

Efecto de fuentes lipídicas y salvado de trigo en los indicadores biológicos de pollos de engorde

Amanda Ferreyros Quiñones
Sergio Andrés Granda Dominguez

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de fuentes lipídicas y salvado de trigo en los indicadores biológicos de pollos de engorde

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Amanda Ferreyros Quiñones
Sergio Andrés Granda Dominguez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Efecto de fuentes lipídicas y salvado de trigo en los indicadores biológicos de pollos de engorde

Presentado por

Amanda Ferreyros Quiñones
Sergio Andrés Granda Dominguez

Aprobado:



Yordan Martinez, D.Sc.
Asesor Principal



Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria



Isidro Matamoros (Nov 5, 2020 10:53 CST)

Isidro A. Matamoros, Ph.D.
Asesor



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

Efecto de fuentes lipídicas y salvado de trigo en los indicadores biológicos de pollos de engorde

Amanda Ferreyros Quiñones
Sergio Andrés Granda Domínguez

Resumen. Los lípidos y los compuestos fibrosos forman parte de los avances nutricionales para maximizar el potencial genético del pollo de engorde actual. El objetivo fue evaluar dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo, características de la canal, peso relativo de los órganos y morfometría intestinal de los pollos de engorde. Se distribuyeron 1,200 aves de la línea genética Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos aleatoriamente en seis tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento durante 31 días. Los tratamientos consistieron en dietas formuladas con aceite de palma africana (AP), aceite de soya (AS), manteca de cerdo (MC), AP+salvado de trigo (ST), AS+ST y MC+ST. El AP+ST mejoró ($P \leq 0.05$) el peso vivo y conversión alimenticia, aunque registró mayor mortalidad ($P \leq 0.05$). Además, el AP+ST y MC+ST incrementó el consumo de nutrientes y energía metabolizable. Asimismo, el MC mejoró el rendimiento de la canal, y AP y AS incrementaron el peso del hígado ($P \leq 0.05$). El PA+ST y AS+ST aumentó el peso de la bolsa de Fabricio, aunque AP+ST disminuyó el peso del timo ($P \leq 0.05$). El AP disminuyó la morfometría del intestino delgado y los ciegos ($P \leq 0.05$), aunque sin cambios en el peso relativo, pH y bacterias ácido-lácticas de estos órganos ($P > 0.05$). Ambos factores (lípidos y ST) influyeron en la humedad, cenizas y colorimetría de la pechuga. Las dietas formuladas con AP y ST mostraron la mejor respuesta productiva (excepto la mortalidad) y características de la canal de pollos de engorde.

Palabras clave: Canal, compuesto fibroso, tracto gastrointestinal.

Abstract. Lipids and fibrous compounds are part of nutritional advancements to maximize the genetic potential of broiler today. The objective was to evaluate diets with different lipid sources and wheat bran on growth performance, carcass traits, relative organ weight, and intestinal morphometry of broiler chickens. 1,200 birds from Cobb 500 MV × Cobb 500 FF genetic line were randomly distributed in six treatments and five replicates per treatment for 31 days. Treatments consisted of diets formulated with African palm oil (APO), soybean oil (SO), lard (L), PA+wheat bran (WB), SO+WB and L+WB. APO+WB improved ($P \leq 0.05$) body weight and feed conversion ratio, although it registered the highest mortality ($P \leq 0.05$). In addition, APO+WB and L+WB increased the nutrients and metabolizable energy intakes. Likewise, L improved carcass performance and SO+WB and L+WB increased liver weight ($P \leq 0.05$). Also, APO+WB and SO+WB increased the bursa of Fabricius weight, although APO+WB decreased thymus weight ($P \leq 0.05$). APO decreased the morphometry of the small intestine and the cecum ($P \leq 0.05$), although without changes in the relative weight, pH, and lactic-acid bacteria of these organs ($P > 0.05$). Both factors (lipids and WB) influenced the moisture, ash, and colorimetry of the breast. The diets formulated with APO and WB showed the best productive response (except mortality) and the broiler carcass traits.

Key words: Carcass, fibrous compound, gastrointestinal tract.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4. CONCLUSIONES.....	23
5. RECOMENDACIONES.....	24
6. LITERATURA CITADA	25
7. ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (0-8 días)	4
2. Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (9-18 días)	5
3. Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (19-31 días)	6
4. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (0-8 días)	9
5. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (9-18 días)	11
6. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (19-31 días)	12
7. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde (0-31 días)	13
8. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el consumo de EM y nutrientes de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (0-31 días)	15
9. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en las características de la canal de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días)	17
10. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en las características de la pechuga de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días)	18
11. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el peso relativo de los órganos inmunes de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días)	20
12. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el peso relativo, morfometría intestinal y pH y conteo de BAL cecales de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días)	21
Anexos	
1. Galpón en donde se realizó el experimento	32
2. Pollos instalados en el galpón	32
3. Pollos alimentándose en el comedero	33
4. Revisando a los pollitos	33
5. Día de sacrificio	34

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la avicultura ha crecido debido a diversos factores como el aumento de la población, el poder adquisitivo y una alta demanda. Además, muchas personas de países en vías de desarrollo cuentan con estos animales en sus hogares generando una fuente de proteína de alta calidad en sus dietas (FAO 2019). El aumento en la población supone un crecimiento de 2,300 millones de personas entre el 2009 y 2050, así el reto del sector agrícola es producir más alimento acorde a la demanda poblacional en crecimiento (FAO 2009). A nivel mundial la producción de pollos de engorde en el año 2017 fue de 122 millones de toneladas (FAO 2019).

Asimismo, a lo largo de los años la industria avícola se ha desarrollado debido a avances en la tecnología y reproducción, que ha permitido criar pollos de engorde que cada vez presentan mayor eficiencia en el crecimiento (Cardozo 2017). El avance en el sector de pollos de engorde ha tenido un progreso notable con la ayuda de la evolución genética de las líneas modernas, técnicas de manejo, control de enfermedades, manejo del ambiente, automatización de equipos y los avances en la nutrición de pollos de engorde (Torres 2015). La nutrición y consumo de alimento son factores definitorios para la velocidad de crecimiento de los pollos de engorde (Penz 2018).

