Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Medicina Veterinaria
Unidad de Posgrado

Efecto de la inclusión de harina extruida de pulpa de café en dietas de pollos de engorde en etapa de acabado, en reemplazo del afrecho de trigo sobre el rendimiento productivo, morfometría intestinal y rentabilidad económica

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias Veterinarias con Mención en Sanidad Avícola

AUTOR

Steven Pablo David ANTUNEZ AVALOS

ASESOR

Jimny Yoel NUÑEZ DELGADO

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Antunez S. Efecto de la inclusión de harina extruida de pulpa de café en dietas de pollos de engorde en etapa de acabado, en reemplazo del afrecho de trigo sobre el rendimiento productivo, morfometría intestinal y rentabilidad económica [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Unidad de Posgrado; 2025.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Steven Pablo David Antunez Avalos
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43191477
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4542-9500
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jimny Yoel Nuñez Delgado
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44411070
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6310-418X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Miluska Beatriz Navarrete Zamora
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25782690
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Juan Pavel Olazabal Loaiza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	20050845
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Juan Alexander Rondon Espinoza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07765647
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	María Mercedes Sialer García
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10140530

Datos de investigación	
Línea de investigación	B.4.2. PRODUCCIÓN Y ECONOMÍA PECUARIA B.4.2.1. Producción avícola y especies menores.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	PROCIENCIA
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Galpones experimentales del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) País: Perú Departamento: Lima Provincia: Huaral Distrito: No aplica Centro poblado: No aplica Urbanización: No aplica Manzana y lote: No aplica Calle: No especificado Latitud: 12°02′36″S Longitud: 77°01′42″W
Año o rango de años en que se realizó la investigación	De mayo a agosto de 2022
URL de disciplinas OCDE	Ciencia veterinaria https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS VETERINARIAS CON MENCIÓN EN SANIDAD AVÍCOLA

En la Sala de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, siendo las 11:00 horas del día miércoles 16 de julio del 2025, el Jurado Examinador de Tesis de Grado de Magíster, presidido por la Dra. Miluska Beatriz Navarrete Zamora y conformado por los siguientes miembros docentes: Ph.D. Juan Pavel Olazabal Loaiza, Mg. Juan Alexander Rondon Espinoza, Mg. María Mercedes Sialer García y Ph.D. Yimny Yoel Núñez Delgado (asesor), se dio inicio a la sustentación oral y pública de la Tesis titulada:

"Efecto de la inclusión de harina extruida de pulpa de café en dietas de pollos de engorde en etapa de acabado, en reemplazo del afrecho de trigo sobre el rendimiento productivo, morfometría intestinal y rentabilidad económica", presentado por el Bachiller en Medicina Veterinaria:

STEVEN PABLO DAVID ANTUNEZ AVALOS

Quien sustentó la Tesis para obtener el Grado Académico de Magíster en Ciencias Veterinarias con mención en Sanidad Avícola y absolvió satisfactoriamente las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado y practicada la votación obtuvo la calificación de: _____

_____**BUENO, (16) DIECISÉIS** _____

A continuación, el Jurado por intermedio de su presidente recomendó a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria, proponga el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Ciencias Veterinarias con mención en Sanidad Avícola, al Bachiller en Medicina Veterinaria Steven Pablo David Antunez Avalos.

Siendo las 12:45 horas del día miércoles 16 de julio de 2025, se dio por concluido el acto académico, suscribiéndose la presente Acta.

……..……..... Dra. Miluska Beatriz Navarrete Zamora (P.A.T.C.) **Presidente**	…..... Ph.D. Juan Pavel Olazabal Loaiza (P.A.T.C.) **Miembro**
..... Mg. Juan Alexander Rondon Espinoza (P.A.D.E) **Miembro**	…..... Mg. María Mercedes Sialer García **Miembro**
……..…… Ph.D. Jimny Yoel Nuñez Delgado (P.A.T.C) Miembro asesor	…… Dr. César Miguel Gavidia Chucan (P.P.D.E.) **Director de la Unidad de Posgrado**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA UNIDAD DE POST-GRADO DIRECCION U.N.M.S.M.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Jimny Yoel Nuñez Delgado en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Directoral N°082-UPG-FMV-2023 de la tesis, cuyo título es “Efecto de la inclusión de harina extruida de pulpa de café en dietas de pollos de engorde en etapa de acabado, en reemplazo del afrecho de trigo sobre el rendimiento productivo, morfometría intestinal y rentabilidad económica”, presentado por el bachiller Steven Pablo David Antunez Avalos para optar el grado de Magister en Ciencias Veterinarias con mención en Sanidad Avícola.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 11% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Lima, 11 de setiembre de 2025

Firma del Asesor: UNMSM

Firmado digitalmente por NUÑEZ DELGADO Jimny Yoel FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.09.2025 09:31:41 -05:00

Nombres y Apellidos del asesor: Jimny Yoel Nuñez Delgado

DNI: 44411070

DEDICATORIA

A Dios por cuidarme, guiarme e iluminarme cada día de mi vida.

A mis padres, Oscar y Carmen, por ser el mayor ejemplo de amor, fortaleza y dedicación.

A mi hermano Osquítar y mi hermanita Zlatia, que me enseñaron lo que significa la perseverancia, esfuerzo y dedicación.

Y, A mis maestros quienes han contribuido en mi aprendizaje y formación a lo largo de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis el Ph.D. Jimny Nuñez Delgado por sus consejos, críticas constructivas, apoyo y orientación en llevar a cabo la investigación.

A la Dra. Nadia Fuentes por el aporte de sus conocimientos y constancia para concluir con éxito este trabajo.

Agradezco especialmente a mis compañeros del Laboratorio de Producción Avícola y Especies Menores (LPAYEM) de la Facultad de Medicina Veterinaria-UNMSM, por su apoyo y hacerme sentir parte de una familia en tan arduos días de trabajo.

Un agradecimiento especial al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT), hoy Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA), quién financió el estudio con contrato 084-2021 FONDECYT, a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) como entidad receptora de la financiación y a la Universidad Nacional Agraria (UNALM) como entidad asociada.

ÍNDICE

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
LISTA DE CUADROS vi
LISTA DE FIGURAS vii
LISTA DE ABREVIATURAS viii
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3
2.1 Producción avícola a nivel nacional 3
2.2 Producción de café a nivel nacional 4
2.3 Impacto ambiental ocasionado por los residuos agroindustriales del café 4
2.4 Características de la pulpa de café 5
2.5 Principales componentes bioactivos de la pulpa de café 6
2.5.1 Cafeína 6
2.5.2 Polifenoles 6
2.6 Componentes antinutrientes de la pulpa de café 7
2.7 Uso de pulpa de café en la producción animal 7
2.7.1 Ovinos 8
2.7.2 Aves 8
2.7.3 Cuyes 10
2.7.4 Porcinos 11
2.7.5 Conejos 11
2.7.6 Bovinos 11
2.7.7 Peces 13
2.7.8 Ratones 15
2.8 La extrusión, como proceso para la alimentación animal 15
2.9 La rentabilidad económica. 16
III. MATERIALES Y MÉTODOS 18
3.1 Lugar de ejecución y periodo de duración 18
3.2 Preparación de la materia prima y dieta 18
3.2.1 Obtención del insumo alimenticio 18
3.3 Diseño experimental u observacional 22
3.3.1 Pruebas biológicas con pollos de engorde 23
3.3.2 Variables de estudio 25
3.4 Análisis de la información 29
3.5 Consideraciones éticas 30
IV. RESULTADOS 31
4.1 Consumo de alimento (g), ganancia de peso (g) e ICA 31
4.2 Morfometría intestinal (μm) 32
4.3 Análisis Comparativo de Rentabilidad 35
V. DISCUSIÓN 40
VI. CONCLUSIONES 45
VII. RECOMENDACIONES 46
VIII. BIBLIOGRAFÍA 47

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Dietas alimenticias para pollos de engorde en etapa de acabado, incluyendo cinco niveles de harina extruida de pulpa de café…….. 21

Cuadro 2. Valor nutricional de las dietas utilizadas……..… 22

Cuadro 3. Parámetros productivos de pollos de engorde de 36 a 41 días de edad alimentados con dietas que incorporan cinco niveles de HEPC como sustituto de un porcentaje de la AT en la fase final…….….. 31

Cuadro 4. Mediciones morfométricas (en μm) de los segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno, e íleon) en pollos de engorde a los 41 días de edad que fueron alimentados con dietas que incorporan cinco niveles de HEPC como sustituto de un porcentaje de la AT en la fase final (36 a 41 días)……..……. 34

Cuadro 5. Análisis comparativo de costos y rentabilidad de la harina extruida de pulpa de café en las diferentes dietas utilizadas……..… 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Deshidratación de pulpa de café en secadores solares…….…….. 19

Figura 2. Flujo de trabajo del experimento …… 20

Figura 3. Identificación de las diferentes presentaciones del insumo alimenticio: a) pulpa café fresca, b) pulpa de café deshidratada, c) pulpa de café extruida, d) harina extruida de pulpa de café (HEPC)…… 20

Figura 4. Crianza experimental de pollos de engorde, alimentados con 5 niveles de inclusión de harina extruida de pulpa de café……. 25

Figura 5. Morfometría de las vellosidades intestinales en el duodeno de pollos de engorde Cobb 500 machos a 40x con tinción H-E. a) longitud de vellosidad, b) ancho de vellosidad, c) profundidad de cripta……. 28

Figura 6. Morfometría de las vellosidades intestinales en el yeyuno de pollos de engorde Cobb 500 machos a 40x con tinción H-E. a) longitud de vellosidad, b) ancho de vellosidad, c) profundidad de cripta……. 28

Figura 7. Morfometría de las vellosidades intestinales en el íleon de pollos de engorde Cobb 500 machos a 40x con tinción H-E. a) longitud de vellosidad, b) ancho de vellosidad, c) profundidad de cripta……. 29

Figura 8. Sección microscópica de los segmentos del duodeno de los pollos de engorde de los diferentes tratamientos. a) T1; b) T2; c) T3; d) T4; e) T5……..32

Figura 9. Sección microscópica de los segmentos del yeyuno de los pollos de engorde de los diferentes tratamientos. a) T1; b) T2; c) T3; d) T4; e) T5……..33

Figura 10. Sección microscópica de los segmentos del íleon de los pollos de engorde de los diferentes tratamientos. a) T1; b) T2; c) T3; d) T4; e) T5…….33

Figura 11. Optimización del porcentaje de reemplazo de AT por HEPC para maximizar la ganancia de peso en aves……. 37

Figura 12. Optimización del porcentaje de reemplazo de AT por HEPC para maximizar el consumo de alimento en aves…….. 38

LISTA DE ABREVIATURAS

HCL	: Ácido clorhídrico
AT	: Afrecho de trigo
AV	: Ancho de vellosidad intestinal
CL50	: Concentración letal media
sp	: Especie
HEPC	: Harina extruida de pulpa de café
ICA	: Índice de conversión alimenticia
kg	: Kilogramo
LV	: Longitud de la vellosidad
µm	: Micras
%	: Porcentaje
PVC	: Policloruro de vinilo
PC	: Profundidad de la cripta de Lieberkühn
RLP	: Relación longitud de vellosidad y profundidad de cripta
S/.	: Soles
CGA	: Ácido clorogénico

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la harina extruida de pulpa de café (HEPC) como reemplazo del afrecho de trigo (AT) en la alimentación de pollos de engorde. Se utilizaron 300 pollos Cobb 500 en etapa de acabado, distribuidos en 5 tratamientos: T1: dieta control (100 % AT y 0 % HEPC), T2 (75 % AT y 25 % HEPC), T3 (50 % AT y 50 % HEPC), T4 (25 % AT y 75 % HEPC) y T5 (0 % AT y 100 % HEPC). Se evaluó consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), índice de conversión alimenticia (ICA) y longitud de vellosidad (LV), ancho de vellosidad (AV), profundidad de cripta (PC) y relación (LV/PC) a nivel de duodeno, yeyuno e íleon y la rentabilidad de las dietas, considerando un diseño completamente al azar. Para estimar la dosis óptima se utilizó un modelo cuadrático. La estimación del nivel óptimo de inclusión se llevó a cabo mediante maximización de las ecuaciones de regresión lineal y cuadrática para las variables ganancia de peso y consumo de alimento. La comparación de medias se realizó mediante Duncan al 5%. Se empleó el paquete estadístico R (Versión 4.02). El CA disminuyó al aumentar el HEPC y hubo una diferencia estadística entre promedios ($p<0.01$); T2 tuvo mayor GP (834.61g) siendo diferente ($p<0.01$) al T4 y T5; T2 tuvo mejor ICA (1.58) seguido del T1 con 1.64, sin embargo, no significativos ($p>0.05$). Los tratamientos fueron similares ($p>0.05$) en LV en las tres porciones intestinales, a excepción del T5 (1,191.04 μm) en yeyuno, quien fue menor ($p<0.05$) respecto al control (1,380.64 μm). En AV, los tratamientos fueron similares ($p>0.05$) al control en yeyuno e íleon, sin embargo, en duodeno del T5 mostró mayor valor (172.18 μm), siendo estadísticamente diferente ($p<0.05$) al resto. La PC del duodeno de T2 y T3 fueron similares ($p>0.05$) al control. En RLP de duodeno solo el T2 fue similar al control. El T2 mostró mejores parámetros productivos y rentabilidad económica, sin alterar las vellosidades intestinales. En conclusión, la HEPC es un insumo potencial para reemplazar hasta en 25 % el AT en la alimentación de pollos de engorde en etapa de acabado.

Palabras clave: vellosidad intestinal, conversión alimenticia, harina extruida de pulpa de café, pollos de engorde.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate extruded coffee grounds meal (ECM) as replacement for wheat bran (WB) in broiler chicken feed. Three hundred Cobb 500 finishing chickens were fed 5 treatments: T1: control diet (100% WB and 0% ECM), T2 (75% WB and 25% ECM), T3 (50% WB and 50% ECM), T4 (25% WB and 75% ECM), and T5 (0% WB and 100% ECM). Feed intake (FIG), weight gain (WG), feed conversion ratio (FCR), villus length (VL), villus width (VW), crypt depth (CDP), and ratio (VL/BDP) were evaluated in the duodenum, jejunum, and ileum, as well as the profitability of the diets. A completely randomized design was used. A quadratic model was used to estimate the optimal dose. The optimal inclusion level was estimated by maximizing the linear and quadratic regression equations for the variables weight gain and feed intake. Means were compared using the Duncan test at 5%. The R statistical package (Version 4.02) was used. The AC decreased with increasing ECM and there was a statistical difference between means ($p < 0.01$); T2 had a higher GP (834.61 g), which was different ($p < 0.01$) from T4 and T5; T2 had a better ICA (1.58), followed by T1 with 1.64; however, the results were not significant ($p > 0.05$). The treatments were similar ($p > 0.05$) in LV in the three intestinal portions, except for T5 (1,191.04 μm) in the jejunum, which was lower ($p < 0.05$) than the control (1,380.64 μm). In AV, the treatments were similar ($p>0.05$) to the control in jejunum and ileum, however, in duodenum of T5 it showed a higher value (172.18 μm), being statistically different ($p<0.05$) to the rest. The CP of the duodenum of T2 and T3 were similar ($p>0.05$) to the control. In RLP of duodenum only T2 was similar to the control. T2 showed better productive parameters and economic profitability, without altering intestinal villi. In conclusion, ECM is a potential input to replace up to 25% of AT in the feed of broiler chickens in the finishing stage.

Key words: intestinal villus, feed conversion ratio, extruded coffee pulp meal, chicken

I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica L.*) es la bebida más preferida en el mundo, el Perú cuenta con 425,416 hectáreas cultivadas de café distribuidas en 17 regiones, 67 provincias y 338 distritos, de las cuales participan 223,738 familias peruanas (MIDAGRI, 2016). La pulpa de café que se genera producto del procesamiento de esta industria, representa entre el 40 a 50 % del peso total del fruto (Hernandez *et al*., 2009; Torres *et al*., 2019), esta proporción a escala mundial, equivale a una producción aproximada de 20 millones de toneladas anuales de residuos, que incluyen tanto líquidos (aguamiel) y sólidos (pulpa de café) (Blinová *et al*., 2017; Pandey *et al.*, 2000), generando un serio problema ambiental ya que contamina el suelo cambiando su pH y generando una fermentación anaeróbica, contamina el agua por la infiltración de contaminantes a la napa freática, modificación de microorganismos y la biodiversidad del ambiente (MIDAGRI, 2016; Oliva y Reyes 2017; Desai *et al.*, 2020, Marín *et al.*, 2020).

La pulpa de café está compuesta por piel, epidermis, exocarpio y mesocarpio del cerezo del café (Torres *et al.*, 2019), que en su estructura contiene una fuente potencial de antioxidantes como la cafeína que representa 1 a 2 % del peso del fruto (Lin *et al.*, 2023) y polifenoles (Arpi *et al.*, 2021, Arellano *et al.*, 2011) y ácido clorogénico equivalente de 2 a 2.4 g/100g de peso seco (Machado *et al.*, 2023; Lemos *et al.*, 2022). Químicamente está compuesta por carbohidratos y una pequeña fracción de proteína (9.2 %), lípidos (2.6 %) y fibra (51.2 %), destacando su fracción insoluble (Cañas *et al.*, 2021) que promueven la regulación intestinal.

Cabe precisar que la alta concentración de cafeína, polifenoles y taninos en la pulpa de café, pueden actuar como antinutrientes (Mazzafera, 2002), en altas concentraciones pueden producir mortalidad en los animales, especialmente en especies menores como

ratas y pollos ya que se unen a las proteínas y las hacen menos disponibles (Noriega *et al.*, 2008). Sin embargo, la extrusión que es un procedimiento de bajo costo (Crawford y Cazaban, 2016) mejora la forma, estructura y composición del alimento (Alam *et al.,* 2016), debido a que se somete al alimento a energía térmica y mecánica por periodos de tiempo. Además, este proceso mejora la calidad nutricional, digestibilidad proteica, actividad antioxidante y reduce significativamente los antinutrientes (Choton *et al.*, 2020; García *et al*., 2019; Villasante *et al*., 2019).

