	1.42479425	1.56245474
DS	0.14534587	0.08125093
N	5	5

Sx-y 0.62200893 0.4
 0.78867543 0.63245553 0.49880214
 T CALC -0.2759
 T TABLA 2.306 TCT<TT

APÉNDICE 6. PRUEBA T DE STUDENT PARA PORCENTAJE DE PROVENTRÍCULO

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	1.07526882	1.17647059
2	0.65359477	0.92592593
3	1.0989011	1.8404908
4	0.75757576	1.42857143
5	0.66225166	1.52284264
PROMEDIO	0.84951842	1.37886028
DS	0.22082987	0.34728086
N	5	5

Sx-y 1.05695992 0.4
 1.02808556 0.63245553 0.6502184
 T CALC -0.8140985
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 7. PRUEBA T DE STUDENT PARA PORCENTAJE DE MOLLEJA

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	8.06451613	10.5882353
2	8.49673203	7.40740741
3	9.89010989	8.58895706
4	9.84848485	8.57142857
5	8.60927152	9.13705584
PROMEDIO	8.98182288	8.85861683
DS	0.83541121	1.15437327
N	5	5

Sx-y 3.91883149 0.4
 1.97960387 0.63245553 1.25201142
 T CALC 0.09840649
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 8. PRUEBA T DE STUDENT PARA PORCENTAJE DE INTESTINOS

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	8.06451613	10.5882353
2	11.7647059	12.962963
3	13.7362637	12.2699387
4	12.8787879	10
5	13.2450331	9.64467005
PROMEDIO	11.9378613	11.0931614
DS	2.28369645	1.45164062
N	5	5

Sx-y 9.86060611 0.4
 3.1401602 0.63245553 1.98601169
 T CALC 0.42532476
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 9. PRUEBA T DE STUDENT PARA PORCENTAJE DE INTESTINOS

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	4.83870968	3.52941176
2	5.22875817	5.55555556
3	5.49450549	4.29447853
4	4.54545455	5.71428571
5	5.29801325	6.59898477
PROMEDIO	5.08108823	5.13854327
DS	0.38256618	1.21860755
N	5	5

Sx-y 2.13956848 0.4
 1.46272639 0.63245553 0.92510939
 T CALC -0.0621062
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 10. PRUEBA T DE STUDENT PARA PORCENTAJE DE HÍGADO

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	1.61290323	1.76470588
2	2.61437908	1.85185185
3	2.1978022	2.45398773
4	1.51515152	2.85714286
5	1.98675497	1.52284264
PROMEDIO	1.9853982	2.09010619
DS	0.44738649	0.54890652
N	5	5

Sx-y 2.06399924 0.4
 1.43666253 0.63245553 0.90862517
 T CALC -0.1152378
 T TABLA 2.306 TC<TT

APÉNDICE 11. REGISTRO DE PESOS CORPORALES A LOS SIETE DÍAS DE EDAD

PESO N°	Pesos alimento extruido					Pesos alimento en harina				
	Corral 1	Corral 2	Corral 3	Corral 4	Corral 5	Corral 6	Corral 7	Corral 8	Corral 9	Corral 10
1	178	149	197	189	187	177	136	166	189	157
2	161	144	147	136	160	161	184	174	152	127
3	166	138	182	158	152	162	138	135	154	144
4	174	125	178	178	185	172	152	104	145	162
5	167	147	175	157	187	154	144	163	162	137
6	160	168	174	154	148	145	152	119	169	140
7	178	153	176	169	170	162	144	143	148	156
8	148	134	128	193	192	154	180	150	122	130
9	208	153	163	200	156	142	161	130	142	136
10	186	153	182	132	151	170	108	163	140	197
PROMEDIO	172.6	146.4	170.2	166.6	168.8	159.9	149.9	144.7	152.3	148.6