En climas tropicales como el que predomina en la Escuela Agrícola Panamericana, las aves están propensas a sufrir de estrés calórico. Añadir cantidades de lípidos adecuadas es beneficioso para solventar este problema. Se ha demostrado que un incremento de la energía del alimento mediante grasas o aceites (en vez de carbohidratos) puede contribuir a reducir el calor que se produce cuando el alimento está siendo metabolizado (Aviagen 2014). Con base en los mejoramientos nutricionales, una mayor concentración energética en la alimentación para aves, mediante lípidos resulta ideal para incrementar la concentración energética en las dietas, de acuerdo con Vilarrasa *et al.* (2015) los componentes lipídicos son las principales fuentes de energía y su efecto en el organismo animal estará en dependencia de la polaridad de los ácidos grasos; se han utilizado fuentes como la grasa animal, aceites vegetales o una mezcla de ambos componentes (Orduña-Hernández *et al.* 2016). Se ha establecido que el aceite de soya permitió expresar un mayor potencial genético en pollos de engorde, en comparación con aquellos alimentados con grasa animal en su dieta; esto se atribuyó a la mayor concentración de ácidos grasos insaturados y menor contenido de ácidos grasos libres en el aceite de soya, lo cual favoreció la digestión y el metabolismo en las aves, sin embargo, estos resultados no son concluyentes (Itzá *et al.* 2008), ya que una formulación óptima con diversas fuentes lipídicas favorece la respuesta animal (Orduña-Hernández *et al.* 2016).

En cuanto a la fibra dietética esta puede contribuir significativamente al valor nutritivo de las dietas de aves de corral, tanto directamente, como fuente de energía e indirectamente, a través de sus efectos sobre los procesos digestivos y metabólicos (Vries 2015). Una de las fuentes fibrosas utilizada en la industria de pollos de engorde es el salvado de trigo, ya que la proteína del salvado es de mejor calidad que la del trigo o el maíz, además tienen un alto contenido de fósforo total (Chaquilla *et al.* 2018). Niveles adecuados de los compuestos fibrosos en la dieta tiene un efecto beneficioso en las aves de corral, algunos autores afirman que aportes de fibra mayores a 30 g/kg podría provocar un efecto perjudicial en la respuesta animal (Sadeghi *et al.* 2015).

Tradicionalmente, la fibra ha sido considerada como un diluyente y un factor anti-nutricional en las dietas de pollos de engorde, con efectos negativos sobre el consumo de alimento, la digestibilidad de nutrientes, el perfil microbiano, y el crecimiento. Sin embargo, investigaciones recientes ha demostrado que la respuesta animal dependerá de la composición de ingredientes de la dieta, la edad de las aves, y el tipo y el nivel de la fuente de fibra utilizada (Caceres 2017). Asimismo, en el intestino, la fibra dietética generalmente se degrada a ácidos grasos de cadena corta (como el butirato, el propionato y el acetato) (Wanzenböck *et al.* 2018). Además, Mateos *et al.* (2012) enunciaron que los efectos de la fibra dietética están relacionados con sus características fisicoquímicas, niveles de inclusión, alimentación, especie y clase animal. A pesar de que se ha estudiado el efecto individual de las fuentes lípidos y fibrosas, pocos estudios han relacionado estos dos factores que definen la respuesta animal.

El objetivo de la presente investigación fue la evaluación del efecto de la interacción de la fibra y lípidos en el desempeño productivo, fisiología digestiva y características de la canal de los pollos de engorde.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación experimental

El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero y marzo de 2020, en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, situada a 30 km al sudeste de Tegucigalpa, en el municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras. La temperatura promedio anual es de 23 °C y la precipitación promedio es de 1,100 mm anuales.

Animales y tratamientos

Para la investigación se ubicaron aleatoriamente 1,200 pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (machos y hembras) de un día de edad en seis tratamientos experimentales, cinco repeticiones por tratamiento y 40 aves por repetición durante 31 días. Se formularon dietas considerando los requerimientos nutricionales de la línea genética en estudio (Cuadros 1, 2 y 3). Se utilizaron tres frecuencias alimentarias (0-8; 9-18; 19-31 días).

Los tratamientos dietéticos consistieron en:

Dietas formuladas con aceite de palma africana (AP)

Dietas formuladas con aceite de soya (AS)

Dietas formuladas con manteca de cerdo (MC)

Dietas formuladas con aceite de palma africana (AP) y salvado de trigo (ST)

Dietas formuladas con aceite de soya (AS) y salvado de trigo (ST)

Dietas formuladas con manteca de cerdo (MC) y salvado de trigo (ST)

Cuadro 1. Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (0-8 días).

Ingredientes	AP	AS	MC	AP+ST	AS+ST	MC+ST
Harina de maíz	50.13	52.14	50.96	43.26	46.18	44.53
Harina de soya	39.47	39.15	39.34	38.99	38.46	38.71
Salvado de trigo (ST)	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00
Premezcla de minerales y vitaminas	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cloruro de sodio	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fuente lipídica	5.70	4.03	5.00	8.02	5.67	7.03
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.38	0.38	0.38	0.40	0.40	0.40
L-Treonina	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11
L-Lisina	0.25	0.25	0.25	0.27	0.27	0.27
Carbonato de calcio	1.13	1.13	1.13	1.14	1.14	1.15
Biofos	1.57	1.55	1.57	1.54	1.50	1.53
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X50 [®]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Costo USD/t	439.63	464.50	443.48	437.87	472.61	442.95
<i>Composición proximal (%)</i>						
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Proteína cruda	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43	23.43
Fibra cruda	2.59	2.62	2.60	2.92	2.96	2.93
FDN	9.56	9.70	9.62	10.81	11.00	10.89
FAD	4.25	4.28	4.25	4.63	4.67	4.64
LAD	0.51	0.52	0.51	0.63	0.64	0.64
Grasa cruda	8.64	7.05	7.97	10.67	8.43	9.73
C16:0	2.67	0.61	1.48	3.65	0.75	1.96
C18:0	0.32	0.22	1.11	0.43	0.28	1.53
C18:2n6	1.68	3.32	1.24	1.87	4.17	1.24
C18:3n3	0.05	0.35	0.06	0.06	0.48	0.06
Ca	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
P disponible	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Metionina+cistina	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Treonina	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Valina	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.91
Isoleucina	0.80	0.80	0.80	0.78	0.78	0.80
Lisina	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Arginina	1.30	1.30	1.30	1.28	1.28	1.30
Triptófano	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Fenilalanina	0.80	0.80	0.80	0.77	0.77	0.80

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

FDN: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: Lipoproteína de alta densidad; MS: materia seca.