En la avicultura, más del 70 % de los costos totales de producción lo representa el costo de alimentación, por lo tanto, es fundamental desarrollar nuevos insumos alimenticios que reemplacen a los productos tradicionales sin competir con la alimentación humana y que sean sostenibles en el tiempo; en este contexto, la pulpa de café que es un residuo en esta industria, posee un alto potencial alimenticio para aves de producción, bajo el enfoque de economía circular en la que un residuo de una industria puede generar un valor agregado en otro sistema de producción. Por lo tanto, es fundamental desarrollar sistemas más eficientes y sostenibles enfocados a la economía circular (Serna *et al.*, 2022), como por ejemplo la alimentación de animales de producción. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la harina extruida de pulpa de café (HEPC) como reemplazo del afrecho de trigo (AT) en la alimentación de pollos de engorde.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Producción avícola a nivel nacional

La avicultura es una de las actividades pecuarias de mayor crecimiento en el Perú aportando el 65 % del valor de la producción pecuaria, 24 % de la producción agropecuaria, el 77 % del total de producción pecuaria y el 2 % del Producto bruto interno (APA, 2024). Así mismo, el consumo per cápita alcanzó el 57.5 kg/hab/año, llegando a ser uno de los mayores consumidores de Latinoamérica (MIDAGRI, 2025). Las principales regiones productoras de pollo fueron Lima, La Libertad, Arequipa e Ica (MIDAGRI, 2021).

La Dirección de Estadística e Información Agraria (DEIA), parte de la Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), presenta el boletín mensual "Producción y Comercialización de Productos Avícolas" correspondiente a julio de 2024. Este informe revela que el sector avícola representó el 24,8% del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria, con un 21,1% correspondiente a aves y un 3,7% a huevos de gallina, consolidándose, así como la principal fuente de proteína animal a nivel nacional y regional (MIDAGRI, 2024).

En mayo de 2025, la producción pecuaria aumentó 3,3% respecto al mismo mes de 2024, impulsada principalmente por el crecimiento de 3,9% en la producción de carne de pollo, con mayores colocaciones en Lima, La Libertad y Arequipa. Entre enero y mayo de 2025, el subsector acumuló una expansión de 3,0%, también explicada por el alza en la producción avícola (3,6%). Cabe señalar que, tras una restricción en la oferta a inicios de 2024, lo que elevó las importaciones, la producción comenzó a recuperarse a partir de

abril. En julio de 2024, esta tendencia se consolidó con un crecimiento interanual de 2,8%, lo que garantizó un suministro suficiente para atender la demanda de los consumidores (MIDAGRI, 2024; MIDAGRI, 2025).

2.2 Producción de café a nivel nacional

El café es el principal cultivo de exportación en el Perú, según el Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2013). Esta actividad es conducida por aproximadamente 232,000 familias que manejan 440,440 hectáreas de este cultivo, lo que hace un equivalente a 304,000 toneladas anuales. Los cultivos se localizan en 17 regiones, 95 provincias y 450 distritos del país, de las cuales, solo siete (07) regiones (Junín, San Martín, Cajamarca, Cusco, Amazonas, Huánuco y Pasco) concentran el 91 % del total de productores y área cultivable (Andina, 2020).

2.3 Impacto ambiental ocasionado por los residuos agroindustriales del café

El sector agrícola al igual que el sector productivo son generadores de residuos tanto líquidos como sólidos (Wogderess, 2016). En el mundo los desperdicios provenientes de la producción de café son alrededor de millones de toneladas (Bouafou *et al.*, 2011). Entre los años 2016 y 2017 la producción de café llegó a un promedio de 9 millones de toneladas según lo reporta la Organización Internacional del Café (Batista *et al.*, 2016). Los residuos y subproductos del café tales como la pulpa de café, la cáscara, la piel plateada y otros, constituyen una fuente de alta contaminación y problemas ambientales (Desai *et al.*, 2020).

La pulpa de café es un subproducto que proviene del método húmedo en el proceso de descascarillado del café (Ramirez-Coronel *et al*., 2004), por cada dos toneladas de café comercial que se produce se obtiene una tonelada de pulpa de café (Blinová *et al.*, 2017). El líquido resultante de la pulpa de café es de característica ácida y con alto contenido de materia orgánica (Chanakya y De Alwis, 2004), los cuales son eliminados en cuerpos de agua, lo que conduce a reducir su contenido de oxígeno, puesto que la cantidad de oxígeno requerida para descomponer la materia orgánica es alta en las aguas residuales del café y por lo que la capacidad de autodepuración se reduce, volviéndose más contaminado.

(Desai *et al.*, 2020; Banti y Abraham, 2021).

Matuk *et al.* (1998) determinaron el impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café en la cual observaron que el mucílago proveniente de desmucilaginador mecánico y drenados de la pulpa mostraron una concentración efectiva media de 495 ppm para el alga *Chlorella vulgaris*, una CL50 (concentración letal media) de 390 ppm para el microcrustáceo *Daphnia pulex* y 290 ppm para el pez *Lebistes reticulatus* que lo demuestra que valores superiores pueden ser tóxicos en el ecosistema.

Adicionalmente los residuos de café son ricos en azúcar y pectinas (Chanakya y De Alwis, 2004) pero, por otro lado, el uso de ríos y acequias para descargar este subproducto trae consigo la contaminación de sus aguas con el consiguiente daño a la flora y fauna de los mismos (Funes *et al.*, 1986).

Es por eso, se ha buscado en los últimos años, diferentes métodos sobre el uso de la pulpa de café como materia prima en la producción de otros productos (Rodriguez y Zambrano, 2010; Suarez, 2012), tales como su reúso en la producción de hongos comestibles, para la producción de biogas o bioetanol, compost y para la conversión en briquetas para combustión (Blinová *et al.,* 2017). Se ha observado que la pulpa de café tiene un poder calorífico de 15.88 MJ/kg (Rodriguez y Zambrano*,* 2010; Suarez, 2012) y como biogás tienen un rendimiento de 25 L de biogás por 1 kg de pulpa de café (Rodriguez y Zambrano*,* 2010). Además, se ha reportado que su uso en cama de pollos y patos, tuvieron un efecto beneficioso en la reducción de incidencia de dermatitis plantar (Biesek *et al.*, 2023a; Biesek *et al.*, 2023b)

2.4 Características de la pulpa de café

La pulpa de café es la cáscara del café cerezo y es el principal subproducto del procesamiento del grano de café representando el 29 % del total del fruto (Yoplac *et al.*,2017). La pulpa de café está compuesta por piel, epidermis, exocarpio y mesocarpio (Torres *et al*., 2019); este producto contiene una alta concentración de antioxidantes en su estructura ya que contiene cafeína, polifenoles y taninos (Arpi *et al.*, 2021, Arellano *et al*., 2011). Por otro lado, el contenido de humedad en la pulpa de café oscila entre 76 a 80

%, de 80 a 89 % de materia orgánica, de 11 a 12 % de cenizas (Rodríguez, 2013), de 7.5 a 15 % de proteína cruda, de 2.0 a 7 % de grasa y entre 21 a 32 % de carbohidratos (Esquivel y Jimenez, 2012).

El pH de la pulpa de café es muy próximo a 5; sin embargo, este valor varía según la variedad y piso altitudinal donde se cultiva (Marcia *et al.*, 2020). Una acidificación excesiva del medio inhibe la producción de HCL por las células pilóricas, afectando a las bacterias lácticas (Amaguaña, 2012).

Respecto al contenido de minerales, comparada con la harina de trigo, se ha demostrado que posee mayor contenido de Ca, Na, K, Fe y Zn, puede ser utilizada en galletas dulces hasta un 20 % de sustitución mejorando el contenido de minerales y sin afectar significativamente el producto (Ponce *et al.*, 2018).

Algunas limitaciones de empleo de la pulpa de café en la alimentación animal son el alto contenido de agua, el riesgo de perecer y la presencia de factores antinutricionales (Desai *et al.*, 2020)

2.5 Principales componentes bioactivos de la pulpa de café

2.5.1 Cafeína

La cafeína presente en la pulpa de café representa el 0.85 % (Ferrer *et al.*, 1995), 0.86 % (Barcelos *et al.*, 1997) y 0.97 % (Ribeiro, 1998) y/o entre el 1 a 2 % del peso seco del café (Lin *et al.*, 2023); este compuesto es considerado un alcaloide de tipo purina metilada que en altas concentraciones puede causar un aumento en la actividad motora, generando un gasto de energía afectando la ganancia de peso y el incremento en el índice de conversión alimenticia en animales de producción (Noriega *et al*., 2008).

2.5.2 Polifenoles

La concentración de polifenoles en la pulpa de café se encuentra alrededor del 2.6 % y puede alterar la digestión de proteínas, ya que se liga para formar complejos no digestibles, además, pueden combinarse con enzimas digestivas y afectar de esta manera

su catabolismo. Los compuestos fenólicos totales y ácido clorogénico se encuentran entre el 2.12 a 2.37 g/100g de peso seco (Machado *et al.*, 2023; Lemos *et al.*, 2022; Roshan *et al*., 2018). Esta oxidación de compuestos fenólicos se combina con aminoácidos libres y proteínas para propiciar el típico color rojo sangre a marrón oscuro, conocidas como reacciones de pardeamiento enzimático (Noriega *et al.*, 2008), color típico de la pulpa de café fresca a partir de aproximadamente 2 horas de expuesto al medio ambiente después del despulpado.

2.6 Componentes antinutrientes de la pulpa de café

La cantidad de taninos presentes en la pulpa de café oscila entre 1.80 y 8.56 %, estos tienen la capacidad de ligarse a proteínas, disminuyendo de esta manera la disponibilidad biológica de la proteína consumida, a la vez pueden actuar como inhibidores enzimáticos uniéndose a enzimas y disminuyendo su actividad (Noriega *et al*., 2008).

Niveles elevados de pulpa de café (mayores al 30 %) en la dieta de animales de producción rumiantes y no rumiantes generan reacciones de toxicidad y consecuente muerte, debido a la presencia de cafeína, polifenoles y taninos (Braham y Bressani, 1978), por lo que se consideran antinutrientes (Mazzafera, 2002).

2.7 Uso de pulpa de café en la producción animal

La pulpa de café es un recurso rico en carbohidratos (31.23 %) y una fracción mínima de proteínas (10.2 %), lípidos (1.7 %) y 46.2 % de fibra dietéticas, de las cuales el 9.13 % soluble y 36.99 % insoluble (Machado *et al.*, 2023), siendo esta última importante porque promueve la regulación intestinal. Por otro lado, los subproductos del café debido al contenido de fibra se consideran alimentos funcionales ya que pueden ser metabolizados por bacterias probióticas (*Lactobacillus* y *Bifidobacterium*) produciendo metabolitos beneficiosos como ácidos grasos de cadena corta.

2.7.1 Ovinos

Furusho *et al.* (2000) evaluaron el uso de ensilaje de pasto elefante y pulpa de café. Donde evaluaron el crecimiento de corderos machos y hembras, el tratamiento control fue ensilado sin pulpa de café, pulpa de café natural sin urea y soya, y el tercer tratamiento pulpa de café tratada con 1 y 4 % de semilla de soya y urea respectivamente. Los resultados indicaron que cuando se utilizó el 15 % de pulpa de café, los corderos machos presentaron mayor desempeño.

Salinas *et al.* (2016), evaluaron la pulpa de café en dietas de ovejas reproductoras, sobre el estado oxidativo y fertilidad durante el estro. Los resultados evidenciaron que la inclusión de 25 % de pulpa de café en la dieta no modificó el inicio del estro, mientras que la capacidad antioxidante de las ovejas se evidenció mayormente cuando se suplementa con 250g de pulpa de café por kilogramo.

Hernández *et al.* (2018), concluyen que la inclusión de hasta un 28 % de pulpa de café en la dieta de corderos de engorde afecta los parámetros productivos. Sin embargo, provoca cambios significativos en el recuento diferencial de leucocitos. En tanto, la cantidad de neutrófilos disminuyó a medida que se incrementa la concentración de la pulpa de café en la dieta, ello sin afectar el estado de salud de los corderos de engorde.

Gutiérrez *et al*. (2019) al evaluar la inclusión de 10 % de pulpa de café en ovejas durante 16 días antes del servicio, mejoró el estado oxidativo sin ocasionar efectos adversos en el estro, prolificidad y gestación de las ovejas.

2.7.2 Aves

Bressani y González, (1978), utilizaron la pulpa de café tratada con metabisulfito de sodio en reemplazo del maíz en la dieta de pollos de engorde. El metabisulfito se utilizó para asegurar la disponibilidad biológica de la proteína ya que evita el pardeamiento de los vegetales y frutos, debido a la inhibición de la reacción de la enzima polifenol-oxidasa. Los resultados evidenciaron que a medida que aumentaba el nivel de inclusión de pulpa de café en la dieta, el peso vivo, consumo de alimento y eficiencia productiva

disminuyeron. Sin embargo, la mortalidad no se evidenció utilizando hasta el 30 % de inclusión.

Romero *et al.* (1995) utilizaron pulpa de café en tres presentaciones: pulpa de café ensilada sin aditivos; pulpa de café ensilada adicionando 5 % de melaza y pulpa de café ensilada adicionado con 5 % de melaza e inóculo de bacterias ácido-lácticas. Los niveles de inclusión para cada tipo de pulpa en la dieta de pollos de engorde fueron: 0, 5, 10 y 15 % distribuidos. Los resultados evidenciaron que cuando se le suministró el 15 % de pulpa en todos los casos tuvo mejores ganancias de peso y menor consumo. Sin embargo, desde el punto de vista de energía metabolizable, el mejor resultado se evidenció cuando solo se incluyó 5 % de melaza.

Acosta *et al.* (1997) al evaluar la pulpa de café ensilada en gallos HyLine de 32 semanas de edad, reportan que dosis superiores a 5 % de pulpa afectan la digestibilidad verdadera de la materia seca y energía metabólica del animal.

Donkoh *et al.* (1988), al evaluar la pulpa seca de café, demostraron que tiene un valor alimenticio bajo para pollos de engorde, debido a su alto contenido de fibra. No obstante, el estudio demostró que dosis de hasta 25g/kg de alimento no causa efecto adverso en el rendimiento productivo.

Binowo *et al.* (2019), al evaluar pollos de engorde con 20 % de fibra cruda proveniente de la pulpa de café, afrecho de arroz y cáscara de coco; evidenciaron un efecto significativo en el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia, obteniéndose un mejor resultado con la cáscara de coco, seguido del afrecho de arroz y harina de pulpa de café respectivamente.

Hosseini *et al.* (2023) al evaluar el efecto de diferentes niveles de café verde en la alimentación de pollos de engorde. Se suministró 6 dosis de café verde en polvo (dosis: 0 %; 0.3 %; 0.6 %; 0.9 %; 1.2 % y 1.5 %) en la dieta. Los resultados evidenciaron que en pollos alimentados con 0.3 y 0.5 %, se encontró una mayor ganancia de peso y consumo de alimento, respectivamente. La menor tasa de conversión alimenticia se evidenció en la dosis de 1.5 %. En tanto que la dosis de 0.9 % mostró un mayor peso relativo en pechuga,

muslo y bolsa de Fabricio. La dosis de 0.3 % tuvo un efecto positivo en el rendimiento productivo, mientras que la dosis de 1.5 % aumentó la tasa de conversión alimenticia y la ganancia de peso también disminuyó. Por lo tanto, se recomienda utilizar café en polvo a un nivel del 0.3 % en las dietas de los pollos de engorde.

2.7.3 Cuyes

Yoplac *et al.* (2017) al evaluar la pulpa de café incluida en la dieta de cuyes de engorde hembras (*Cavia porcellus L.*). Los resultados mostraron que la inclusión de pulpa de café en la dieta no tiene un efecto significativo sobre la ganancia de peso, la conversión alimenticia ni la calidad de la carne. Sin embargo, se observó un mejor rendimiento de la carcasa cuando la dieta incluía un 25 % de harina de pulpa de café, ya que esta reducción en el consumo de alimento contribuyó a un rendimiento más eficiente.

Quilcate (2019), al evaluar el efecto del tratamiento térmico y microbiológico de la pulpa de café (*Coffea arabica*) sobre la proteína, fibra cruda, digestibilidad in vitro, FDA, FDN, ceniza, extracto etéreo, humedad, materia seca, energía bruta, calcio y fósforo; para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). El autor no encontró diferencias estadísticas ($p>0.05$) en la composición nutricional de la pulpa de café entre los distintos tratamientos después de 60 días de fermentación.

Cumbicos (2021) evaluó el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de engorde, utilizando diferentes niveles de pulpa de café (*Coffea arabica*) en su alimentación. Los tratamientos aplicados incluyeron incorporaciones de harina de pulpa de café en proporciones de 0 % (T0), 10 % (T1), 20 % (T2) y 30 % (T3) en el balanceado, complementado con forraje a voluntad de pasto elefante (*Pennisetum purpureum Schumacher*). El estudio se llevó a cabo con cuyes machos de raza Perú mejorada del tipo II, con 78 días de edad al inicio. El periodo de desarrollo del experimento fue de 97 días. El autor no encontró diferencias estadísticas ($p>0.05$) en ninguna de las variables evaluadas (ganancia de peso semanal, porcentaje de mortalidad, rendimiento de la canal y peso final de los cuyes.), concluyendo que la incorporación de harina de pulpa de café no resulta productiva para los cuyes.

2.7.4 Porcinos

Braham y Bressani, (1978) al evaluar la pulpa de café deshidratada en la alimentación de porcinos, demostraron que la harina de pulpa de café tuvo mejores pesos al final del experimento, sin embargo, no fueron significativamente diferentes al tratamiento control (sin harina de pulpa de café). Los autores concluyeron que el ensilado es la mejor técnica para manejar y conservar este insumo.