APÉNDICE 12. REGISTRO DE PESOS DE ÓRGANOS DIGESTIVOS

ORGANOS		ALIMENTO EXTRUIDO					ALIMENTO EN HARINA				
		Corral 1	Corral 2	Corral 3	Corral 4	Corral 5	Corral 1	Corral 2	Corral 3	Corral 4	Corral 5
pesos de órganos digestivos (1 pollo / Corral)	Hígado	9	8	10	6	8	6	6	7	8	13
	proventrículo	2	1	2	1	1	2	1	3	2	3
	Molleja	15	13	18	13	13	18	8	14	12	18
	Intestinos	15	18	25	17	20	18	14	20	14	19
	Ciegos	3	4	4	2	3	3	2	4	4	3

APÉNDICE 13. PESOS DE SACRIFICIO

REPETICIÓN	EXTRUIDO	HARINA
1	186	170
2	153	108
3	182	163
4	132	140
5	151	197
PROMEDIO	160.8	155.6
DS	22.753021 8	33.48581 79
N	5	5

APÉNDICE 14. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE HÍGADO. ALIMENTO EXTRUIDO

PESO CORPORAL	HIGADO
172.6	4.838709677
146.4	5.22875817
170.2	5.494505495
166.6	4.545454545
168.8	5.298013245
COEFICIENTE	-0.152667382

APÉNDICE 15. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE PROVENTRÍCULO. ALIMENTO EXTRUIDO

PESO CORPORAL	PROVENTRICULO
172.6	1.075268817
146.4	0.653594771
170.2	1.098901099
166.6	0.757575758
168.8	0.662251656
COEFICIENTE	0.620411132

APÉNDICE 16. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE MOLLEJA. ALIMENTO EXTRUIDO

PESO CORPORAL	MOLLEJA
172.6	8.064516129
146.4	8.496732026
170.2	9.89010989
166.6	9.848484848
168.8	8.609271523
COEFICIENTE	0.190791215

APÉNDICE 17. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE MOLLEJA. ALIMENTO EXTRUIDO

PESO CORPORAL	INTESTINOS
172.6	8.064516129
146.4	11.76470588
170.2	13.73626374
166.6	12.87878788
168.8	13.24503311

COEFICIENTE -0.107531662

APÉNDICE 18. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE CIEGOS. ALIMENTO EXTRUIDO

PESO CORPORAL	CIEGOS
172.6	1.612903226
146.4	2.614379085
170.2	2.197802198
166.6	1.515151515
168.8	1.986754967

COEFICIENTE -0.748572663

APÉNDICE 19. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE HÍGADO. ALIMENTO TIPO HARINA

PESO CORPORAL	HIGADO
159.9	3.529411765
149.9	5.555555556
144.7	4.294478528
152.3	5.714285714
148.6	6.598984772

COEFICIENTE -0.443954006

APÉNDICE 20. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE PROVENTRÍCULO. ALIMENTO TIPO HARINA

PESO CORPORAL	PROVENTRICULO
159.9	1.176470588
149.9	0.925925926
144.7	1.840490798
152.3	1.428571429
148.6	1.52284264
COEFICIENTE	-0.572729968

APÉNDICE 21. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE MOLLEJA. ALIMENTO TIPO HARINA

PESO CORPORAL	MOLLEJA
159.9	10.58823529
149.9	7.407407407
144.7	8.588957055
152.3	8.571428571
148.6	9.137055838
COEFICIENTE	0.676856496

APÉNDICE 22. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE INTESTINOS. ALIMENTO TIPO HARINA

PESO CORPORAL	INTESTINOS
159.9	10.58823529
149.9	12.96296296
144.7	12.26993865
152.3	10
148.6	9.644670051
COEFICIENTE	-0.363232988

APÉNDICE 23. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y PESO RELATIVO DE CIEGOS. ALIMENTO TIPO HARINA

PESO CORPORAL	CIEGOS
159.9	1.764705882
149.9	1.851851852
144.7	2.45398773
152.3	2.857142857
148.6	1.52284264
COEFICIENTE	-0.207128372

APÉNDICE 24. FOTOGRAFIAS DEL TRABAJO PRÁCTICO DE LA TESIS



Ingreso y recepción de pollitos bebes



Alimento Extruido



Alimento en harina



Foto de los 10 tratamientos (1-5) extruido, (6-10) harina



10 pollitos x cada tratamiento

Recolección de datos





Pesos a los 7 días de edad