Cuadro 2. Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (9-18 días).

Ingredientes	AP	AS	MC	AP+ST	AS+ST	MC+ST
Harina de maíz (7.79 %)	62.47	62.97	62.36	56.45	57.26	56.25
Harina de soya (48%)	30.48	30.39	30.49	29.78	29.65	29.82
Salvado de trigo	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00
Premezcla de minerales y vitaminas	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cloruro de sodio	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fuente lipídica	2.79	2.37	2.88	4.48	3.79	4.63
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.30	0.30	0.30	0.32	0.32	0.32
L-Treonina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
L-Lisina	0.27	0.27	0.27	0.29	0.29	0.29
Carbonato de calcio	1.09	1.07	1.08	1.08	1.10	1.10
Biofos	1.25	1.28	1.27	1.25	1.23	1.23
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X50 [®]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cocciostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Costo USD/t	399.52	417.32	404.40	393.65	422.41	402.05
<i>Composición proximal (%)</i>						
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025	3,025
Proteína cruda	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Fibra cruda	2.50	2.51	2.50	2.84	2.84	2.83
FDN	9.52	9.56	9.51	10.82	10.87	10.80
FAD	3.94	3.95	3.94	4.33	4.34	4.33
LAD	0.56	0.56	0.56	0.68	0.70	0.68
Grasa cruda	6.04	5.64	6.12	7.46	6.80	7.61
C16:0	1.45	0.48	0.97	2.16	0.59	1.39
C18:0	0.19	0.15	0.66	0.26	0.20	1.03
C18:2n6	1.54	2.54	1.32	1.67	3.28	1.32
C18:3n3	0.05	0.23	0.05	0.06	0.33	0.06
Ca	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
P disponible	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Metionina+cistina	0.85	0.85	0.85	0.87	0.85	0.85
Treonina	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Valina	0.79	0.79	0.79	0.76	0.76	0.76
Isoleucina	0.68	0.68	0.68	0.66	0.66	0.66
Lisina	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Arginina	1.09	1.09	1.09	1.07	1.07	1.07
Triptófano	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Fenilalanina	0.70	0.70	0.70	0.67	0.67	0.67

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo. FDN: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: Lipoproteína de alta densidad; MS: materia seca.

Cuadro 3. Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (19-31 días).

Ingredientes	AP	AS	MC	AP+ST	AS+ST	MC+ST
Harina de maíz (7.79 %)	64.03	64.73	64.31	58.02	59.00	57.80
Harina de soya (48%)	28.33	28.20	27.96	27.62	27.47	27.67
Salvado de trigo	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00
Premezcla de minerales y vitaminas	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cloruro de sodio	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fuente lipídica	3.75	3.17	3.86	5.43	4.60	5.60
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.26	0.26	0.26	0.28	0.28	0.28
L-Treonina	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
L-Lisina	0.22	0.22	0.22	0.24	0.24	0.24
Carbonato de calcio	1.02	1.00	1.00	1.02	1.01	1.01
Biofos	1.07	1.10	1.07	1.06	1.07	1.07
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X50 [®]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Costo USD/t	394.14	417.76	399.58	385.83	423.16	398.31
<i>Composición proximal (%)</i>						
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100
Proteína cruda	19.00	19.00	19.0	19.00	19.00	19.00
Fibra cruda	2.45	2.50	2.44	2.83	2.80	2.78
FDN	9.38	9.43	9.37	10.84	10.75	10.67
FAD	3.83	3.84	3.81	4.28	4.24	4.22
LAD	0.56	0.57	0.56	0.70	0.69	0.69
Grasa cruda	7.01	6.46	7.13	8.00	7.64	8.59
C16:0	1.87	0.56	1.21	2.38	0.67	1.63
C18:0	0.23	0.18	0.87	0.29	0.23	1.23
C18:2n6	1.64	2.99	1.35	1.74	3.73	1.36
C18:3n3	0.05	0.28	0.05	0.05	0.39	0.05
Ca	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
P disponible	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Metionina+cistina	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Treonina	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Valina	0.75	0.75	0.75	0.73	0.73	0.73
Isoleucina	0.64	0.64	0.64	0.62	0.62	0.62
Lisina	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Arginina	1.04	1.04	1.04	1.01	1.01	1.01
Triptófano	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Fenilalanina	0.67	0.67	0.67	0.64	0.64	0.64

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo. FDN: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: Lipoproteína de alta densidad; MS: materia seca.

Condiciones experimentales

Cada repetición estuvo constituida por un corral con cama de viruta de madera y 11 aves/m². El alimento y el agua se suministró *ad libitum* en comederos tipo tolva y bebederos de niple, respectivamente. La temperatura y la ventilación dentro del galpón se controló mediante criadoras de gas, manejo de cortinas y ventiladores. La nave se desinfectó según las normas de calidad medioambientales. No se utilizó medicamentos, ni atención veterinaria terapéutica durante toda la etapa experimental. Las aves se vacunaron contra Newcastle, Gumboro y bronquitis (primer día).

Desempeño productivo

En cada fase experimental (inicio, crecimiento y finalización) se determinó los indicadores del desempeño productivo de los pollos de engorde. La viabilidad se determinó por los animales vivos entre los existentes al inicio del experimento. El peso inicial y el final de cada etapa se realizó de forma individual, en una balanza industrial Mettler Toledo[®] IND226 con precisión ± 1.00 g. El consumo de alimento, consumo de nutrientes y energía metabolizable se calculó diariamente mediante el método de oferta y rechazo. Se calculó la conversión alimenticia como la cantidad de alimento ingerido, para una ganancia de 1 g de peso vivo (PV).

Peso relativo de las porciones comestibles y órganos linfoides

A los 31 días de edad se sacrificaron por el método desangrado en la vena yugular 10 aves/tratamiento en ayunas por seis horas. Para determinar el peso relativo de la canal y vísceras, se realizó un pesaje de los pollos antes del sacrificio en una balanza digital Truweigh[™] Blaze digital scale BL-100-01-BK con precisión ± 0.1 g. Después del sacrificio se pesó la canal, vísceras comestibles (hígado, corazón y molleja), pechuga, grasa abdominal, bolsa de Fabricio, timo y bazo.