Bautista *et al.* (1999), al evaluar 5 niveles (0, 5, 10, 15 y 20 %) de inclusión de melaza en el ensilado de pulpa de café y su posterior uso en la dieta de porcinos, mencionan que es posible utilizar pulpa de café ensilada con 20 % de melaza en la dieta de porcinos en etapa de crecimiento y hasta 15 % de melaza en etapa de acabado, sin ocasionar pérdidas en los parámetros productivos, en comparación con el alimento convencional.

2.7.5 Conejos

Bautista *et al.* (1999) al evaluar la harina de pulpa de café ensilada con melaza, en la alimentación de conejos en crecimiento y engorde; evidenciaron que, aunque los valores de ganancia de peso no supera a los reportados con alimento convencional; es posible utilizar hasta en 85 % de pulpa de café ensilada enriquecida con melaza.

2.7.6 Bovinos

Vargas *et al.* (1977) evaluaron la pulpa de café deshidratada en la alimentación de novillos Holstein. Los tratamientos fueron la sustitución de 20, 40 y 60 % de pulpa de café deshidratada reemplazando al alimento balanceado. Los resultados evidenciaron una menor ganancia de peso, consumo de materia seca, proteína y energía digestible, a medida que aumenta el nivel de reemplazo; en tanto, el 20 % de inclusión mostró 4.48 L/kg de peso vivo por día, mientras que, cuando se reemplazó el 60 %, los novillos excretaron 8.85 L/kg de peso vivo por día. Sin embargo, el consumo de elevadas cantidades de pulpa de café en terneros trae como consecuencia retardo en el crecimiento.

Braham y Bressani, (1978) afirman que el uso de pulpa de café en bovinos de engorde bajo crianza intensiva puede alcanzar entre el 20 a 30 % de la dieta sin alterar sus parámetros productivos, ya que presenta nutrientes totales y digeribles potencialmente

similares a los de un forraje tropical. Por su parte, Flórez y Rosales (2018), señalan que esta inclusión tanto en forma de ensilaje o deshidratada en vacas lecheras podría alcanzar entre el 20 al 40 % del alimento balanceado o del 10 al 20 % (Flores, 1976) de la ración base seca, sin afectar los parámetros de producción. Valores superiores a estos, disminuyen el consumo de materia seca, la ganancia de peso, afectando drásticamente el crecimiento y desarrollo de los animales. Una de las limitaciones del uso de pulpa de café como alimento para el ganado es la renuncia de los animales a consumirlos como principal alimento de la ración debido a su palatabilidad (Cabezas et al., 1978).

Pedraza *et al.* (2012) al evaluar 10, 15 y 20 % de pulpa de café en la dieta de vacas lecheras cruzadas (Holstein-Brown Swiss-Zebu) al pastoreo en pasturas tropicales. No se evidenciaron diferencias estadísticas en consumo de materia seca del pasto, producción y composición de la leche, peso vivo y condición corporal entre tratamientos. Sin embargo, el costo del concentrado se reduce hasta en 20 % cuando se incluye pulpa de café en la dieta.

Estrada *et al.* (2014) al evaluar 15 y 20 % de pulpa de café en la dieta de vacas lecheras a pastoreo en pasturas de pasto estrella. Los resultados evidenciaron que los tratamientos no afectaron el consumo del forraje y la cantidad de concentrado. Además, dicha inclusión no afectó el tiempo que las vacas dedicaban a las actividades de pastoreo, rumia y descanso. Por lo tanto, los autores concluyen que la pulpa de café es una buena alternativa para ser utilizado en la alimentación de vacas lecheras ya que reduce sustancialmente los costos de producción.

Pinto-Ruiz *et al.* (2017) al evaluar la sustitución del *Pennisetum purpureum* por pulpa de café en niveles de 25, 50, 75 y 100 %. Los resultados evidenciaron que niveles de reemplazo de 25 y 50 % tuvieron mejor preferencia y consumo debido al olor y palatabilidad, en comparación con los otros tratamientos. Los autores concluyeron que, al aumentar la dosis, sobre el 50 %, el alimento se vuelve menos palatable debido a un olor característico, producto de la fermentación.

Noguera y Posada, (2017) al evaluar el efecto del método de secado utilizando salitre y energía solar con la finalidad de favorecer extraer el agua con mayor facilidad,

alcanzando un equilibrio entre el contenido de sales de la pulpa fresca de café. Este método redujo el tiempo de secado y la energía necesaria para el secado de manera significativa, la humedad residual final fue 8.5 %, encontrándose mayor concentración de solutos en la pulpa de café, debido a que disminuyó la cantidad de agua, evitando la colonización de microorganismos ruminales.

2.7.7 Peces

En el estudio realizado por García y Bayne en 1974, se evaluaron diferentes tratamientos alimenticios en tilapias (*Tilapia aureus*). Los tratamientos analizados incluyeron: T1, tratamiento control (sin suplemento alimenticio), T2 alimentado con gallinaza y T3 alimentado con 30 % de pulpa de café, maíz molido, melaza de caña, harina de semilla de algodón, urea, harina de hueso y AT. Los resultados revelaron que el mayor aumento de peso se logró en el grupo alimentado con la mezcla que incluía pulpa de café. No se observaron signos de toxicidad en ninguno de los grupos evaluados, y el rendimiento total fue notablemente superior en el grupo alimentado con pulpa de café, alcanzando un valor de 5.17, en comparación con el grupo control que obtuvo un rendimiento de 3.37. Por otro lado, el rendimiento del grupo alimentado con gallinaza y el grupo control fue de 2.78 kg/ha/año y 3.37 kg/ha/año, respectivamente.

En un estudio llevado a cabo por Bautista *et al.* (2005), donde se evaluó el efecto de la inclusión de pulpa de café ensilada en la alimentación de Cachamay (*Colossoma* x *Piaractus*) en dos etapas de vida: alevines y peces (8 meses y 22 días de edad). Para ello, se implementaron cuatro dietas con diferentes niveles de pulpa de café, que consistieron en 0 %, 10 %, 15 % y 20 % de pulpa de café en la alimentación. Los resultados del estudio no revelaron diferencias significativas en la ganancia de peso en ambas etapas de vida de los peces. Sin embargo, se observó un hallazgo interesante: a medida que se aumentaba el nivel de pulpa de café en la dieta, el desarrollo de los peces parecía disminuir. Se postuló que la presencia de cafeína en el alimento podría estar relacionada con este efecto. Se concluye que la presencia de cafeína en el alimento genera que el desarrollo de los peces disminuye en la medida que se aumenta el nivel de pulpa de café en la dieta.

Ulloa y Verreth, (2002) al evaluar la pulpa de café enriquecida con *Bacillus* sp. en la alimentación de tilapia (*Oreochtomis aureus*). Se evaluaron 5 dietas con diferentes

porcentajes de reemplazo (0, 6, 12, 18 y 24 %) de harina de trigo por la pulpa tratada con bacterias. Los resultados evidenciaron que las dietas con 0 y 6 % de reemplazo generan coeficientes de digestibilidad de materia seca y proteína similares, en tanto, niveles superiores al 6 % produjeron valores bajos. Por lo tanto, los alevines pueden asimilar solo el 6 % de reemplazo de la harina de trigo en dietas convencionales, sin afectar su crecimiento y parámetros productivos.

Moreau *et al.* (2003) al evaluar las proteínas y energía de la pulpa de café fresca y ensilada en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). El estudio concluye que la inclusión de pulpa de café en la dieta perjudica sustancialmente el crecimiento y la utilización del alimento por los peces. Sin embargo, el proceso de ensilaje de la pulpa de café mejora la eficiencia de uso del alimento en comparación con la pulpa de café fresca.

Rasowo y Ochieng, (2005) evaluaron el uso de pulpa de café en la alimentación de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en dosis de 0, 15, 30 y 45 % de reemplazo al salvado de arroz, la pulpa de café estuvo en tres presentaciones: seca, en polvo y hervida. Los resultados evidenciaron que la pulpa de café hervida, con 30 % de reemplazo del salvado de arroz, tuvieron una mejor ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y tasa de crecimiento diario, siendo estadísticamente superiores a las que contenían pulpa de café crudo.

Bautista *et al.* (2005) al evaluar la pulpa de café ensilada con melaza y sin ella, sobre la respuesta productiva de alevines híbridos Cachamay; ambos ensilados se evaluaron en diferentes niveles de inclusión (10, 15 y 18 %) más un testigo. Los resultados evidenciaron que al utilizar el 18 % de pulpa ensilada con melaza tuvo mejor crecimiento (0.53 g/d) y mayor tamaño (0.68 mm/d).

Castillo *et al.* (2022) al evaluar la pulpa de café deshidratada en la alimentación de alevines de tilapia roja (*Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus*) bajo 4 tratamientos: 0, 10, 20 y 30 % de inclusión. Los resultados evidenciaron una mejor respuesta cuando se incluyó 0 y 10 % de harina de pulpa de café, con pesos de 11.24 y 11.46g respectivamente. Cuando se suministró 30 % de pulpa de café, se obtuvo el menor peso (8.9g) siendo estadísticamente diferente a los otros tratamientos. Sin embargo, se

puede incluir el 20 % de pulpa de café para alevines sin afectar los índices productivos del animal.

Revilla, (2023), al evaluar la inclusión parcial de la harina de pulpa de café y harina de cáscara de cacao como en dietas de alevinos de paco (*Piaractus brachypomus*), los tratamientos fueron: alimento comercial (T0), Dieta con inclusión de harina de pulpa de café (T1) y dieta con inclusión de harina de cáscara de cacao (T2). Los resultados evidenciaron que los tratamientos T1 y T2 tuvieron una respuesta positiva para la ganancia de longitud de alevines, ganancia de peso, ganancia de biomasa e índice de conversión alimenticia, eficiencia del alimento, tasa de crecimiento, en comparación con el alimento comercial.

2.7.8 Ratones

En un estudio de Yatalaththov *et al.* (2021) en ratones macho (*Mus musculus L.*), evaluaron el efecto antioxidante de la cáscara (corteza) de cereza de café (*Coffea arabica L.*) en el intestino delgado inducido por etanol al 10 % y encontraron que con 500 mg/kg de dieta se mejora la histopatología y morfología intestinal del intestino delgado.

2.8 La extrusión, como proceso para la alimentación animal

Para el aprovechamiento de los residuos del proceso del beneficio del café se utilizan procedimientos fisicoquímicos (Noriega *et al.*, 2008) con el fin de mejorar sus cualidades nutricionales y usarlos como alternativa en la alimentación animal, pudiendo sustituir a los insumos convencionales, sin efectos perjudiciales (Rathinavelu y Graziosi, 2005)

La extrusión es un proceso en el cual incluye presión de vapor, humedad del material alimenticio a extruir y temperatura de cocción durante periodos de tiempo cortos. La alta presión y temperatura generan cambios sustanciales en la forma, estructura y composición del alimento (Alam *et al.*, 2016), con costos bajos (Crawford y Cazaban, 2016); los cortos tiempos de cocción y presión al cual es sometido los alimentos, permite conservar muy bien el sabor y sus propiedades nutritivas, debido a que desnaturaliza las proteínas volviéndose más vulnerables a la acción enzimática (Moreno *et al.*, 2002). Esta técnica es muy aplicada en la producción de alimentos para humanos (Riaz y Aldrich, 2007; Tran

et al., 2008; Pastor *et al.,* 2011), animales acuáticos y mascotas (Dalbhagat *et al.*, 2019), mejora la calidad nutricional, la digestibilidad de las proteínas, actividad antioxidante y reducción de antinutrientes como lectinas, inhibidores enzimáticos (Milán et al., 2002; Choton et al., 2020), favorecen la solubilización de la fibra dietética (García et al., 2019; Villasante et al., 2019).

Vela (2018), al utilizar la extrusión para evaluar la pulpa de café (Coffea arabica var. Caturra roja), reportó un incremento hasta un 63 % en los compuestos fenólicos, disminución del ácido fítico e incremento de azúcares reductores, encargados de la ruptura de componentes fibrosos como la hemicelulosa y celulosa.

Estudios han demostrado que la extrusión de garbanzos para alimentar pollos de engorde, presentan ganancias de peso superiores al 7 % respecto al uso de garbanzos crudos (Brenes et al., 2008); por otro lado, Polonia (2019) al evaluar un alimento extruido para peces, demostró que los coeficientes de digestibilidad aparente, superior al 75 % en base seca, en comparación con el alimento no extruido (Polonia, 2019).

Llanes y Parisi (2021), al evaluar el reemplazo de alto porcentaje de harina de pescado por ensilados de subproductos pesqueros en dietas extrusadas para alevines de Clarias gariepinus. Las dietas utilizadas fueron 25 % de harina de pescado (control) y dos dietas convencionales con 10 % de base seca de ensilado de subproductos pesqueros (uno con 98 % ácido sulfúrico y otro con ácido fórmico). No se evidenciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos respecto a peso final y conversión alimenticia. Sin embargo, la eficiencia proteica con harina de pescado fue 2.34, respecto a 3.09 y 3.18 para ensilado de subproducto pesquero con ácido sulfúrico y ácido fórmico respectivamente.

2.9 La rentabilidad económica.

La rentabilidad se refiere a la capacidad de una empresa, negocio o emprendimiento de reportar productividad, ganancias y beneficios financieros cada año; en otras palabras, la rentabilidad se refiere a la capacidad de obtener beneficios económicos de un negocio en particular para obtener ganancias en lugar de simplemente mantener las operaciones.

Por tanto, la rentabilidad expresa la relación que existe entre la inversión financiera y los ingresos. El segundo significado de rentabilidad se refiere a la ganancia obtenida por los intereses generados, que pueden ser de renta fija o de renta variable (Mená, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución y periodo de duración

La pulpa de café se recolectó entre los meses de mayo y agosto del año 2022, en una finca cafetera representativa del distrito de Perené, provincia de Chanchamayo, región Junín (coordenadas: 10°43′29″S, 75°04′43″W), ubicada en la selva central del Perú.

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Producción Avícola y de Especies Menores (LPAYEM), lo mismo que la elaboración de las dietas. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal (LBNAA) de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Las pruebas biológicas se llevaron a cabo en los galpones experimentales del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), ubicado en la provincia de Huaral, región Lima, Perú (coordenadas geográficas: 12°02′36″S, 77°01′42″W). El periodo experimental tuvo una duración de 6 días, correspondiendo a la etapa de acabado de los pollos de engorde.

3.2 Preparación de la materia prima y dieta

3.2.1 Obtención del insumo alimenticio

La materia prima fue obtenida inmediatamente después del proceso de despulpado húmedo y posteriormente trasladada a secadores solares, donde se redujo su contenido de humedad hasta alcanzar aproximadamente 25 °C (Figura 1).



Figura 1. Deshidratación de pulpa de café en secadores solares.

Una vez obtenida la pulpa de café a 25°C, se procedió a empacar en bolsas de polietileno transparente, posteriormente se empaquetó en una bolsa negra de polipropileno para asegurar que no capture humedad y se transportó para su procesamiento.

3.2.2 Elaboración de la harina extruida de pulpa de café (HEPC)

Se procedió a secar de manera uniforme el producto previa eliminación de impurezas (hojas, tallos, flores, ramas, cáscara de grano pergamino, granos de café), para ello se utilizó una secadora rotativa (Marca GalixTech®) a 85°C por 15 minutos, hasta llevar el producto a 14 % de humedad, posteriormente, el producto fue molido hasta convertirse en harina, para ello se utilizó un molino de martillos (Marca: GalixTech®) mediante una criba de 3 milímetros.

Una vez obtenida la harina, se procedió a llevar a 45 % de humedad con la ayuda de una mezcladora horizontal de 80 kg de capacidad y agua potable. Posteriormente, el producto humedecido pasó al proceso de extrusión en una extrusora doble tornillo (Marca: GalixTech®) con los siguientes parámetros: 110 y 131°C como temperatura de entrada y salida respectivamente, con una velocidad de alimentación de 315g/min, y 500 psi de presión. Finalmente, el producto extruido fue molido nuevamente para convertirla

en harina y mezclar con los insumos alimenticios de pollos de engorde (Figura 2).

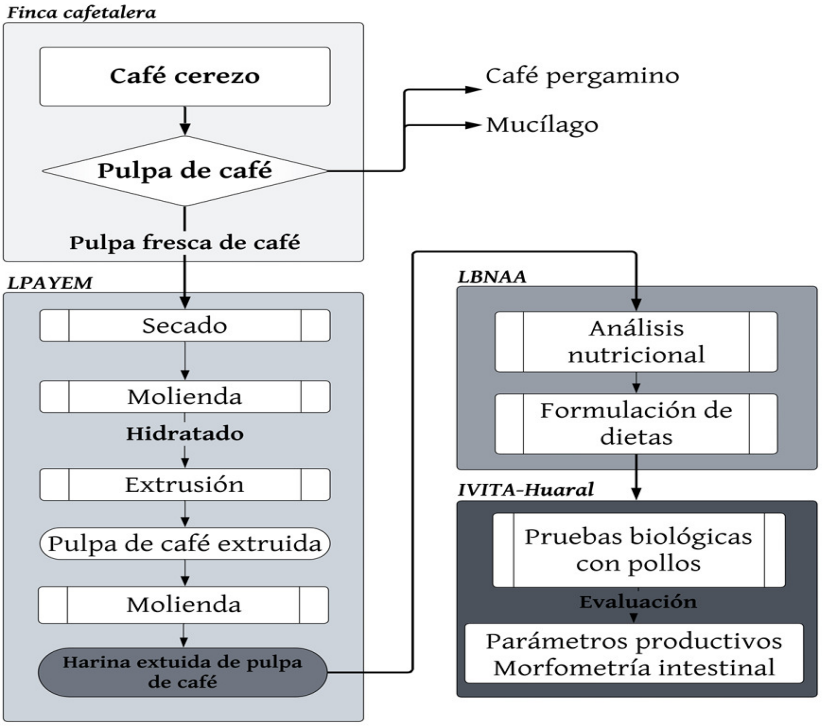

Figura 2. Flujo de trabajo del experimento

La figura 3, evidencia el proceso productivo de la elaboración de harina extruida de pulpa de café.