Composición química y colorimetría de la pechuga

En el sacrificio se tomaron tres muestras de pechuga por cada tratamiento. Se determinó la humedad, grasa, cenizas, proteína según la metodología descrita por la AOAC (2006). Además, se calculó el color por medio del equipo Colorflex Hunter $L^* a^* b^*$ mediante el método AN 1018.00. L^* corresponde a luminosidad para indicar colores oscuros (0 – 50) y claros (51 – 100). La escala a^* corresponde valores positivos (rojo) o negativos (verde) y la escala b^* corresponde a valores positivos (amarillo) y negativos (azul).

Bacterias ácido-lácticas y pH cecal

Seguido el sacrificio, se determinó el pH en el ciego izquierdo de cinco aves/tratamiento en ayunas, mediante un potenciómetro digital Oakton[®] modelo pH 700, calibrado con soluciones buffer de pH a 1.68, 4.01, 7.00, 10.01, y 12.45. Además, en el sacrificio, se tomó el ciego derecho de tres aves/tratamiento y se hizo un raspado de la mucosa con un bisturí para cultivo microbiológico. El contenido cecal de cada muestra (1 g), se depositó en un tubo conteniendo 9 mL de agua de peptona estéril (Cultimed Parnreac-Química-SAU), se homogenizó en agua destilada a razón de 1/10 (p/v) y a partir de ella se realizó diluciones seriadas (1/10) hasta la dilución 10^6 . De cada dilución se tomó 0.1 mL y se sembraron en cajas de Petri con agar MRS (Difco Laboratories, Detroit, Mich.) y pH 5.6 a 37 °C por 48 h en anaerobiosis (Gas Pak System, BBL, Cockeysville, EE.UU.). Para la determinación de las bacterias ácido-lácticas, se realizó tres repeticiones por cada dilución;

posteriormente, se realizó el conteo visual de las colonias. Los ensayos se realizarán en el laboratorio de microbiología de la EAP.

Diseño experimental y análisis estadísticos.

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple en un diseño totalmente aleatorizado, antes de realizar el análisis de varianza se procedió a verificar la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y para la uniformidad de la varianza, la prueba de Bartlett, en los casos necesarios se empleó la Dócima de Duncan (1955) para determinar las diferencias entre medias. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones. Se realizó una interacción entre las fuentes lipídicas y la inclusión de salvado de trigo en las dietas. Todos los análisis se desarrollaron según el software estadístico SPSS versión 23.1.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se observa el efecto de las fuentes de lípidos y salvado de trigo (ST) sobre el desempeño productivo de los pollos de engorde en los primeros ocho días de vida. Los AP+ST y MC+ST indicaron los mayores pesos vivos con diferencias notables con el AS ($P \leq 0.05$). Además, este último tratamiento (AS) tuvo la mayor conversión alimenticia comparado con el AP y MC ($P \leq 0.05$) y el consumo de alimento y la mortalidad no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos experimentales ($P > 0.05$). Asimismo, solo se observó una interacción significativa ($P \leq 0.05$) entre los lípidos y el ST para el peso vivo.

Cuadro 4. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (0-8 días).

Tratamientos	Indicadores			
	Peso vivo (g)	Consumo de alimento (g/ave)	Conversión alimenticia	Mortalidad (%)
AP	202.33 ^{ab}	166.99	1.07 ^b	0.00
AS	195.67 ^b	176.15	1.18 ^a	0.00
MC	203.28 ^{ab}	171.16	1.09 ^b	0.00
AP+ST	208.48 ^a	175.98	1.08 ^b	1.00
AS+ST	201.49 ^{ab}	175.65	1.13 ^{ab}	0.50
MC+ST	207.84 ^a	181.93	1.12 ^{ab}	0.50
EE±	1.307	5.415	0.028	0.382
Valor de P	0.007	0.510	0.009	0.365
Lípidos	0.050	0.603	0.027	0.754
ST	0.038	0.159	0.970	0.043
Interacción de lípidos vs ST	0.050	0.602	0.310	0.754

^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$.

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

Como se observó en el Cuadro 4, el desempeño productivo se modificó según los tratamientos experimentales (0-8 días), esto demuestra que un cambio en los aportes del perfil de ácidos grasos y del compuesto fibroso en las dietas repercute directamente la respuesta productiva de los pollos de engorde (Cuadro 2). En este sentido, Jørgensen *et al.* (1996) mencionaron que el salvado de trigo en cantidades moderadas contiene propiedades beneficiosas para el crecimiento animal, mayor actividad microbiana y digestibilidad de nutrientes. En este sentido, González-Alvarado *et al.* (2008); Jiménez *et al.* (2009) y Sacranie *et al.* (2012) indicaron que una cantidad moderada de fibra cruda podría beneficiar el desarrollo del tracto gastrointestinal de las aves, debido a una mayor producción de ácido clorhídrico, enzimas y crecimiento de las bacterias ácido-lácticas, lo cual repercute directamente en el crecimiento en pollos de engorde.

Para la etapa inicial, se observó que el AP+ST y MC+ST con salvado trigo como fuente fibrosa benefició el peso vivo, asimismo autores como González-Alvarado *et al.* (2007) y Kalmendal *et al.*

(2011) indicaron que la inclusión de concentraciones moderadas de fibra insoluble en la dieta, mejora la digestibilidad y el crecimiento de los pollos de engorde comparado con las dietas convencionales, además, los compuestos fibrosos mejoran la actividad de la molleja y a su vez la digestibilidad de los otros componentes de la ración. Recientes informes han demostrado que los efectos de la inclusión de fibra insoluble en la dieta muestran efectos positivos sobre la fisiología y crecimiento, tasa de paso de alimento, desarrollo de órganos, integridad de la mucosa y comportamiento animal en pollos de engorde (Jiménez *et al.* 2010). Según Mateos *et al.* (2012), a diferencia de las fibras insolubles, las fibras solubles ricas en pectinas como la pulpa de remolacha que incrementan la viscosidad intestinal y decrece el paso del alimento, lo que puede significar una reducción en la comida ingerida, lo que reduce la velocidad de crecimiento (Jiménez *et al.* 2010; Mateos *et al.* 2013).

Como se observa en el Cuadro 4, ambos factores (salvado de trigo y fuente de lípidos) influyeron en el peso vivo de los pollos de engorde. En este sentido, la baja digestibilidad en la primera semana de vida debido a un ineficiente metabolismo energético aparente influye directamente en la producción de pollos, también la digestibilidad de los lípidos depende del perfil de ácidos grasos y de la secreción de lipasa, tripsina y amilasa (Tanchaenrat *et al.* 2013). Según Leeson y Summers (2005) la baja digestibilidad de lípidos en pollos de engorde en etapas iniciales se ve influenciado por el bajo nivel de sales biliares.

Los resultados mostraron que la manteca de cerdo y el aceite de palma africana incrementaron el peso vivo, estas dos fuentes se caracterizan por ser fuentes ricas en ácidos grasos saturados debido a su contenido de ácido palmítico (C16:0) y ácido esteárico (C18:0). En este sentido, Dänicke (2000) reportó que la presencia de sales biliares incrementa la formación de micelas, dando paso a la digestión y absorción de los ácidos grasos saturados. Sin embargo, los ácidos grasos insaturados de cadena larga como el ácido linoleico y linolénico pueden ser absorbidos por las aves en la etapa inicial sin la presencia de sales biliares (NCR 1994). Estos resultados contradicen los otros estudios que enuncian que los ácidos grasos saturados reducen la velocidad de crecimiento, al parecer los pollos actuales poseen una mayor producción de sales biliares, con una mayor emulsificación de los ácidos grasos saturados, sin embargo, más estudios son necesarios para comprobar esta hipótesis.

El periodo de crecimiento (9-18 días) de pollos de engorde alimentados con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo se muestra en el Cuadro 5. El AP+ST indicó un alto peso vivo y consumo de alimento, siendo diferentes estadísticamente con el AS ($P \leq 0.05$), aunque sin cambios significativos ($P \leq 0.05$) entre tratamientos para la conversión alimenticia y mortalidad ($P > 0.05$). Además, no se encontraron interacciones significativas para ningún indicador productivo ($P > 0.05$).

Cuadro 5. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (9-18 días).

Tratamientos	Indicadores			
	Peso vivo (g)	Consumo de alimento (g/ave)	Conversión alimenticia	Mortalidad (%)
AP	586.94 ^{ab}	557.30 ^{ab}	1.45	0.00
AS	565.04 ^b	540.04 ^b	1.46	1.00
MC	589.48 ^{ab}	551.96 ^{ab}	1.43	1.00
AP+ST	610.47 ^a	574.26 ^a	1.43	1.51
AS+ST	591.11 ^{ab}	549.06 ^{ab}	1.41	0.50
MC+ST	590.76 ^{ab}	563.68 ^{ab}	1.47	0.00
EE±	8.429	9.033	0.022	0.578
Valor de P	0.035	0.016	0.082	0.382
Lípidos	0.070	0.050	0.770	0.881
ST	0.020	0.101	0.570	0.993
Interacción de lípidos vs ST	0.284	0.905	0.102	0.092

^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$.

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

La utilización de diferentes fuentes lipídicas y altos compuestos fibrosos en la misma dieta en edad temprana de los pollos parece tener una influencia en el consumo de alimento, crecimiento y posterior desarrollo de las aves. El incremento de las fuentes lipídicas incrementa la palatabilidad y la eficiencia alimenticia de los pollos de engorde (Ge *et al.* 2019). Según Martínez *et al.* (2015) el salvado de trigo rico en fibra insoluble incrementa la proliferación de las bacterias ácido-láctica cecales, lo que incide en una mejor salud intestinal y digestibilidad de los nutrientes, para nuestro conocimiento este es el primer trabajo que interactúa los compuestos fibrosos y el perfil de ácidos grasos en los pollos de engorde, lo que aporta nuevos conocimientos para entender el metabolismo energético a partir de los lípidos y el rol de la fibra insoluble en los pollos de engorde.

Según Tancharoenrat *et al.* (2013) la influencia de fuentes lipídicas en el metabolismo energético es más evidente en la etapa de crecimiento y finalización por los mayores requerimientos energéticos de los pollos actuales. De igual manera, estos autores encontraron que el metabolismo energético aparente para el aceite de soya, la grasa animal de pollos y el aceite de palma no muestran un nivel significativo ($P > 0.05$). En el Cuadro 5, el aceite de soya tuvo la menor respuesta productiva, a pesar de que los ácidos grasos insaturados en teoría requieren menor actividad enzimática y secreción de ácido grasos biliares, al parecer un exceso del ácido graso linoleico por un incremento del aceite de soya en la dieta disminuyó la productividad. Según Martínez *et al.* (2013) los mayores aportes del ácido graso linoleico incrementan la presencia de su precursor, el ácido araquidónico que incide en la producción de eicosanoides perjudiciales para el organismo animal, sin embargo, más estudios son necesarios para confirmar la hipótesis. Además, el incremento de tripsina y amilasa incrementa de 20-100 veces en el periodo de 4-21 días, mientras que el incremento de la lipasa es más lento y en pequeñas cantidades (Noy y Sklan 1995), de esta manera es evidente que los pollos en el Cuadro 5 muestran una mayor relevancia hacia los lípidos.

Similar a las otras etapas productivas, el peso vivo incrementó ($P \leq 0.05$) con el AP+ST respecto al MC (Cuadro 6). Además, el menor consumo de alimento se observó en el AS siendo diferentes estadísticamente con el MC y MC+ST ($P \leq 0.05$). Además, los AS, AP+ST y MC redujeron notablemente ($P \leq 0.05$) la conversión alimenticia y la mortalidad no cambió entre tratamientos ($P > 0.05$), no obstante, se encontró una interacción significativa ($P \leq 0.05$) para la conversión alimenticia.

Cuadro 6. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (19-31 días).

Tratamientos	Indicadores			
	Peso vivo (g)	Consumo de alimento (g/ave)	Conversión alimenticia	Mortalidad (%)
AP	1588.39 ^{ab}	1508.12 ^{abc}	1.51 ^{ab}	0.50
AS	1557.24 ^{ab}	1467.20 ^c	1.48 ^b	1.50
MC	1555.04 ^b	1535.52 ^a	1.59 ^a	0.50
AP+ST	1648.46 ^a	1525.90 ^{ab}	1.48 ^b	1.00
AS+ST	1558.31 ^{ab}	1475.77 ^{bc}	1.53 ^{ab}	0.00
MC+ST	1628.00 ^{ab}	1542.72 ^a	1.49 ^b	1.01
EE±	28.359	17.858	0.028	0.614
Valor de P	0.010	0.026	0.006	0.605
Lípidos	0.122	0.003	0.193	0.999
ST	0.050	0.451	0.234	0.749
Interacción de lípidos vs ST	0.415	0.950	0.049	0.190

^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$.