Figura 3. Identificación de las diferentes presentaciones del insumo alimenticio: a) pulpa café fresca, b) pulpa de café deshidratada, c) pulpa de café extruida, d) harina extruida de pulpa de café (HEPC).

3.2.3 Formulación de dietas experimentales

Previo a la formulación de dietas y preparación de alimento, se determinó el contenido de proteína cruda (AOAC 2011.11) y fibra cruda (AOAC 962.09) a la HEPC.

Posteriormente se procedió a realizar la formulación de dietas (Cuadro 1) utilizando el software de formulación Dapp Nutrition®, donde se reemplazó al AT por HEPC en 5 niveles (0, 25, 50, 75 y 100 %). Las dietas fueron isoproteicas e isocalóricas y valor nutricional sobre una base de maíz y soya de acuerdo con los requerimientos nutricionales de las aves en etapa de acabado según la tabla de la línea Cobb 500 del año 2022 (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Dietas alimenticias para pollos de engorde en etapa de acabado, incluyendo cinco niveles de harina extruida de pulpa de café

Ingrediente (%)	**Harina extruida de pulpa de café (Niveles de reemplazo %)**				
	T1:0	**T2:25**	**T3:50**	**T4:75**	**T5:100**
Maíz molido	56.62	55.31	54.01	52.70	51.40
Torta de soya	23.24	22.30	21.36	20.41	19.47
Harina integral de soya	6.69	8.71	10.73	12.75	14.77
Harina extruida de pulpa de café	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00
Afrecho de trigo	6.00	4.50	3.00	1.50	0.00
Aceite de soya	4.21	4.44	4.66	4.90	5.14
Fosfato diamónico	1.25	1.27	1.28	1.29	1.30
Carbonato de calcio	0.79	0.76	0.75	0.75	0.71
Sal	0.29	0.30	0.30	0.30	0.30
DL Metionina	0.24	0.25	0.25	0.25	0.26
HCL Lisina	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16
Premezcla	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Bicarbonato de sodio	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cloruro de colina	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Secuestrante de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L Treonina	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Para cada dieta, se presentan los valores nutricionales estimados por el software de formulación Dapp Nutrition® (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor nutricional de las dietas utilizadas.

Nutriente	Unidad	Harina extruida de pulpa de café (Niveles de reemplazo %)				
		T1:0	**T2:25**	**T3:50**	**T4:75**	**T5:100**
Energía metabolizable	KJ	12,866	12,866	12,866	12,866	12,866
Proteína cruda	%	18.68	18.85	19.02	19.18	19.35
Fibra cruda	%	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Calcio	%	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Fósforo disponible	%	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Calcio/fósforo		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Sodio	%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Cloro	%	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26
Balance electrolítico	mEq/K	-5.80	-5.30	-4.90	-4.40	-4.00
Lisina digestible	%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Metionina digestible	%	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52
Met. + cist. digestible	%	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Treonina digestible	%	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Triptófano digestible	%	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Arginina digestible	%	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Valina digestible	%	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Ácido linoleico	%	4.28	4.54	4.80	5.07	5.33
Colina	ppm	520.74	520.74	520.74	520.74	520.74
Fósforo fítico	%	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23

Tras la formulación, se prepararon las dietas alimenticias para cada tratamiento utilizando una mezcladora horizontal con capacidad de 80 kg/mezcla, el proceso de mezclado duró cinco minutos, lo que permitió obtener las diferentes dietas para cada tratamiento.

3.3 Diseño experimental u observacional

En la investigación, se buscó establecer una relación causa - efecto de los diferentes porcentajes del uso de la harina extruida de pulpa de café en la dieta de pollos de engorde con relación a los rendimientos productivos y a la rentabilidad económica a través de la manipulación de las variables, por lo que se midieron y compararon los valores promedios de las variables respuesta entre los tratamientos.

La crianza duró 41 días, donde: 0-21 días (etapa inicio), 22 a 35 días (etapa de crecimiento), 36 a 41 días (etapa de acabado). Las dietas (T1, T2, T3, T4 y T5) fueron administradas en la etapa de acabado, según los requerimientos de la línea genética (Tabla Cobb 500, 2022), el agua se suministró *Ad libitum*.

Los tratamientos fueron:

- **Tratamiento 1:** Ración sin HEPC (testigo) y con 100 % de afrecho de trigo (AT).
- **Tratamiento 2:** Ración con 25 % de HEPC y 75 % de AT.
- **Tratamiento 3:** Ración con 50 % de HEPC y 50 % de AT.
- **Tratamiento 4:** Ración con 75 % de HEPC y 25 % de AT.
- **Tratamiento 5:** Ración con 100 % de HEPC y sin AT.

El diseño utilizado fue un completamente aleatorio cuyo modelo aditivo lineal fue:

$Y_{ij} = u + t_i + e_{ij}$

donde:

Y_{ij}: variable respuesta (consumo, ganancia de peso, ICA y morfometría intestinal)

u: media poblacional

t_i: Efecto del i-ésimo tratamiento (dosis de inclusión)

e_{ij}: Efecto del error experimental

3.3.1 Pruebas biológicas con pollos de engorde

En el estudio se utilizó un total de 300 pollos de engorde machos de la línea Cobb 500 Broiler 2022 (Cobb, 2022), provenientes de la empresa Genética Avícola SAC. Los animales fueron recibidos con vacunación de planta contra las enfermedades de Marek y Newcastle. Adicionalmente, se les administraron vacunas contra Bronquitis Infecciosa y Gumboro los días 7 y 14 de producción, y se aplicó una segunda dosis contra Newcastle el día 10. Para el desarrollo del experimento, se dispusieron 30 corrales, conformando 6 unidades experimentales por cada uno de los 5 tratamientos evaluados, con 10 aves por corral, totalizando así los 300 animales. De esta manera, cada tratamiento incluyó 60 pollos, lo cual superó el tamaño mínimo requerido y permitió asegurar un diseño experimental sólido, replicable y con validez estadística.

Con referencia al proceso de producción experimental, los pollos de un día de nacidos fueron recepcionados en el galpón experimental abierto con microclima previamente acondicionado con 32°C y se bajó dos grados centígrados por semana hasta llegar a la semana 6 de edad, la medición se realizó con un termómetro ambiental y un higrómetro digital dentro del galpón para tener control de la temperatura y humedad, mediante el

manejo de cortinas.

En relación con el manejo de la luz, durante la crianza, se aplicaron 23 horas de iluminación y 1 hora de oscuridad durante los primero 7 días y luego se proporcionó 18 horas de luz y 6 horas de oscuridad hasta el final del experimento. Tuvo libre disponibilidad de agua vitaminada durante toda la crianza.

Durante los 41 días de duración de la crianza, se efectuó un monitoreo diario del estado general de los animales, incluyendo el consumo de agua y alimento, temperatura y humedad del ambiente, presencia de signos clínicos patológicos y tasa de mortalidad. Las prácticas de limpieza y desinfección del galpón y sus implementos se realizaron mediante aspersión de soluciones desinfectantes, utilizando formalina (15 ml/L), amonio cuaternario al 11 % (15 ml/L) y yodo (3 ml/L), todos disueltos en agua.

Los recursos utilizados para el manejo de los animales incluyeron: alimento balanceado por etapa, 30 comederos plásticos de piso, 30 comederos tipo tolva, 30 bebederos automáticos, 30 cercos Nordex, 100 sacos de viruta, dos balones de gas de 45 kg, un termohigrómetro digital, una mochila fumigadora, así como materiales de registro (hojas bond, porta registros y lapiceros).

El ensayo se desarrolló en un galpón de tipo abierto, con techo a dos aguas y piso de cemento pulido con una inclinación del 5 % para facilitar el drenaje. Los corrales experimentales fueron construidos con Slats de malla plástica y tubos de PVC (3/4"), con dimensiones de 1.0 m × 1.2 m y 0.5 m de altura. Como material de cama se utilizó cascarilla de arroz, proporcionando un adecuado confort para las aves (Figura 4).



Figura 4. Crianza experimental de pollos de engorde, alimentados con 5 niveles de inclusión de harina extruida de pulpa de café

3.3.2 Variables de estudio

3.3.2.1 Consumo de alimento

El consumo de alimento se determinó mediante el pesaje diario de la cantidad de alimento suministrado durante la etapa de acabado (días 36 al 41) a cada corral o unidad experimental (conformada por 10 aves), el registro se realizó para cada corral o unidad experimental. Al finalizar la etapa experimental (etapa de acabado), se restó la cantidad total de alimento residual de la cantidad de alimento suministrado. La diferencia resultante permitió calcular el consumo de alimento por unidad experimental.

3.3.2.2 Ganancia de peso

La ganancia de peso se calculó como la diferencia entre el peso al final (día 41) menos el peso al inicio del experimento (día 36) período que corresponde a la etapa de acabado. El peso vivo se registró antes del suministro de alimentos cada día, permitiendo así obtener la ganancia de peso por unidad experimental.

Ganancia de peso (g) = peso final, g (día 41) - peso inicial, g (día 36)

3.3.2.3 Índice de conversión alimenticia (ICA)

La conversión alimenticia se calculó en base a la ganancia de peso promedio de cada unidad experimental (corral) y su consumo de alimento entre el día 36 y 41:

ICA = Consumo de alimento (kg) / Ganancia peso (kg).

La evaluación a nivel de corrales refleja mejor las condiciones reales de producción avícola, ya que las decisiones de manejo se toman a nivel de grupo. Esto simula de manera más representativa las dinámicas de consumo y ganancia de peso, aumentando la relevancia práctica de los resultados.

3.3.2.4 Morfometría intestinal (µm)

Al finalizar el periodo de crianza, a los 41 días de edad, se seleccionaron aleatoriamente cinco aves por tratamiento. Estas fueron sacrificadas y se extrajeron muestras de tres segmentos del intestino delgado: duodeno (desde la molleja hasta la desembocadura de los ductos biliares y pancreáticos), yeyuno (desde los ductos biliares y pancreáticos hasta el divertículo de Meckel) e íleon (desde el divertículo de Meckel hasta la unión ileocecal). Se recolectaron secciones de aproximadamente 1 centímetro de longitud de la porción media de cada segmento intestinal, las cuales fueron abiertas longitudinalmente a lo largo de la inserción antimesentérica, de acuerdo con los procedimientos descritos por De Verdal *et al.* (2010) y Novotný *et al.* (2023). Las muestras se colocaron en una solución de formalina bufferada neutral al 10 %, en frascos de boca ancha debidamente rotulados, durante 24 horas, siguiendo la metodología propuesta por Wu *et al.* (2016).

Las muestras fueron sometidas a cortes histológicos y aplicación de tinción de hematoxilina - eosina. Por cada corte histológico se seleccionaron de 8 a 10 campos con un aumento de 40x para medir la totalidad de vellosidades. Las mediciones fueron registradas y evaluadas mediante el procesamiento de imágenes digitales computarizadas, utilizando un microscopio Leica® DM1000 con una cámara ICC50W conectada a un computador, con el programa LAS EZ SOFTWARE versión 3.4. Cada vellosidad evaluada estuvo en estado íntegro (con epitelio continuo, completas, y observada

íntegramente dentro del campo) para ser aceptada y la medición se realizó en µm y para las mediciones morfométricas se usó el protocolo de Gava (2012) las cuales incluyen los siguientes indicadores:

Altura de la vellosidad (LV)

Para la medición de la LV en las vellosidades intestinales del duodeno (Figura 5), yeyuno (Figura 6) e íleon (Figura 7), se identificó inicialmente la base de cada vellosidad. Desde el punto medio de esta base, se trazó una línea recta hasta el ápice, lo que permitió determinar con precisión su longitud.

Ancho de vellosidad intestinal (AV)

La medición del AV en el duodeno, yeyuno e íleon (Figuras 5, 6 y 7), se llevó a cabo en la porción media de cada vellosidad, midiendo de un extremo lateral al otro (Canto, 2019).

Profundidad de la cripta de Lieberkühn (PC)

La PC se midió en criptas ubicadas entre vellosidades del duodeno, yeyuno e íleon (Figuras 5, 6 y 7), trazando una línea desde su abertura hasta la zona basal de la misma.

Relación Altura de vellosidad y profundidad de cripta (RLP)

Se determinó dividiendo la altura de la vellosidad sobre la profundidad de la cripta (Canto, 2019).

Relación L/P = Altura de vellosidad intestinal/Profundidad de cripta

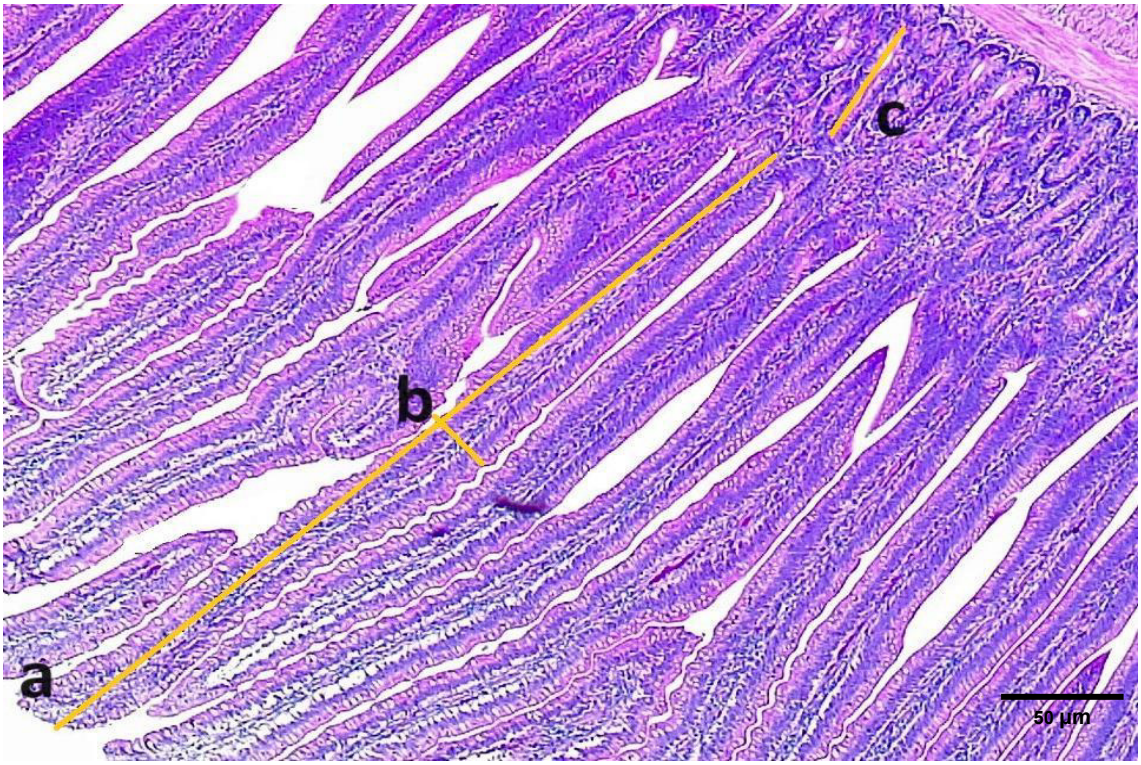

Figura 5. Morfometría de las vellosidades intestinales en el duodeno de pollos de engorde Cobb 500 machos a 40x con tinción H-E. a) longitud de vellosidad, b) ancho de vellosidad, c) profundidad de cripta.

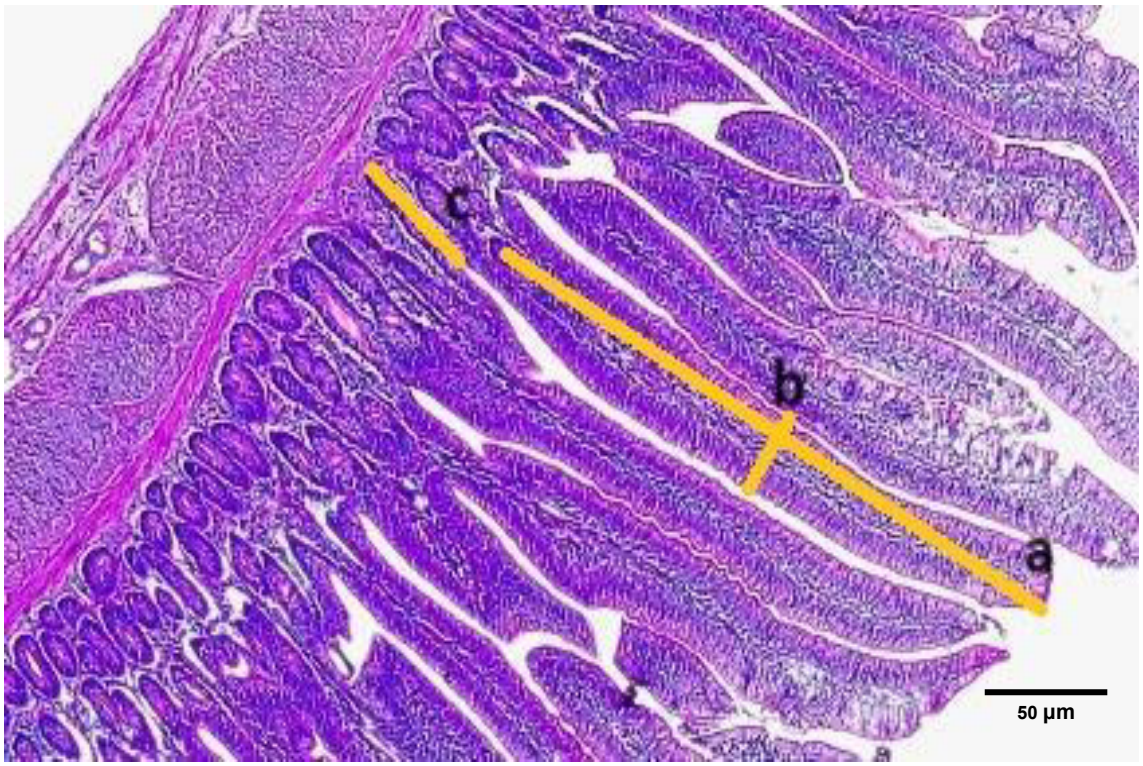

Figura 6. Morfometría de las vellosidades intestinales en el yeyuno de pollos de engorde Cobb 500 machos a 40x con tinción H-E. a) longitud de vellosidad, b) ancho de vellosidad, c) profundidad de cripta.

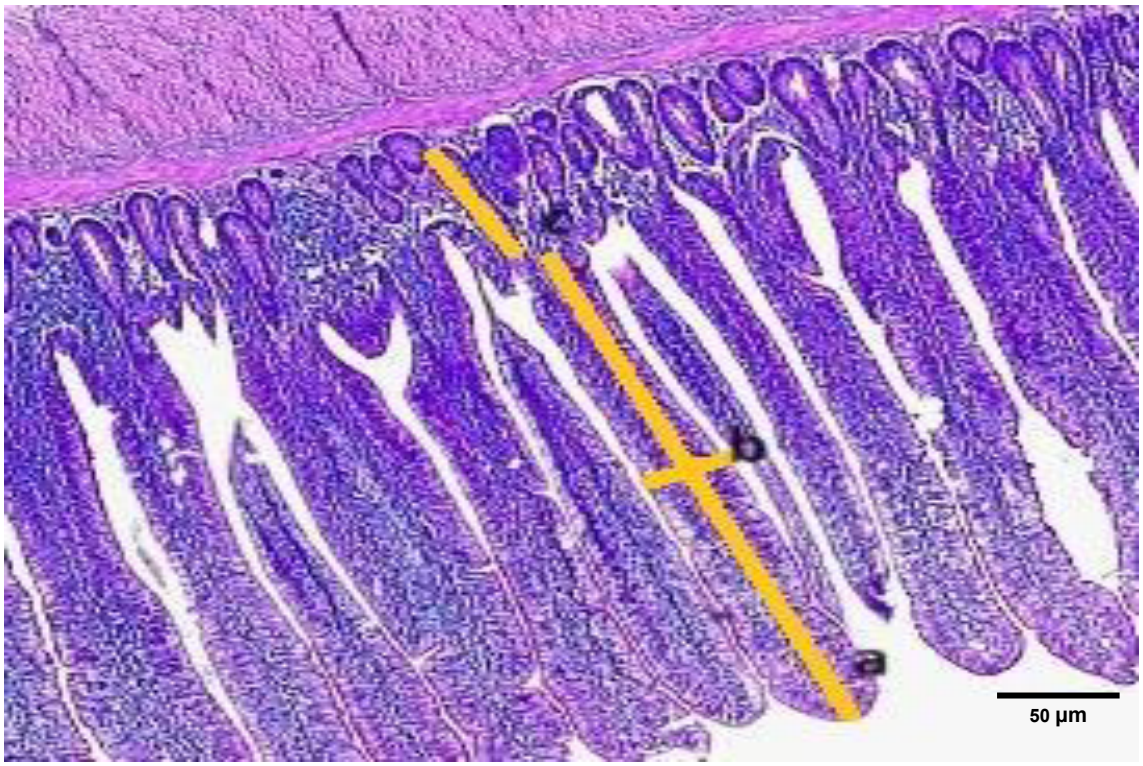

Figura 7. Morfometría de las vellosidades intestinales en el íleon de pollos de engorde Cobb 500 machos a 40x con tinción H-E. a) longitud de vellosidad, b) ancho de vellosidad, c) profundidad de cripta.

3.3.2.5 Rentabilidad económica

La rentabilidad económica se realizó siguiendo la metodología de presupuesto parcial, según Toledo *et al.* (2015) y Toledo, (2020), en la cual incluye los siguientes indicadores: consumo de alimento (kg), precio de alimento (S/. por kg), costo de alimentación (S/.), ganancia de peso (kg), precio de venta S/. por kg de pollo, ingreso bruto (S/.), ingreso neto (S/.), rentabilidad (%) y la variación de rentabilidad respecto al tratamiento control.

3.4 Análisis de la información

Los datos obtenidos de las diversas variables durante todo el proceso experimental se registraron en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel. Se evaluó la normalidad de los datos utilizando la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Se procedió a realizar un análisis de varianza bajo un diseño completamente aleatorio, con un nivel de confianza del 95%, para determinar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

Los niveles crecientes de inclusión se evaluaron mediante regresiones cuadráticas y lineales para las variables de ganancia de peso y consumo de alimento, luego fueron maximizadas empleando sus respectivas funciones de derivadas. Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico R v. 4.02 (R Core Team, 2021), con las librerías *agricolae*, *ggplot2* y *lm*.

3.5 Consideraciones éticas

Todos los procedimientos del estudio experimental se realizaron respetando las cinco libertades establecidas en las normas internacionales de la OIE y en base al Reglamento del Sistema Sanitario Avícola (2020) con el fin de evitar acciones que vayan en contra del buen estado de salud de las aves. En ese sentido, se contó con la aprobación del "Comité de Ética y de Bienestar Animal" de la FMV - UNMSM, mediante la constancia de Autorización Ética Nº 2021-27.

IV. RESULTADOS

4.1 Consumo de alimento (g), ganancia de peso (g) e ICA

El consumo de alimento osciló entre 1,150.75 y 1,320.25 g/ave en el tratamiento 5 y 1 respectivamente, siendo diferentes ($p<0.01$) estadísticamente. Sin embargo, los tratamientos T2 y T3 no evidenciaron diferencias estadísticas ($p<0.05$) respecto al control (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros productivos de pollos de engorde de 36 a 41 días de edad alimentados con dietas que incorporan cinco niveles de HEPC como sustituto de un porcentaje de la AT en la fase final.

Parámetro	Pulpa extruida de café (% de reemplazo)					ANOVA Sig.
	0	25	50	75	100	
Peso a 36 días (g/ave)	2227.13^{a}	2194.97^{a}	2212.47^{a}	2205.80^{a}	2237.47^{a}	ns
Consumo (g/ave)	1320.25^{a}	1319.70^{a}	1290.40^{a}	1208.84^{b}	1150.76^{c}	***
Ganancia de peso (g)	809.80^{ab}	834.61^{a}	784.26^{ab}	761.13^{b}	662.15^{c}	***
ICA	1.64^{ab}	1.58^{b}	1.65^{ab}	1.59^{b}	1.75^{a}	ns

Diferentes letras en superíndice (a, b, c) seguidas indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

En cuanto a la ganancia de peso, el tratamiento 2 (T2) mostró el mayor valor con 834.61 g. No obstante, este resultado no presentó diferencias estadísticas significativas en comparación con el tratamiento control y el tratamiento 3 (T3). A partir del T3, se observa una disminución considerable en la ganancia de peso a medida que aumenta el nivel de inclusión de HEPC (ver Cuadro 3).

Respecto al ICA, el mejor resultado se evidenció en el T2 (1.58), sin embargo, fue estadísticamente similar al tratamiento control (Cuadro 3).

4.2 Morfometría intestinal (µm)

La evaluación histológica del duodeno en pollos de engorde correspondientes a los cinco tratamientos experimentales, reveló una arquitectura tisular conservada. No se observaron alteraciones morfológicas significativas en el epitelio superficial, manteniéndose la integridad estructural de las vellosidades y criptas. Asimismo, no se detectó la presencia de parásitos del género Eimeria, lo cual indica la ausencia de infección coccidiana en esta sección del intestino delgado (Figura 8).

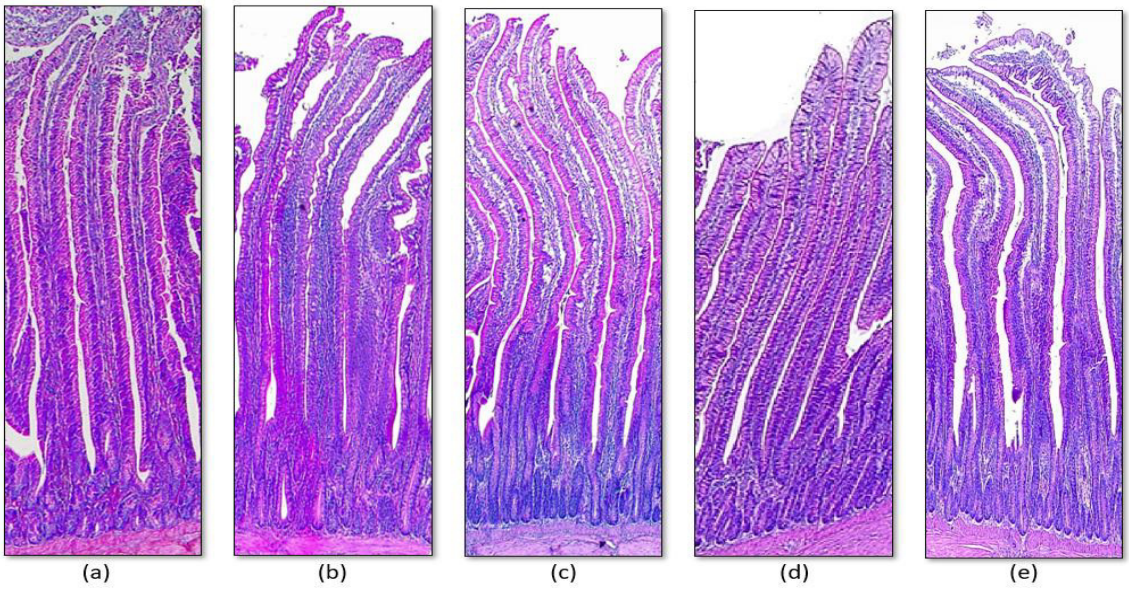

Figura 8. Sección microscópica de los segmentos del duodeno de los pollos de engorde de los diferentes tratamientos. a) T1; b) T2; c) T3; d) T4; e) T5.

En el yeyuno, las secciones histológicas mostraron una organización tisular similar a la observada en el duodeno. Las muestras presentaron epitelio superficial continuo, vellosidades bien definidas y sin signos de degeneración o infiltración inflamatoria. Tampoco se evidenció la presencia de *Eimeria* sp., lo que confirma la ausencia de lesiones infecciosas en esta región intestinal de los grupos evaluados (Figura 9).

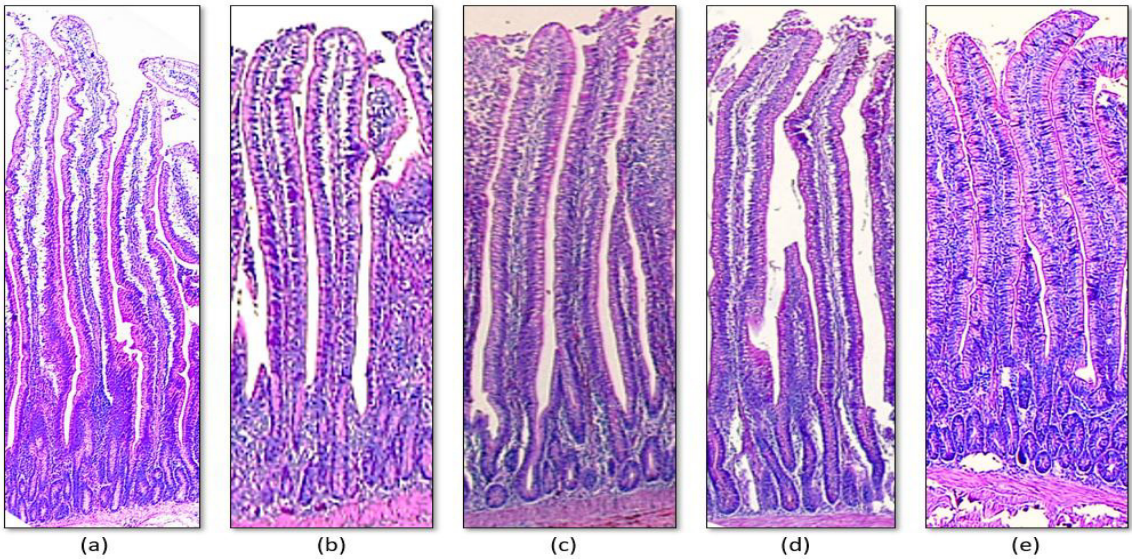

Figura 9. Sección microscópica de los segmentos del yeyuno de los pollos de engorde de los diferentes tratamientos. a) T1; b) T2; c) T3; d) T4; e) T5.

Por último, en el íleon se observó una morfología intestinal normal, con epitelio íntegro, sin signos de necrosis o alteraciones estructurales. La ausencia de *Eimeria* sp. fue consistente con los hallazgos observados en los otros segmentos del intestino delgado, lo cual sugiere que ninguno de los tratamientos comprometió la integridad histológica ni propició la presencia de infecciones parasitarias (Figura 10).

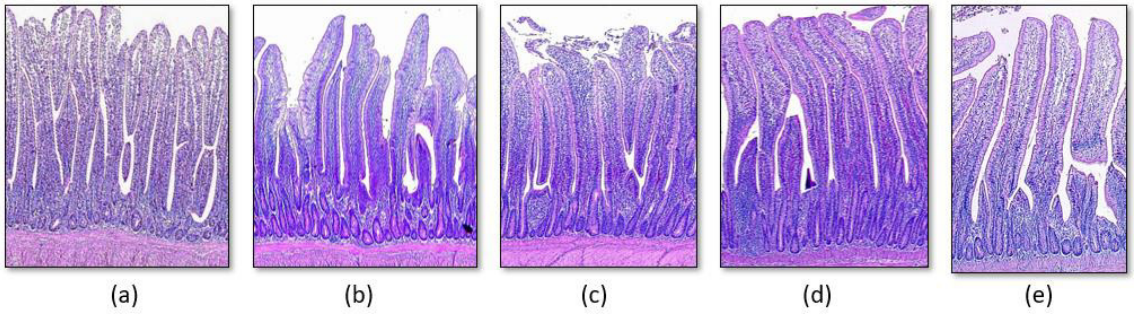

Figura 10. Sección microscópica de los segmentos del íleon de los pollos de engorde de los diferentes tratamientos. a) T1; b) T2; c) T3; d) T4; e) T5.

En el experimento realizado (Cuadro 4), no se mostró diferencia estadística entre la longitud media de las vellosidades (LV) del duodeno y el íleon ($p>0.05$), pero a nivel yeyunal, el LV máximo (1,415.64 µm) se observó en el tratamiento 3 con 50 % de reemplazo de AT por HEPC, fue estadísticamente significativo sólo cuando se reemplazó 100 % AT ($p<0.05$).

El ancho de las vellosidades (AV) duodenales mostró una diferencia estadística

($p<0.05$) utilizando 100 % HEPC en comparación con el grupo control (ver Cuadro 4). Sin embargo, en yeyuno e íleon no hubo diferencia estadísticamente significativa entre sus medias ($p>0.05$).

La profundidad de las criptas (PC) en duodeno, yeyuno e íleon mostró diferencias estadísticas ($p<0.05$) mostrando una menor profundidad de las criptas en el tratamiento de control (0 % HEPC) seguido del tratamiento con HEPC en lugar de 25 % de afrecho de trigo (ver Cuadro 4).

De las tres secciones intestinales evaluadas, la relación de longitud y profundidad de las criptas (RLP) fue mayor en el tratamiento sin HEPC y estadísticamente diferente de los demás tratamientos en yeyuno e íleon ($p<0.05$); sin embargo, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre T1 (9.41 μm) y T2 (8.17 μm) a nivel duodenal (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Mediciones morfométricas (en μm) de los segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno, e íleon) en pollos de engorde a los 41 días de edad que fueron alimentados con dietas que incorporan cinco niveles de HEPC como sustituto de un porcentaje de la AT en la fase final (36 a 41 días).

Parámetro	Pulpa extruida de café (% de reemplazo)					ANOVA
(μm)	0	25	50	75	100	Sig.
	Duodeno					
LV	1591.88^{a}	1544.83^{a}	1437.01^{a}	1530.84^{a}	1538.54^{a}	n.s.
AV	137.30^{b}	136.22^{b}	124.35^{b}	136.92^{b}	172.18^{a}	*
PC	173.77^{c}	193.95^{bc}	197.89^{bc}	234.59^{a}	227.18^{ab}	***
RLP	9.41^{a}	8.17^{ab}	7.25^{b}	6.68^{b}	6.84^{b}	***
	Yeyuno					
LV	1380.64^{a}	1321.42^{ab}	1415.64^{a}	1264.97^{ab}	1191.04^{b}	*
AV	133.75^{a}	161.79^{a}	175.62^{a}	145.88^{a}	132.30^{a}	n.s.
PC	158.38^{b}	199.51^{a}	199.13^{a}	218.34^{a}	197.09^{a}	*
RLP	8.79^{a}	6.85^{b}	7.17^{b}	5.90^{b}	6.07^{b}	***
	Íleon					
LV	952.67^{a}	869.71^{a}	932.79^{a}	916.65^{a}	895.83^{a}	n.s.
AV	146.77^{a}	149.57^{a}	142.25^{a}	130.73^{a}	158.88^{a}	n.s.
PC	144.21^{c}	185.02^{b}	186.69^{b}	228.56^{a}	212.09^{ab}	***
RLP	6.89^{a}	4.94^{b}	5.06^{b}	4.19^{b}	4.24^{b}	**

Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticas ($p<0.05$). LV: longitud de las vellosidades, AV: ancho de las vellosidades, PC: cripta profundidad, L/P: relación longitud de las vellosidades/profundidad de las criptas.

4.3 Análisis Comparativo de Rentabilidad

En el experimento realizado, la rentabilidad económica de la dieta T2 (inclusión de 25 % HEPC por AT) fue de un 4 % mayor que la dieta T1 (dieta control), con un costo estimado de S/. 0.82 por kilo de harina de pulpa de café extruida.