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

Diversos estudios demuestran que la inclusión dietética de alta concentraciones lipídicas puede reducir la relación de alimento-ganancia, por lo que se atribuye que este exceso de lípidos es utilizado en su mayoría para incrementar el crecimiento del pollo de engorde en el periodo de 1-21 días (Maiorka *et al.* 2004; Niu *et al.* 2009; Ge *et al.* 2019). Como se observa en el Cuadro 6, los resultados coinciden con los autores, ya que el AP+ST, dieta rica en ácido grasos saturados y salvado de trigo indicó el mayor peso vivo, siendo más evidente en la etapa de finalización que requiere una mayor contribución de energía, además el sistema digestivo en esta etapa es más funcional y los mayores aportes de fibra por el salvado de trigo incrementan la cuantificación de las bacterias ácido-lácticas cecales.

En el Cuadro 6, el aumento de peso vivo tiene mayor relevancia con el AP+ST, acorde con Li *et al.* (2019) dietas basadas en salvado de trigo en toda la etapa productiva, podría ser beneficioso en el comportamiento productivo de los pollos hasta la fecha de sacrificio, sin embargo, en esta etapa (19-31 días), las dietas formuladas con base a lípidos saturados y fibra cruda beneficiaron el peso vivo y consumo de alimento de los pollos (AP+ST), de este modo la inclusión de manteca de cerdo en la dieta como fuente lipídica incrementa el consumo de alimento, mediante el paso de la alimentación a nivel del íleon. Según Honda *et al.* (2009) la digestibilidad de nutrientes no es

afectado en el íleon, ni en el recto, por consiguiente, al incluir mayor cantidad de fibra en la etapa final se incrementa el consumo de grasa cruda, y la cantidad de energía metabolizable ingerida, lo que influye directamente en el peso de los pollos (Martínez *et al.* 2015).

Otros estudios realizados demuestran que la inclusión de emulsificantes en la dieta con lípidos, no tienen un impacto significativo en el peso vivo de los pollos, ya el crecimiento se debe únicamente a los efectos de la energía que producen los lípidos como el aceite de palma (Martínez *et al.* 2013; Abbas *et al.* 2016). De este modo, se observa que el salvado de trigo mostró el principal efecto en esta etapa, esto significa que es necesario un mayor aporte de fibra cruda en las dietas para mejorar la productividad de los pollos de engorde.

El Cuadro 7 muestra que el consumo de alimento en toda la etapa productiva (0-31 días) incrementó con el MC+ST. Además, el AP+ST redujo ($P \leq 0.05$) la conversión alimenticia, sin embargo, este tratamiento incrementó ($P \leq 0.05$) la mortalidad comparado con el AP.

Cuadro 7. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (0-31 días).

Tratamientos	Indicadores		
	Consumo de alimento (g/ave)	Conversión alimenticia	Mortalidad (%)
AP	2232.41 ^{abc}	1.45 ^{ab}	0.50 ^b
AS	2183.39 ^c	1.45 ^b	2.50 ^{ab}
MC	2258.63 ^{abc}	1.50 ^a	1.50 ^{ab}
AP+ST	2276.13 ^{ab}	1.42 ^b	3.50 ^a
AS+ST	2200.48 ^{bc}	1.46 ^{ab}	1.00 ^{ab}
MC+ST	2288.32 ^a	1.45 ^{ab}	1.50 ^{ab}
EE±	24.003	0.019	0.007
Valor de P	0.028	0.017	0.024
Lípidos	0.004	0.172	0.858
ST	0.215	0.169	0.050
Interacción de lípidos vs ST	0.415	0.292	0.057

^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$.

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

Similar a los otros cuadros, el Cuadro 7 indicó que las dietas con manteca de cerdo y salvado de trigo tuvieron el mayor consumo de alimento en el periodo evaluado, al parecer la combinación de una fuente rica en ácidos grasos saturados de origen animal y el mayor aporte de fibra provocó una mayor velocidad de pasaje del quimo alimenticio en el tracto gastrointestinal. Cabe destacar que, la fuente de lípidos determina el consumo de alimento de los pollos, no así el factor de la fibra y su combinación con la biomolécula (lípidos). En este sentido, los alimentos ricos en los ácidos grasos palmítico y esteárico al ser menos polares necesitan a una mayor actividad de la hormona CCK que contrae la vesícula biliar y provoca la emulsificación de los lípidos, esta acción acelera la velocidad el quimo alimenticio en el duodeno, contrario a los alimentos ricos en ácidos grasos poliinsaturados

que disminuyen la velocidad pasaje y su vez el consumo por el estado de saciedad (Martínez *et al.* 2015).

En este sentido, Jansen *et al.* (2015) concluyeron que la manteca de cerdo tiene un alto contenido de lisolecitinas que en niveles adecuados mejoran la energía metabolizable digestible, la retención de nitrógeno y la digestibilidad de los otros componentes de la ración. Al parecer, una mayor incorporación de fibra en dietas podría incrementar el aprovechamiento de los lípidos saturados, como ocurrió para el AP+ST que incrementó el peso vivo y la conversión alimenticia, aunque el AS tuvo una baja conversión alimenticia, este tratamiento tuvo los peores resultados para la variable de peso vivo. Esto concuerda con Li *et al.* (2018), quienes encontraron que el empleo de niveles moderados del salvado de trigo como los utilizado en este estudio incrementa la digestibilidad de los nutrientes y energía metabolizable.

Indiscutiblemente, la fibra tiene efectos comprobados en el peso relativo de los órganos digestivos pH, la tasa de paso del alimento y microbiología intestinal, aunque dependerá de la natural del compuesto fibroso, granulometría y su inclusión en la dieta (Mateos *et al.* 2012; 2013). Según Jha *et al.* (2019) las dietas basadas en fibra en animales monogástricos estimulan el crecimiento de bacterias intestinales, las cuales se fermentan en el intestino grueso a ácidos grasos de cadena corta, así la fibra puede beneficiar el sistema inmunitario, sin embargo, altos niveles celulosa, hemicelulosa y lignina provoca disturbios intestinales, lo que incide en la mortalidad, sobre todo en las primeras etapas de vida.