- **Estimación de Costo para 1 Kilo de Harina de Pulpa de Café:**

Materia Prima (Pulpa de Café Fresca):
Costo de adquisición de la pulpa de café fresca: S/. 0.00 por kilo.

Procesamiento
Costos de procesamiento (molienda y secado): S/. 0.30 por kilo.

Mano de Obra
Costos de mano de obra para recolección y procesamiento: S/. 0.10 por kilo.

Energía y Combustible
Costos de energía y combustible: S/. 0.05 por kilo.

Almacenamiento
Costos de almacenamiento a corto plazo: S/. 0.05 por kilo.

Envases y Etiquetas (Opcional)
Costos de envases y etiquetas (si es necesario): S/. 0.10 por kilo.

Costos Operativos
Mantenimiento de maquinaria y equipos: S/. 0.03 por kilo.
Costos administrativos y gastos generales: S/. 0.04 por kilo.

- **Costo Total Estimado de 1 Kilo de Harina de Pulpa de Café:**

Costo de Materia Prima + Costos de Procesamiento + Costos de Mano de Obra + Costos de Energía + Costos de Almacenamiento + Costos de Envases y Etiquetas (si aplicable) + Costos Operativos

= S/. 0.00 + S/. 0.30 + S/. 0.10 + S/. 0.05 + S/. 0.05 + S/. 0.10 (opcional) + S/. 0.03 + S/. 0.04 = S/. 0.67 por kilo

- **Estimación de Costo para 1 Kilo de Harina Extruida de Pulpa de Café:**

Procesamiento de Extrusión:

Costos de maquinaria y equipos de extrusión: S/. 0.00 por kilo.

Costos de energía y combustible para el proceso de extrusión: S/. 0.08 por kilo. Mano de obra asociada con el proceso de extrusión: S/. 0.12 por kilo.

Almacenamiento y Empaque:

Costos de almacenamiento a corto plazo (si es necesario): S/. 0.05 por kilo.

Costos de envases y etiquetas (si se venden envasadas y etiquetadas): S/. 0.10 por kilo.

Costo Total Estimado de 1 Kilo de Harina Extruida de Pulpa de Café:

Costo de Materia Prima + Costos de Procesamiento + Costos de Mano de Obra + Costos de Procesamiento (Extrusión) + Costos de Mano de Obra (Extrusión) + Costos de Energía (Extrusión) + Costos de Almacenamiento (si aplicable) + Costos de Envases y Etiquetas (si aplicable) + Costos Operativos

= S/. 0.00 + S/. 0.30 + S/. 0.10 + S/. 0.00 + S/. 0.12 + S/. 0.08 + S/. 0.05 (si aplicable) + S/. 0.10 (si aplicable) + S/. 0.03 + S/. 0.04 = S/. 0.82 por kilo

En consecuencia, en este análisis simplificado, calculamos que el costo por kilogramo de harina de pulpa de café es aproximadamente de S/. 0.67, en contraste, el costo por kilogramo de harina extruida de pulpa de café se eleva a alrededor de S/. 0.82. Es importante destacar que estos valores son estimativos y están sujetos a variaciones según las particularidades de cada operación y la temporalidad de la misma; Sin embargo, cabe señalar que la rentabilidad económica de la dieta T2 es superior a la de la dieta T1, en el experimento realizado (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis comparativo de costos y rentabilidad de la harina de pulpa de café en las diferentes dietas utilizadas.

Indicador	T1	T2	T3	T4	T5
Consumo de alimento (kg)	1.32	1.32	1.29	1.21	1.15
Precio de alimento (S/. por kg)	2.19	2.21	2.22	2.24	2.26
Costo de alimentación (S/.)	2.89	2.91	2.87	2.71	2.60
Ganancia de peso (kg)	0.81	0.83	0.78	0.76	0.66
Precio de venta S/. por kg de pollo vivo	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Ingreso bruto (S/.)	5.26	5.42	5.10	4.95	4.30
Ingreso neto (S/.)	2.38	2.51	2.23	2.24	1.70
Rentabilidad (%)	82.25	86.29	77.56	82.58	65.32
Variación de rentabilidad respecto al control	-	4.04	-4.69	0.33	-16.93

Se evaluaron también los niveles crecientes de inclusión, mediante regresiones cuadráticas y lineales para las variables de ganancia de peso y consumo de alimento, respectivamente. Posteriormente, se maximizó cada una de estas variables utilizando sus correspondientes derivadas. Los resultados obtenidos indican que, para la ganancia de peso, el porcentaje óptimo de reemplazo de AT por HEPC es del 20.70%, lo que se traduce en una ganancia promedio de 823.46 g/ave. Por otro lado, para el consumo de alimento, el porcentaje óptimo de reemplazo de AT por HEPC es del 2.95%, lo que maximiza el consumo promedio de 1324.27 g/ave (Figuras 11 y 12).

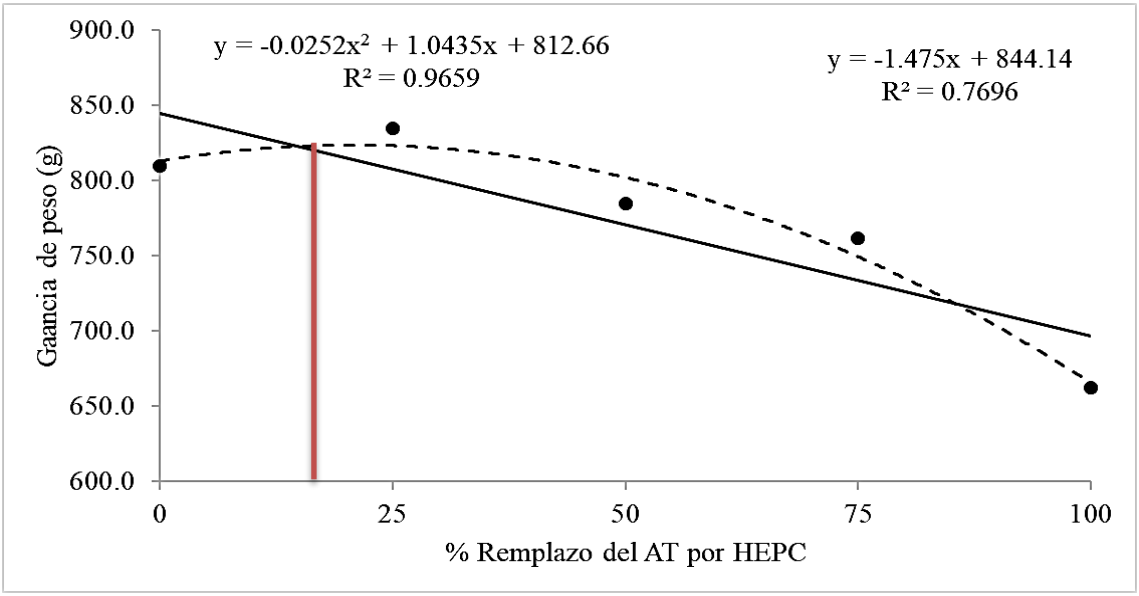

Figura 11. Optimización del porcentaje de reemplazo de AT por HEPC para maximizar la ganancia de peso en aves.

La figura 11 muestra el modelo cuadrático para ganancia de peso vivo indica que la relación entre la inclusión de harina extruida de pulpa de café y la ganancia de peso es de naturaleza cuadrática, lo que sugiere que hay un punto óptimo en la inclusión de este ingrediente. A medida que se aumenta la cantidad de harina extruida de pulpa de café, la ganancia de peso inicialmente aumenta, pero después de alcanzar un cierto nivel de inclusión, la ganancia de peso comienza a disminuir. Esto puede deberse a factores como la palatabilidad, ya que se evidenció un menor consumo. Respecto al R^2: 0.9659 indica que el modelo explica aproximadamente el 98.17% de la variabilidad en la ganancia de peso de los pollos de engorde. Esto sugiere que el modelo es altamente efectivo para predecir la ganancia de peso en función de la inclusión de harina extruida de pulpa de café, lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos.

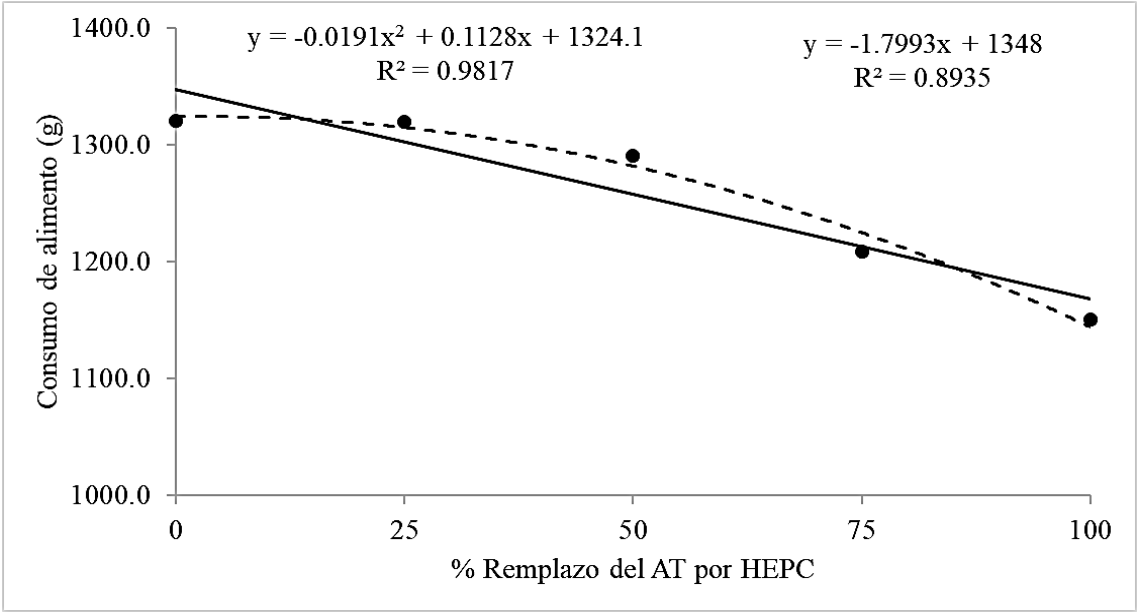

Figura 12. Optimización del porcentaje de reemplazo de AT por HEPC para maximizar el consumo de alimento en aves.

La figura 12 muestra el modelo cuadrático para consumo de alimento indica que la relación entre la inclusión de harina extruida de pulpa de café y el consumo de alimento es de naturaleza cuadrática. El coeficiente negativo (-0.0191) sugiere que, a medida que se incrementa la cantidad de harina extruida de pulpa de café, el consumo de alimento inicialmente puede aumentar, pero después de alcanzar un punto óptimo, el consumo de alimento comienza a disminuir. Esto puede ser indicativo de que, a niveles elevados de inclusión, la dieta puede volverse menos atractiva o menos palatable para los pollos, lo

que podría llevar a una reducción en el consumo. Respecto al R^2: 0.9817 indica que el modelo explica aproximadamente el 98.17% de la variabilidad en el consumo de alimento de los pollos de engorde. Esto sugiere que el modelo es altamente efectivo para predecir el consumo de alimento en función de la inclusión de harina extruida de pulpa de café, lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos y sugiere que otros factores no considerados en el modelo tienen un impacto mínimo en la variabilidad del consumo de alimento.

V. DISCUSIÓN

La sustitución del 25% de AT por HEPC en la dieta de pollos de engorde Cobb 500, en la fase de finalización (etapa de acabado), demostró que esta modificación no afectó negativamente el desempeño productivo de las aves. Específicamente, cuando el 1,5% de la dieta se sustituyó por HEPC, los resultados fueron similares a los obtenidos con el control, lo que sugiere que la HEPC puede ser una alternativa viable para reemplazar el AT sin comprometer la eficiencia productiva de los pollos. Respuestas similares obtuvieron Donkoh *et al*. (1988), quienes usaron 25 g/kg-1 (2.5 %) de pulpa de café seca (PCS) (*Coffea arabica*) en la dieta de pollos AF Bosbeck de 8 semanas de edad, no tuvo efecto en el consumo, ganancia de peso e índice de conversión (4.85, 1.86 y 2.61 kg, respectivamente) en comparación con el grupo de control (4.86, 1.87 y 2.59 kg, respectivamente), pero al incrementar los niveles de 50, 75 y 100 g/kg-1 (5, 7.5, 10 %) repercutieron negativamente los parámetros productivos.

La disminución del consumo de alimento al incrementarse los niveles de pulpa de café puede relacionarse al aumento de taninos, cafeína y polifenoles libres (ácido clorogénico y ácido cafeico) que influye en el olor y sabor de la dieta (Noriega *et al.,* 2008), además que la cafeína, una metilxantina, presenta características amargas (Farah, 2012), por lo que produciría el rechazo del alimento y afectar la ganancia de peso. Sin embargo, en esta investigación solo se utilizó en HEPC en la etapa de acabado, con resultados similares de disminución de consumo de alimento, a medida que se incrementó el porcentaje de remplazo. Hosseini *et al.* (2023), evaluaron diferentes niveles de inclusión de café verde en polvo (0.3, 0.6, 0.9, 1.2 y 1.5 %) en la dieta de pollos Ross de engorde sobre la ganancia de peso, demostrando que la dosis con 0.9 % obtuvo mayor peso (1,123.9 g/pollo), luego empezó a decrecer cuando aumentó la dosis a 1.2 y 1.5 %. La reducción del peso está relacionada la lipólisis por efecto de la cafeína (Kim *et al.,* 2010), además este alcaloide

aumenta la actividad motora, produciendo un gasto de energía y por tanto la disminución del peso; aumenta la sed del animal y por consecuencia aumenta la evacuación urinaria, lo que genera la excreción de nitrógeno (Moratalla, 2008).

La capacidad de absorción se mide por la integridad intestinal, incluida la evaluación de las vellosidades y criptas de Lieberkühn (Awad *et al.*, 2009), y está relacionada con el tipo y la calidad de los alimentos recibidos. El tracto digestivo de los pollos modernos está fisiológicamente bajo un estrés considerable, ya que las líneas existentes de pollos crecen más rápido, lo que requiere la ingesta de grandes cantidades de alimento (Svihus, 2014), motivo por el cual se evaluó la etapa de acabado en esta investigación.

En este estudio, los valores del largo de vellosidades (LV) en el duodeno e íleon no revelaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el grupo control en todos los tratamientos. Sin embargo, a nivel yeyunal, el LV mostró su valor más bajo (1,191.04 µm) cuando el AT fue reemplazado por HEPC, mientras que alcanzó su valor más alto (1,415.65 µm) cuando el AT fue sustituido en un 50 %. Estos hallazgos están en concordancia con los resultados reportados por Hosseini *et al.* (2023), quienes obtuvieron valores similares (1,294.5 µm) para el LV yeyunal al evaluar la incorporación del 0,6 % de café verde en polvo en la dieta de pollos de engorde, en la etapa de acabado como en esta investigación.

Es importante destacar que los compuestos fenólicos, en particular, desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las vellosidades intestinales mediante la proliferación celular y modulación del microbiota, como ha sido señalado por Sharifian *et al.* (2019). Además, Yatalaththov *et al.* (2021) informaron que la cáscara de café Arábigo, rica en flavonoides, taninos y polifenoles, mejoró significativamente la histología y morfología del yeyuno en ratones lesionados con etanol al 10 %. Esto subraya la acción antioxidante de los compuestos presentes en el fruto del café, los cuales favorecen la regeneración del epitelio intestinal. Dicho efecto podría haberse evidenciado en esta investigación, a pesar del corto periodo de evaluación, ya que la etapa de acabado se caracteriza por una alta tasa de crecimiento y una elevada demanda metabólica en las aves.

Hosseini *et al.* (2023) mencionan que, cuando a los pollos de engorde se le añade a la

dieta un 1,2 % de café verde en polvo, el AV podía alcanzar 118 μm, muy cerca de los 132,30 μm informados en este estudio (cuando se reemplazó el 100 % de AT por HEPC). Mientras tanto, cuando a los pollos de engorde se les suministró 0.6 % de café verde en polvo, la PC en el yeyuno pudo alcanzar 140.80 μm, que fue mucho menor que los valores informados en este estudio cuando sustituimos 25, 50 y 100 %. Los valores de AT obtenidos mediante HEPC son 199.51 μm, 199.13 μm y 197.09 μm, respectivamente. Pero con un 75 % de reemplazo, la PC alcanzó 218.34. Si las criptas son profundas, puede ocurrir malabsorción de nutrientes, aumento de las secreciones gastrointestinales y reducción del rendimiento de la canal (Awad *et al.,* 2009; Choct, 2009).

En el experimento, la RLP fue mayor en el yeyuno con T1 (8.79 μm), seguido de T3 a 7.17 μm, siendo ambos resultados inferiores al valor informado por Hosseini *et al.* (2023) donde reportaron el valor más alto (9.124 μm) al evaluar el RLP en el yeyuno de pollos de engorde alimentados con 1.2 % de café verde en polvo. El RLP es una medida de la digestibilidad del intestino delgado y puede verse afectado por la calidad y cantidad de fibra dietética y la edad de las aves (Choct, 2009), lo que puede estar relacionado con estos resultados al incrementarse los niveles de reemplazo.

Los estudios sobre los efectos del café en el tracto gastrointestinal se han realizado más en humanos y menos en modelos animales, por lo que han producido resultados contradictorios, Iriondo-DeHond *et al.* (2021) sugirieron que algunos componentes del café, como la cafeína y las melanoidinas, participan en el aumento de la motilidad intestinal, aunque el mecanismo no está claro. Por otro lado, informaron que el consumo de café tenía un efecto regulador positivo sobre la motilidad intestinal. Los géneros *Lactobacillus Escherichia coli* y *Clostridium* y *Bifidobacterium* se redujeron en el colon proximal de ratones A/J libres de patógenos específicos (Nakayama y Oishi, 2013), similar a lo que observaron Bhandarkar *et al.* (2021) en la suplementación con pulpa de café en ratas Wistar, donde se preservaba la diversidad del microbiota intestinal.

Los estudios han demostrado que la cafeína se digiere en el estómago de las ratas (Turesky *et al.*, 2003), mientras que algunos polifenoles, como el ácido clorogénico (CGA), un tercio se absorbe en el intestino delgado y los polifenoles restantes se degradan a moléculas más simples por acción microbiana, llegando al intestino grueso en

individuos con una ileostomía (Olthof *et al.*, 2001). Para ser absorbidos, los polifenoles del café deben ser hidrolizados por las enzimas digestivas, el microbiota intestinal o ambas (Girard y Bee, 2020).

Cañas *et al.* (2022), señalan que los compuestos fenólicos deben descomponerse en pequeños metabolitos para que se absorban adecuadamente en el colon. También intervienen otros factores como el pH, la temperatura, la concentración de sales biliares y la actividad de las enzimas digestivas (Di Lorenzo *et al*., 2021).

Existe poca información en la literatura sobre el uso de pulpa de café extruida en la alimentación de aves, pero dados los resultados obtenidos en este estudio, se constituye la base para futuras investigaciones que aprovechen esta potencial inversión en otro sistema de producción, y darle un valor agregado hacia un enfoque de economía circular.

El análisis económico del reemplazo parcial del afrecho de trigo por HEPC en la alimentación avícola demuestra un ahorro significativo y un aporte sustancial a los principios de la economía circular. Durante el año 2024, la producción nacional de pollo en pie alcanzó los 2,137.7 millones de kilogramos (MIDAGRI, 2025), lo que corresponde aproximadamente a 737 millones de aves, considerando un peso promedio de 2.90 kg por unidad. Dado que cada ave consume en promedio 5 kg de alimento durante su ciclo de crianza, se estima un consumo total de 3,685 millones de kilogramos de alimento balanceado. Si se reemplaza el 1.5 % de este volumen por HEPC (cuyo costo unitario es de S/. 0.82 por kilogramo, frente a S/. 1.19 del afrecho de trigo) se genera un ahorro unitario de S/. 0.37 por kilogramo sustituido. Esta sustitución permitiría un ahorro anual estimado de S/. 20,417,250 a escala nacional. Asimismo, considerando una participación del 10 % del mercado, el ahorro proyectado ascendería a S/. 2,041,725. Este enfoque no solo representa una estrategia económicamente viable, sino que además contribuye a la revalorización de subproductos agroindustriales, fomenta la sostenibilidad del sistema productivo avícola y reduce la dependencia de insumos tradicionales, alineándose con los objetivos de una producción más eficiente y ambientalmente responsable.

Las limitaciones que se identificó en el presente estudio, fue el uso exclusivo en la fase final del ciclo productivo (etapa de acabado), lo que restringe la extrapolación de los

resultados a otras etapas productivas como la de inicio o crecimiento. Es posible que la respuesta a la inclusión de harina extruida de pulpa de café (HEPC) varíe según la edad de las aves.

Por otro lado, los resultados obtenidos estuvieron limitados a una línea genética (Cobb 500), no siendo extrapolables a otras líneas comerciales de pollos de engorde que podrían responder de manera diferente a la inclusión de HEPC en la dieta.

VI. CONCLUSIONES

- La sustitución de hasta 25% de AT por HEPC en dietas de pollos de engorde en etapa de acabado mejoró la rentabilidad sin afectar el rendimiento productivo ni la morfometría intestinal, lo que la convierte en una alternativa viable y sostenible en la alimentación avícola.

- Los resultados evidencian que la inclusión de HEPC estimula el recambio epitelial de las vellosidades en el yeyuno y el íleon, lo que sugiere un beneficio en términos de morfometría intestinal. Sin embargo, este beneficio depende de la dosis utilizada y debe equilibrarse cuidadosamente para evitar efectos adversos en el rendimiento productivo.

- El porcentaje óptimo de reemplazo de AT por HEPC fue de 20.70%, que permitió maximizar la ganancia promedio 823,46 g/ave, durante la etapa de acabado.

- La incorporación de HEPC mostró beneficios económicos al reducir el costo de alimentación y mejorar la rentabilidad, lo que posiciona a esta harina como una alternativa rentable y sostenible para la producción de pollos de engorde.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda reemplazar hasta el 20.7% del afrecho de trigo (AT) por harina extruida de pulpa de café (HEPC) en la dieta de pollos de engorde en etapa de acabado (36 a 41 días), ya que este nivel mostró mejores parámetros productivos (ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia) sin afectar negativamente la morfometría intestinal.

- Considerando la rentabilidad observada, se sugiere priorizar el uso de HEPC en un reemplazo parcial de hasta 25 %, lo cual mostró una mejora del 4.04 % en la rentabilidad con relación al tratamiento control, a pesar del mayor costo por kilo de HEPC extruida.

- Dado que los niveles altos de HEPC podrían afectar el consumo por posibles compuestos antinutricionales o cambios sensoriales, se recomienda evaluar el uso de aditivos o saborizantes naturales para mejorar la aceptación de dietas con niveles moderados a altos de HEPC.

- Se recomienda que futuras investigaciones evalúen la variabilidad composicional de la pulpa de café en función de la genética del cultivo, ya que los niveles de cafeína, taninos y polifenoles varían según la variedad, madurez del fruto y condiciones agroecológicas, lo que podría influir en su palatabilidad y valor nutricional en dietas para las aves.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ***Acosta IA, Márquez TH, Chacón I. 1997.*** Evaluación de la pulpa de café en aves: digestibilidad y energía metabolizable. Arch Latin Prod Anim 5(1): 311-312.
2. ***Alam MS, Kaur J, Khaira H, Gupta S. 2016.*** Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: A review. Crit Rev Food Sci Nutr 56: 445-475. doi: 10.1080/10408398.2013.779568.
3. ***[AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2001.*** Official Methods of analysis. 4.2.11 AOACOfficial Method 2001.11. [Internet]. Disponible en: http://www.freedo-cumentsearch.com/pdf/aoac-official-method-976.06-rotein.html
4. ***Amaguaña SW. 2012.*** Uso de Acidificantes en la Producción de Pollos de Broilers. Tesis para Ingeniero Zootecnista. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 56 p. https://1library.co/document/y4wk3rkq-uso-acidificantes-produccion-pollos-broilers.html
5. ***Andina. 2020.*** Agencia Peruana de Noticias. [Internet]. Disponible en: https://andina.pe/agencia/noticia-caf%C3%A9-peruano-producto-bandera-llega-a-44-mercados-internacionales-811545.aspx
6. ***[APA] Asociación Peruana de Avicultura. 2024.*** Asociación Peruana de Avicultura. [Internet], [28 agosto 2024]. Disponible en: https://apa.org.pe/portfolio-item/boletin-setiembre-2024/
7. ***Arellano GM, Ramírez CM, Torres MM, Pérez MG, Saucedo CG. 2011.*** Antioxidant activity of fermented and nonfermented coffee (Coffea arabica) pulp extracts. Food Technol Biotech 49(3): 374-378.
8. ***Arpi N, Muzaifa M, Sulaiman MI, Andini R, Kesuma SI. 2021.*** Chemical characteristics of cascara, coffee cherry tea, made of various coffee pulp treatments. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 709 (1): 012030. doi:10.1088/1755-1315/709/1/012030
9. ***Awad WA, Ghareeb K, Abdel RS, Böhm J. 2009.*** Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. Poult Sci 88(1):49-56.doi: 10.3382/ps.2008-00244

10. ***Banti M, Abraham E. 2021.*** Coffee processing methods, coffee quality and related environmental issues. Journal of Food and Nutrition Sciences 9(6):144-152. doi: 10.11648/j.jfns.20210906.12
11. ***Barcelos AF, Andrade IF, Tiesenhausen Imev Von. 1997.*** Uso de cascarilla de café para alimentación de terneros confinados. I - Resultados del primer año. R Bras Zootec 26(6):1208-1214.
12. ***Batista LR, Chalfoun de Souza SM, Silva e Batista CF, Schwan RF. 2016.*** Encyclopedia of Food and Health . Coffee: Types and Production: 244–251. doi: 10.1016/b978-0-12-384947-2.00184-7.
13. ***Bautista EO, Barrueta E, Acevedo L. 1999.*** Utilización de la pulpa de café ensilada en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. En Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. pp. 84-101.
14. ***Bautista EO, Pernía J, Barrueta D, Useche M. 2005.*** Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido Cachamay (Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus). Revista Científica 15(1):33-40.
15. ***Bhandarkar NS, Mouatt P, Majzoub ME, Thomas T, Brown L, Panchal SK. 2021.*** Coffee Pulp, a By-Product of Coffee Production, Modulates Gut Microbiota and Improves Metabolic Syndrome in High-Carbohydrate, High-Fat Diet-Fed Rats. Pathogens 10: 1369. doi: 10.3390/pathogens10111369
16. ***Biesek J, Banaszak M, Grabowicz M, Wlaźlak S. 2023a.*** Chopped straw and coffee husks affect bedding chemical composition and the performance and foot pad condition of broiler chickens. Scientific Reports 13(1):6600. doi: 10.1038/s41598-023-33859-9
17. ***Biesek J, Wlaźlak S, Banaszak M. Grabowicz M. 2023b.*** Evaluation of coffee husks in pellet bedding, performance characteristics, footpad dermatitis scoring, and meat quality of broiler ducks. Vet Res Commun 48: 165–177. doi: 10.1007/s11259-023-10196-w
18. ***Binowo S, Tulung B, Londok JJ, Regar MN. 2019.*** Efek pembatasan pakan dan sumber serat kasar berbeda terhadap performa ayam pedaging. Zootec 39(1): 112-121.
19. ***Blinová L, Sirotiak M, Bartošová A Soldán M. 2017.*** Review: Utilization of Waste From Coffee Production. Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology 25(40): 91-101. doi: 10.1515/rput-2017-0011
20. ***Bouafou KGM, Konan BA, Zannou-Tchoko V, Coulibally KS. 2011.*** Potential food waste and by-products of coffee in animal feed. Electronic Journal of Biology 7(4):74-80. [Internet]. Disponible en: https://ejbio.imedpub.com/abstract/potential-food-waste-and-byproducts-of-coffee-in-animal-feed-5928.html

21. ***Braham J, Bressani R. 1978.*** Coffee Pulp. Composition, Technology and Utilization. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Devlop. Res. Centre. Ottawa, Canada.
22. ***Brenes A, Viveros A, Centeno C, Arija I, Marzo F. 2008.*** Nutritional value of raw and extruded chickpeas (Cicer arietinum L.) for growing chickens. Span J Agric Res 6(4):537-545. doi: 10.5424/sjar/2008064-348
23. ***Bressani R, González J. 1978.*** Evaluación de la pulpa de café como posible sustituto del maíz en raciones para pollos de carne. Inst. De Nutr. De Cent. América Y Panamá 28(2):208–221. [Internet]. Disponible en: https://bvssan.incap.int/local/E/E-925.pdf
24. ***Cabezas M, Flores A, Egaña J, Braham J, Bressani R. 1978.*** Uso de pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Pulpa de café. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Bogotá, 45-67. [Internet]. Disponible en: file:///C:/Users/STEVEN/Downloads/IDL-4722%20(1).pdf
25. ***Canto F. 2019.*** Actividad prebiótica del diente de león (*Taraxacum officinale*) en la alimentación de gallinas ponedoras (*Hisex brown*) durante la etapa de producción. [Internet]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14077/2052
26. ***Cañas S, Rebollo HM, Cano MP, Aguilera Y, Benítez V, Braojos C, Gila DA, Rodríguez RP, Cobeta IM. 2021.*** Critical Evaluation of Coffee Pulp as an Innovative Antioxidant Dietary Fiber Ingredient: Nutritional Value, Functional Properties and Acute and Sub-Chronic Toxicity. Proceedings 70:65. doi: 10.3390/foods_2020-07623
27. ***Cañas S, Rebollo HM, Braojos C, Benítez V, Ferreras CR, Dueñas M, Aguilera Y., Martín CM. 2022.*** Understanding the Gastrointestinal Behavior of the Coffee Pulp Phenolic Compounds under Simulated Conditions. Antioxidants 11:1818. doi: 10.3390/antiox11091818
28. ***Castillo E, Acosta Y, Betancourt N, Castellanos E, Matos A, Téllez V, Cerdá M. 2002.*** Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. Revista AquaTIC, 16. Disponible en: http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/167/156
29. ***Chanakya HN, De Alwis AA. 2004.*** Environmental issues and management in primary coffee processing. Process Safety and Environmental Protection, 82(4): 291-300. https://doi.org/10.1205/095758204323162319
30. ***Choct M. 2009.*** Managing gut health through nutrition. British Poultry Science 50(1): 9-15. doi: 10.1080/00071660802538632.
31. ***Choton S, Gupta N, Bandral JD, Anjum N, Choudary A. 2020.*** Extrusion technology and its application in food processing: A review. The Pharma Innovation Journal, 9(2):162-168. doi: 10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367
32. ***Cobb-Vantres. 2022.*** Broiler Cobb-500. Broiler performance & nutrition supplement. [Internet]. Disponible en: https://www.cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/2022-Cobb500-Broiler-Performance-Nutrition-Supplement.pdf

33. ***Crawford DE, Casaban J. 2016.*** Recent developments in mechanochemical materials synthesis by extrusion. Advanced Materials 28(27): 5747-5754. doi: 10.1002/adma.201505352
34. ***Cumbicos CE. 2021.*** Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellu*s) en la etapa de engorde, alimentados con diferentes niveles de pulpa de café (*Coffea arabica*). Tesis Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 97 p.
35. ***Dalbhagat CG, Mahato DK, Mishra HN. 2019.*** Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: A review. Trends in Food Science & Technology 85: 226-240. doi: 10.1016/j.tifs.2019.01.001
36. ***De Verdal H, Mignon-Grasteau S, Jeulin C, Le Bihan-Duval E, Leconte M, Mallet S, Martin C, Narcy A. 2010.*** Digestive tract measurements and histological adaptation in broiler lines divergently selected for digestive efficiency. Poultry science, 89(9), 1955-1961. doi: 10.3382/ps.2010-813
37. ***Desai NM, Varun E, Patil S, Pimpley V, Murthy PS. 2020.*** Environment Pollutants During Coffee Processing and Its Valorization. In Handbook of environmental materials management. Springer Nature Switzerland Gewerbestrasse. C. M. Hussain (ed). pp 1-13. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_209-1.
38. ***Di Lorenzo C, Colombo F, Biella S, Stockley C, Restani P. 2021.*** Polyphenols and human health: The role of bioavailability. Nutrients 13(1):273. doi: 10.3390/nu13010273
39. ***Donkoh A, Atuahene CC, Kese AG, Mensah AB. 1988.*** The nutritional value of dried coffee pulp (DCP) in broiler chickens' diets. Animal feed Science and technology 22(1-2): 139-146. doi: 10.1016/0377-8401(88)90081-8
40. ***Esquivel P, Jiménez VM. 2012.*** Functional properties of coffee and coffee by products. Food Research International. 46(2):488-495. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028
41. ***Estrada Y, Avilés I, Estrada F, Pedraza J, Yong P. 2014.*** Estimación del consumo de pasto estrella (Cynodon plectostachyus k. Schum.) por vacas lecheras en pastoreo mediante las técnicas de N-alcanos, diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo. Trop. Subtrop. Agroecosystems 17: 463–477. [Internet]. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93935728006
42. ***Farah A. 2012.*** Coffee constituents. Coffee: Emerging health effects and disease prevention. First Edition. Edited by Yi-Fang Chu. p 22-58.
43. ***Ferrer J, Páez G, Chirino M, Mármol Z. 1995.*** Ensilaje de la pulpa de café. Rev Fac Agron LUZ 12: 417-428. [Internet]. Disponible en: https://www.revfacagronluz.org.ve/v12_3/v123z130.html
44. ***Furusho I, Olalquiaga J, Teixeira J, Pacheco C. 2000.*** Desempenho de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês Puros, terminados em confinamento, alimentados

com casca de café como parte da dieta. Rev Bras Zootec 29(2): 564-572. doi: 10.1590/S1516-35982000000200033

45. ***Flores R. 1976.*** Uso de la pulpa de café en la alimentación de bovinos de carne y leche. En Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. pp. 1-27.
46. ***Flórez DD, Rosales AE. 2018.*** Uso del ensilaje de pulpa de café en alimentación animal. Mundo FESC, 8(15):73–82. [Internet]. Disponible en: https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/254
47. ***Funes CA, Rodríguez J, Arroyo R, Saenz Ch, Blanco F. 1986.*** Evaluación de la pulpa de café deshidratada en pollos de engorde durante los periodos de iniciación y engorde (0-7 semanas). Uniciencia 3(1): 11-18.
48. ***García RC, Bayne DR. 1974.*** Cultura of Tilapia aurea (Steindachner) in pens with supplementary feeding. In Simposio FAO/CARPAS sobre Acuicultura en America Latina, Montevideo (Uruguay), 26 Nov 1974.
49. ***García AL, Tejada OV, Pérez CE, Serna SS, Campanella OH, Welti CJ. 2019.*** Functional and compositional changes of orange peel fiber thermally-treated in a twin extruder. LWT - Food Science and Technology 111: 673-681. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.082
50. ***Gava M. 2012.*** Metodologia de morfometria intestinal em frango de corte. Dissertação (M. Sc.). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. [Internet]. Disponible en: http://hdl.handle.net/10183/61725
51. ***Girard M, Bee G. 2020.*** Invited review: Tannins as a potential alternative to antibiotics to prevent coliform diarrhea in weaned pigs. Animal 14(1): 95–107. doi: https://doi.org/10.1017/S1751731119002143
52. ***Gutiérrez PL, Sánchez TM, Salinas RT, Figueroa VJ, Martínez AJ, Contreras CD, Cárdenas LM, Nava CC, Cordero MJ, García CJ. 2019***. Coffee pulp supplementation prior to breeding improves oxidative status without affecting fertility of primiparous ewes. Rev Colomb Ciencias Pecu 32 (4): 261– 273. doi: 10.17533/udea.rccp.v32n4a02
53. ***Hernandez CE, Chen HH, Chang CI, Huang TC. 2009.*** Direct lipase-catalyzed lipophilization of chlorogenic acid from coffee pulp in supercritical carbon dioxide. Ind Crops Prod 30 (3): 359–365. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.07.004
54. ***Hernández BJ, Rodríguez MH, Villegas SJ, Salinas RT, Ortiz MI, Aquino CM, Lozano TS. 2018.*** Health status and productivity of sheep fed coffee pulp during fattening. Austral J Vet Sci 50(2): 95– 99. doi 10.1016/j.indcrop.2009.07.004