Por otro lado, Noy y Sklan (1995) y Tancharoenrat *et al.* (2013) explican que en edades tempranas los lípidos son poco asimilados, sin embargo, la actividad enzimática incrementa con la edad. Estudios actuales demuestra que la inclusión de ácidos biliares a las dietas mejora el metabolismo de los lípidos hepáticos y las actividades enzimáticas (Ge *et al.* 2019). Además, estos autores reportaron que el uso dietético de los emulsificantes incrementa la superficie activa de los lípidos, lo que ayuda a que molécula más sencilla de triglicéridos se desdoble en ácidos grasos libre, y monoglicéridos, esto mejora la formación de micelas y la digestibilidad de los lípidos (Guerreiro Neto *et al.* 2011). Además, Upadhaya *et al.* (2017) reportaron que la inclusión de 1,3-Diacilglicerol incrementa el crecimiento y la digestibilidad de las grasas.

En el Cuadro 8 se observa el efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el consumo de EM y nutrientes de pollos de engorde (0-31 días). Los AS tuvo los menores valores para el consumo de EM y la mayoría de los nutrientes, excepto el consumo de fibra en las dietas donde se incluyó el salvado de trigo. Varela (1963) estudio el coeficiente de digestibilidad de diferentes aceites vegetales y encontró que el más bajo correspondió al aceite de soya. Al parecer, una reducción del consumo de alimento en el AS provocó a su vez una reducción de la EM, ácidos grasos y aminoácidos, como los nutrientes más importantes en el crecimiento del pollo.

Cuadro 8. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el consumo de EM y nutrientes de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (0-31 días).

Ítems (g/ave)	Tratamientos experimentales						EE±	Valor de P			
	AP	AS	MC	AP+ST	AS+ST	MC+ST		Tto	Lípidos	ST	Lípidos x ST
EM (kcal/ave)	6280.93 ^{abc}	6104.01 ^c	6348.01 ^{ab}	6386.55 ^a	6157.50 ^{bc}	6405.55 ^a	69.495	0.023	0.004	0.215	0.917
PC	429.81 ^{abc}	417.71 ^c	434.40 ^{ab}	437.04 ^a	421.37 ^{bc}	438.34 ^a	4.756	0.023	0.004	0.215	0.917
FC	51.84 ^c	50.99 ^c	52.40 ^c	60.06 ^a	58.11 ^b	60.03 ^a	0.629	<0.001	0.030	<0.001	0.689
FDN	196.01 ^b	191.89 ^b	198.31 ^b	227.24 ^a	220.10 ^a	227.28 ^a	2.380	<0.001	0.019	<0.001	0.806
FDA	82.62 ^c	80.69 ^c	83.50 ^c	92.62 ^a	89.50 ^b	92.68 ^a	0.979	<0.001	0.011	<0.001	0.825
LAD	11.15 ^b	11.04 ^b	11.27 ^b	14.07 ^a	13.77 ^a	14.11 ^a	0.145	<0.001	0.143	<0.001	0.808
GC	149.33 ^{bc}	128.06 ^d	147.58 ^c	182.92 ^a	154.29 ^b	181.99 ^a	1.825	<0.001	<0.001	<0.001	0.066
C16:0	41.30 ^b	11.04 ^f	25.47 ^d	57.33 ^a	13.57 ^e	34.97 ^c	0.426	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
C18:0	5.16 ^d	3.61 ^c	18.37 ^b	6.93 ^c	4.86 ^d	26.54 ^a	0.165	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
C18:2n6	33.46 ^d	59.21 ^b	27.13 ^c	36.96 ^c	75.52 ^a	27.59 ^c	0.498	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
C18:n3	1.03 ^d	5.82 ^b	1.04 ^d	1.26 ^c	8.10 ^a	1.26 ^c	0.043	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Ca	17.62 ^{abc}	17.22 ^c	17.81 ^{ab}	17.91 ^a	17.27 ^{bc}	17.97 ^a	0.195	0.023	0.004	0.215	0.917
P disponible	8.88 ^{abc}	8.63 ^c	8.98 ^{ab}	9.03 ^a	8.70 ^{bc}	9.59 ^a	0.098	0.023	0.004	0.215	0.917
Met+Cys	17.97 ^{abc}	17.46 ^c	18.16 ^{ab}	18.27 ^a	17.62 ^{bc}	18.33 ^a	0.199	0.023	0.004	0.215	0.917
Thr	15.49 ^{abc}	15.05 ^c	15.65 ^{ab}	15.75 ^a	15.19 ^{bc}	15.80 ^a	0.171	0.023	0.004	0.215	0.917
Val	16.94 ^{ab}	16.50 ^{bc}	17.12 ^a	16.59 ^{ab}	15.99 ^c	15.85 ^{ab}	0.183	0.003	0.001	0.025	0.865
Ile	14.66 ^{ab}	14.25 ^{bc}	14.82 ^a	14.49 ^{ab}	13.97 ^c	14.53 ^{ab}	0.159	0.014	0.004	0.070	0.923
Lys	23.55 ^{abc}	22.88 ^c	23.80 ^{ab}	23.52 ^a	22.68 ^{bc}	23.80 ^a	0.261	0.023	0.004	0.215	0.917
Arg	23.55 ^{ab}	22.88 ^{bc}	23.52 ^a	23.52 ^{ab}	22.68 ^c	23.80 ^a	0.258	0.018	0.002	0.727	0.908
Trp	4.34 ^{abc}	4.22 ^c	4.39 ^{ab}	4.41 ^a	4.25 ^{bc}	4.42 ^a	0.048	0.023	0.004	0.215	0.917
Phe	14.87 ^{ab}	14.45 ^b	15.03 ^a	14.49 ^a	13.97 ^c	14.75 ^{ab}	0.160	0.002	0.001	0.008	0.831

^{a,b,c,d}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P < 0.05$.