55. ***Hosseini VS, Manochehri D, Afzali N, Yonesi HN. 2023.*** Green coffee powder: effect on growth performance, biochemical blood indices, and intestine morphology in broiler chickens. Research Square 1. doi 10.21203/rs.3.rs-2521455/v1
56. ***Idan F, Paulk C, Beyer S, Stark C. 2023.*** Effects of pellet diameter and crumble size on the growth performance and relative gizzard weight of broilers. J Appl Poult Res 32(2): 100331. doi 10.1016/j.japr.2023.100331
57. ***[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2013.*** IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima: INEI. Mes Julio 2013. 63 p.
58. ***Iriondo-DeHond A, Casas A, Del Castillo M. 2021.*** Interest of Coffee Melanoidins as Sustainable Healthier Food Ingredients. Front. Nutr. 8: 730343. doi: https://doi.org/10.3389/fnut.2021.730343
59. ***Kim TW, Shin YO, Lee JB, Min YK, Yang HM. 2010.*** Effect of caffeine on the metabolic responses of lipolysis and activated sweat gland density in human during physical activity. Food Sci Biotechnol 19:1077-1081. doi 10.1007/s10068-010-0151-6
60. ***Lemos MF, Salustriano NA, Costa MM, Lirio K, Fonseca AF, Pacheco HP, Endringer DC, Fronza M, Scherer R. 2022.*** Chlorogenic acid and caffeine contents and anti-inflammatory and antioxidant activities of green beans of conilon and arabica coffees harvested with different degrees of maturation. J. Saudi Chem. Soc. 26:101467. doi 10.1016/j.jscs.2022.101467
61. ***Lin Z, Wei J, Hu Y, Pi D, Jiang M, Lang T. 2023.*** Caffeine Synthesis and Its Mechanism and Application by Microbial Degradation. A Review, Foods 12(14): 2721. doi: 10.3390/foods12142721.
62. ***Llanes J, Parisi G. 2021.*** Sustitución de alto porcentaje de harina de pescado por ensilados de subproductos pesqueros en dietas extruidas para Clarias gariepinus. Cuban J Agric Sci 55(2):e03. [Internet]. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/6537/653769345003/html/
63. ***Machado M, Espírito SL, Machado S, Lobo JC, Costa AS, Oliveira MB, Alves RC. 2023.*** Bioactive Potential and Chemical Composition of Coffee By-Products: From Pulp to Silverskin. Foods 12(12): 2354. doi: 10.3390/foods12122354
64. ***Mazzafera P. 2002***. Degradation of caffeine by microorganisms and potential use of decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding. Sci Agric 59(4): 815–821. doi: 10.1590/S0103-90162002000400030
65. ***Marcia FJ, Palma MC, Torres LM, Varela MI, Peralta MK, Amador ZC, Díaz AH, Chavarría CL. 2020.*** Descripción de parámetros fisíco-químicos de la pulpa de café (Coffea arabica) en diferentes variedades y pisos altitudinales. Nexo Revista Científica 33(2): 777-783. doi: 10.5377/nexo.v33i02.10808

66. ***Marín TC, Zelada CL, Vásquez AA, Viera A, Sinche R. 2020.*** Coffee pulp: An industrial by-product with uses in agriculture, nutrition and biotechnology. Rev agric sci 8:323-342. doi: 10.7831/ras.8.0_323
67. ***Matuk V, Puerta GI, Rodríguez N. 1998.*** Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo de café. Cenicafé, 48(4): 234-252. [Internet] Disponible en https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/67.
68. ***Mena VK. 2019.*** Análisis económico del cultivo de banano orgánico (Musa paradisiaca) en el Grupo Hoyos S.A – Cantón Quinsaloma. Título Economista Agrícola. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 74 p. http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3869
69. ***Milán CJ, Reyes MC, Camacho HI, Rouzaud SO. 2002.*** Optimisation of extrusion process to transform hardened chickpeas (*Cice*r arietinum L) into a useful product. J Sci Food Agric 82(14): 1718-1728. doi: 10.1002/jsfa.1242
70. ***[MIDAGRI] Ministerio de agricultura y riego. 2016.*** Estrategia de mediano plazo del ministerio de agricultura y riego, para el desarrollo del sector cafetalero en el peru. 2016 -2018. 66p. [Internet]. Disponible en: www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2016/junio/rm244-2016-minagri.pdf
71. ***[MIDAGRI] Ministerio de agricultura y Riego. 2021.*** Boletín Estadístico Mensual de la Producción y Comercialización de Productos Avícolas. Lima: MIDAGRI. Mes Enero 2021. 20p.
72. ***[MIDAGRI] Ministerio de agricultura y riego. 2024.*** Boletín Estadístico Mensual de la Producción y Comercialización de Productos Avícolas. [Internet], [30 octubre 2024]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7010833/5414945-boletin-sobre-produccion-y-comercializacion-avicola-julio-2024.pdf?v=1727481193
73. ***[MIDAGRI] Ministerio de agricultura y riego. 2025.*** Boletín Estadístico Mensual de la Producción y Comercialización de Productos Avícolas. [Internet], [20 julio 2025]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/6617104-boletin-estadistico-mensual-del-sector-avicola-2025
74. ***Moratalla R. 2008.*** Neurobiología de las metilxantinas. Trastornos adictivos 10(3):201-207. doi: 10.1016/S1575-0973(08)76368-2
75. ***Moreau Y, Arredondo JL, Perraud GI, Roussos S. 2003***. Dietary utilisation of protein and energy from fresh and ensiled coffee pulp by the Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Braz Arch Biol Techn 46:223-231. doi: 10.1590/S1516-89132003000200014
76. ***Moreno CR, Carrillo JM, Sandez OR, Tiznado JA, Escobedo RM. 2002.*** Descascarillado / suavización / extrusión (DSE): alternativa tecnológica para mejorar la calidad nutricional del garbanzo (Cicer arietinum L.). Agrociencia 36(2):181-189.

77. ***Nakayama T, Oishi K. 2013.*** Influence of coffee (*Coffea arabica*) and galacto-oligosaccharide consumption on intestinal microbiota and the host responses. FEMS microbiology letters 343(2): 161-168. doi: 10.1111/1574-6968.12142
78. ***Noguera R, Posada S. 2017.*** Efecto del método de secado sobre la digestibilidad in situ de la pulpa de café (*Coffea arabica*). Livest. Res. Rural. Dev. 29: 1–6. [20 setiembre 2022]. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/ce3a26ad-1ba3-488e-9257-99d726b516f1/content
79. ***Noriega SA, Silva AR, García M. 2008.*** Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. Zootecnia trop 26(4): 411-419. [Internet]. Disponible en: https://ve.scielo.org/pdf/zt/v26n4/art01.pdf
80. ***Novotný J, Horáková L, Řiháček M, Zálešáková D, Šťastník O, Mrkvicová E, Kumbár V, Pavlata L. 2023.*** Effect of different feed particle size on gastrointestinal tract morphology, ileal digesta viscosity, and blood biochemical parameters as markers of health status in broiler chickens. Animals, 13(15), 2532. doi: 10.3390/ani13152532
81. ***Olthof MR, Hollman PC, Katan MB. 2001.*** Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. The Journal of nutrition 131(1):66-71. doi: 10.1093/jn/131.1.66
82. ***Oliva E, Reyes J. 2017.*** Efecto de la suplementación con ensilaje de pulpa de café (Coffea arabica L.) sobre el desempeño productivo de ganado lechero en Zamorano, Honduras. Valle del Yeguare, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. [consultado 2024 ago 03]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6018/1/CPA-2017-076.pdf
83. ***Pandey A, Soccol CR, Nigam P, Brand D, Mohan R, Roussos S. 2000***. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochem Eng J 6 (2): 153–162. https://doi.org/10.1016/S1369-703X(00)00084-X
84. ***Pastor CE, Drago SR, González RJ, Pastor J, Alaiz M, Vioque J. 2011.*** Effects of the addition of wild legumes *(Lathyrus annuus* and *Lathyrus clymenum*) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice. Food Chem 128: 961–967. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.126.
85. ***Pedraza P, Estrada J, Martínez A, Estrada I, Rayas A, Yong G, Figueroa M, Nova F, Castelán O. 2012.*** On-farm evaluation of the effect of coffee pulp supplementation on milk yield and dry matter intake of dairy cows grazing tropical grasses in central Mexico. Trop. Anim. Health. Prod 44(2): 329–336. doi: https://doi.org/10.1007/s11250-011-0025-9
86. ***Pinto-Ruiz R, Guevara-Hernández F, Medina J, Hernández-Sánchez D, Coss A, Guerra-Medina E. 2017.*** Conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de *Pennisetum* y pulpa de café. Agron. Mesoam. 28(1):59-67. doi:10.15517/am.v28i1.23120

87. ***Polonia RC. 2019.*** Efecto del proceso de extrusión en digestibilidad de fuentes proteínicas de origen vegetal en dietas para robalo (Centropomus viridis). Tesis de Maestría. Xalisco, México: Universidad Autónoma de Nayarit. 78p.
88. ***Ponce RF, Murillo BS, Otárola AO, Torres SW, Rodríguez HJ, Buendía PH. 2018.*** Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (coffea arábica) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces. Trabajo de Investigación. La Merced: Univ Nac Daniel Alcides Carrión. 107p. [Internet] Disponible en https://1library.co/document/zln0306q-efecto-sustitucion-parcial-arabica-textura-contenido-minerales-galletas.html
89. ***Quilcate CE. 2019.*** Tratamiento térmico y microbiológico de la pulpa de café (Coffea arábica) para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) como estrategia de mitigación al cambio climático en la Región Amazonas. Tesis de Maestro en gestión para el desarrollo sustentable. Chachapoyas: Univ. Nac. Toribio Rodriguez de Menodoza. 117p.
90. **Ramirez-Coronel M, Marnet N, Kolli VK, Roussos S, Guyot S, Augur C. 2004.** Characterization and estimation of proanthocyanidins and other phenolics in coffee pulp (*Coffea arabica*) by thiolysis− high-performance liquid chromatography. J Agr Food Chem 52(5):1344-1349. doi: 10.1021/jf035208t
91. ***Rasowo J, Ochieng R. 2005.*** Nutrient utilization and growth response of the Nile Tilapia (*Oreochromis nilo*ticus) fed on varying levels of dietary raw and boiled coffee pulp as a replacement for rice bran. Discov.Innov. 17(3–4),110–116.doi: 10.4314/dai.v17i3.15729
92. ***Rathinavelu R, Graziosi G. 2005.*** Usos alternativos de los residuos y subproductos del café. En: Organización Internacional del Café, ITA. 5p. [Internet]. Disponible en http://www.ico.org/documents/ed1967c.pdf
93. ***Revilla A. 2023.*** Efecto de una dieta alimenticia con harina de pulpa de café y cáscara de cacao en los indicadores de crecimiento de paco (piaractus brachypomus). Tesis para Ingeniero Industrial. Chachapoyas, Perú: Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas. 52 p.
94. ***Riaz MN, Aldrich G. 2007.*** Extruders and expanders in pet food, aquatic and livestock feeds. Agrimedia, Clenze. p 400.
95. ***Ribeiro FE. 1998.*** Degradabilidad in situ de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutra de la cascarilla de café y comportamiento de novillos mestizos en la fase de recría. Maestría en Ciencia Animal. Lavras, Brasil: Universidad Federal de Lavras. 55p.
96. ***Rodriguez N, Zambrano DA. 2010.*** Los subproductos del café: fuente de energía renovable. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). [Internet]. Disponible en https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0393.pdf

97. ***Rodríguez VN. 2013.*** Producción de alcohol a partir de la pulpa de café. Revista Cenicafe 64(2):78-93**.** [Internet]. Disponible en: https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/541/1/arc064%2802%2978-93.pdf
98. ***Romero I, Huérfano T, Calderón I, Méndez A. 1995.*** Aceptabilidad y digestibilidad de la pulpa de café ensilada en aves. En Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. p 88-105.
99. ***Roshan H, Nikpayam O, Sedaghat M, Sohrab G. 2018.*** Effects of green coffee extract supplementation on anthropometric indices, glycaemic control, blood pressure, lipid profile, insulin resistance and appetite in patients with the metabolic syndrome: A randomised clinical trial. Br J Nutr 119:250–258. doi:10.1017/S0007114517003439
100. ***Salinas T, Sánchez-Torres M, Díaz A, Cordero J, León M, Hernández J, Nava C, Nieto R. 2016.*** Oxidative status and fertility of ewes supplemented coffee pulp during estrous¤ synchronization and early pregnancy. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 29*(4): 255-263. doi: https://doi.org/10.17533/udea.rccp.325037
101. ***Segura CJ, Honhold N. 2000.*** Métodos de muestreo para la producción y salud animal. Universidad Autónoma de Yucatán, Dirección General de Desarrollo Académico, Subdirección de Extensión, Departamento Editorial. [Internet] Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose-Segura-Correa/publication/273945817_METODOS_DE_MUESTREO_PARA_LA_PRODUCCION_Y_LA_SALUD_ANIMAL/links/5510b0ec0cf20352196c5061/METODOS-DE-MUESTREO-PARA-LA-PRODUCCION-Y-LA-SALUD-ANIMAL.pdf
102. ***Serna J, Siles J, De los Ángeles M, Chica A. 2022.*** A review on the applications of coffee waste derived from primary processing: Strategies for revalorization. Processes 10(11): 2436. doi: https://doi.org/10.3390/pr10112436
103. ***Sharifian M, Hosseini S, Nasri M, Perai A. 2019.*** Pomegranate peel extract for broiler chickens under heat stress: Its influence on growth performance, carcass traits, blood metabolites, immunity, jejunal morphology, and meat quality. Livest. Sci. 227: 22–28. doi: https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.06.021
104. ***Svihus B. 2014.*** Function of the digestive system. Journal of Applied Poultry Research J Appl Poult Res 23(2): 306-314. doi: https://doi.org/10.3382/japr.2014-00937
105. ***Suarez J. 2012.*** Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el Municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones. Tesis de grado. Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista. 56 p.

106. ***Toledo GY. 2020.*** Uso del análisis costo-beneficio en la evaluación de proyecto de agua potable desde una perspectiva social. Tesis para bachiller en Ingeniería Económica y empresarial. Lima:Universidad Tecnológica del Perú. 46 p.

107. ***Toledo J, Llanes J, Romero C. 2015.*** Nutrición y alimentación de peces de aguas cálidas. AcuaCUBA 17(1): 5-29.

108. ***Torres VL, Martínez KG, Serna JJ, Hernández MC. 2019.*** Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Fisicoquímicas. Inf tecnol 30 (2): 189–200. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189.

109. ***Tran QD, Hendriks WH, Vanderpoel AF. 2008.*** Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. J Sci Food Agr 88(9):1487-1493. doi: 10.1002/jsfa.3247.

110. ***Turesky RJ, Richoz J, Constable A, Curtis KD, Dingley KH, Turteltaub KW. 2003.*** The effects of coffee on enzymes involved in metabolism of the dietary carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] pyridine in rats. Chemico-biological interactions, 145(3): 251-265. https://doi.org/10.1016/S0009-2797(03)00022-X

111. ***Ulloa J, Verreth JA. 2002.*** Growth, feed utilization and nutrient digestibility in tilapia fingerlings (Oreochromis aureus Steindachner) fed diets containing bacteria-treated coffee pulp. Aquac Res 33 (3): 189–195. doi: 10.1046/j.1365-2109.2002.00655.x

112. ***Vargas E, Cabezas MT, Bressani R. 1977.*** Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. II. Absorción y retención de nitrógeno en novillos alimentados con concentrados elaborados con pulpa de café deshidratada. Agronomía Costarricense 1 (2): 101-106.

113. ***Vela C. 2018.*** Modificación de la pulpa de café mediante extrusión y su aprovechamiento en productos de panificación. Tesis de Maestría. México; Universidad Autónoma de Querétaro

114. ***Villasante J, Pérez CE, Heredia OE, Metón I, Almajano MP. 2019.*** In vitro antioxidant activity optimization of nut shell (Carya illinoinensis) by extrusion using response surface methods. Biomolecules 9(12):883. doi: 10.3390/biom9120883

115. ***Wogderess AS. 2016.*** Available information on the feeding value of coffee waste and ways to improve coffee waste for animal feed. Afr J Biol 3: 243-257.

116. ***Wu Y, Zhou Y, Lu C, Ahmad H, Zhang H, He J, Zhang L, Wang T. 2016.*** Influence of Butyrate Loaded Clinoptilolite Dietary Supplementation on Growth Performance, Development of Intestine and Antioxidant Capacity in Broiler Chickens. PLoS ONE 11(4): e0154410. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154410

117. ***Yatalaththov FG, Maliza R, Setiawan H, Budi L. 2021.*** The Effect of Coffee Arabica (*Coffea arabica L.*) Fruit Skin Extracts on Small Intestine Morphometry of Mice (*Mus musculus L.*) with Ethanol-Induced. Bioscience 5(1): 21-31. doi: 10.24036/0202151111571-0-00

118. ***Yoplac I, Yalta J, Vásquez HV, Maicelo JL. 2017.*** Efecto de la Alimentación con Pulpa de Café (Coffea arabica) en los Índices Productivos de Cuyes (Cavia porcellus L) Raza Perú. Rev Investig Vet del Perú 28 (3): 549–561.doi: 10.15381/rivep.v28i3.13362