EM: energía metabolizable; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutra; FC: fibra cruda; GC: grasa cruda. AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

Con relación al consumo de grasa cruda en las dietas, el AP+ST indicó el mayor consumo del C16:0, debido a que el aceite de palma es rico en este ácido graso (39.3-47.5%; Rincón *et al.* 2009). Al parecer, un incremento en el consumo de la fibra mejoró el aprovechamiento de los otros componentes de la ración, ya que AP y AP+ST usaron el aceite de palma, pero este último usó la fuente fibrosa y mostró los mejores pesos vivos ($P \leq 0.05$). Se destaca, que las aves tienen un alto coeficiente de digestibilidad de la proteína del salvado de trigo (Blas *et al.* 2011), lo que su uso podría beneficiar la disponibilidad de proteínas y aminoácidos importantes para el crecimiento de estos animales. Los lípidos, la fibra y la interacción tuvieron efecto, ya que el MC con fibra tuvo un mejor aprovechamiento de C18:0. La manteca de cerdo tiene un alto contenido en energía y aporte de ácidos grasos saturados, principalmente ácido esteárico, según Solà-Oriol (2020) el C18:0 tiene menor poder aterogénico que el C16:0, aunque los estudios de estos dos ácidos grasos saturados por separados no son concluyentes.

Para el consumo de PC se observan diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) con los mayores valores para MC+ST (Cuadro 8), esto se justifica por el mayor consumo de alimento que este grupo. Referente al consumo de fibra cruda, esto estuvo influido por las fuentes lipídicas y el aporte de fibra en las dietas, aunque sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la interacción. El mayor aporte de los compuestos fibrosos provocó un mayor consumo de estas estructuras químicas, sobre todo el AP+ST y MC+ST, con aceite de palma africana y manteca de cerdo. En resumen, los tratamientos que tuvieron los mejores consumos de nutrientes y EM correspondieron a las dietas formuladas con lípidos saturados y mayores aportes de fibra.

En el Cuadro 9 se observa el efecto de las fuentes lipídicas y salvado de trigo como fuente de fibra en las características de la canal a los 31 días de vida. La pechuga, pierna, grasa abdominal, molleja y corazón no indicaron diferencias notables entre las fuentes ($P > 0.05$). Sin embargo, la canal y el hígado muestran diferencias significativas en fuentes lipídicas ($P \leq 0.05$) con respecto a las fibras y la interacción de lípidos vs ST ($P > 0.05$). No obstante, la interacción de lípidos vs ST muestra diferencia en la canal ($P \leq 0.05$) con respecto al hígado ($P > 0.05$). A pesar de ello la fibra muestra diferencias en el hígado ($P < 0.05$). En este sentido, el AP incrementó el peso relativo de la canal con respecto al AS. A diferencia de la canal, el AS y MC incrementan el peso relativo del hígado con respecto a los AS y MC que resultaron en los pesos más bajos.

Cuadro 9. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en las características de la canal de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días).

Tratamientos	Indicadores (%)						
	Canal	Pechuga	Pierna	GA	Molleja	Corazón	Hígado
AP	67.73 ^{bc}	23.75	10.37	0.96	1.79	0.63	2.33 ^a
AS	66.51 ^c	22.81	10.30	1.02	1.68	0.65	2.23 ^a
MC	70.20 ^a	24.40	10.66	1.12	1.76	0.64	2.18 ^a
AP+ST	68.22 ^{abc}	23.58	10.49	1.26	1.62	0.60	2.20 ^a
AS+ST	68.94 ^{ab}	23.58	10.68	1.14	1.76	0.59	1.97 ^b
MC+ST	68.83 ^{ab}	22.30	10.52	1.33	1.83	0.63	1.98 ^b
EE±	0.728	0.964	0.205	0.123	0.067	0.028	0.063
Valor de P	0.020	0.882	0.737	0.289	0.403	0.678	0.001
Lípidos	0.035	0.849	0.725	0.452	0.430	0.795	0.010
ST	0.390	0.726	0.490	0.044	0.903	0.145	0.001
Interacción de lípidos vs ST	0.040	0.531	0.449	0.621	0.185	0.782	0.621

^{a,b,c}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$. GA: Grasa abdominal.

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

El MC mostró el mejor rendimiento de la canal, en comparación a las dietas formuladas con aceite de soya, estos resultados están en correspondencia a los consumos de estos tratamientos, el MC mostró altos consumo de aminoácidos, siendo inferior estos consumos en el AS. Esto demuestra claramente que la fuente de lípido influye directamente en el rendimiento de la canal. Sin embargo, Zollitsch *et al.* (1997) encontraron una respuesta positiva en el rendimiento de la canal y reducción de la grasa abdominal cuando utilizaron aceite de colza en las dietas de pollos de engorde. Otro estudio presentó resultados similares al incluir dietas con baja energía (Hussein *et al.* 2020). Además, Saki *et al.* (2011) reportaron resultados similares con un incremento de fibra en la dieta, sin embargo, al incluir pectina y celulosa como fuente de dietas de polisacáridos sin almidón provocó un incremento en el peso relativo de la canal a los 42 días. No obstante, Sadeghi *et al.* (2015) reportaron que existe mayor rendimiento de la canal cuando se incluye dietas en base de fibra como la pulpa de remolacha.

Acorde con el Cuadro 9, el aceite de palma tuvo el mayor efecto en el peso relativo del hígado, sobre todo por la mayor actividad hepática para metabolizar los ácidos grasos saturados como el C16:0, que es el ácido graso mayoritario en esta fuente lipídica. Es conocido, que hígado cumple una función fundamental en el transporte de los lípidos, ya que las aves carecen de un sistema linfático intestinal (Osorio y Florez 2011; Al-Marzooqi y Leeson 2000), similares resultados fueron encontrados por Velasco *et al.* (2010) y Martínez *et al.* (2013) cuando compararon fuentes saturadas e insaturadas en las dietas. Además, el posible efecto hipolipemiante de la fibra pudo reducir el metabolismo hepático en el AS y MC, esto tratamiento tuvieron el mayor consumo de C18:26 y C18:0, ácidos grasos que necesitan menos activación enzimática en el hígado. No obstante, Sadeghi *et al.* (2015) informaron que al incluir la pulpa de remolacha como fuente de fibra el peso relativo del hígado no se ve afectado.

Por otro lado, Hu *et al.* (2018) reportaron un incremento del peso relativo del hígado en dietas que contienen grasa animal y lipasa, en el mismo ámbito Hussein *et al.* (2020) reportaron un incremento del peso relativo del hígado con la inclusión de dietas bajas en energía y la presencia de enzimas lipasas, los autores atribuyen estos resultados al incremento del peso relativo del hígado relacionado a la actividad metabólica (Al-Marzooqi y Leeson 2000). Sin embargo, el incremento o reducción del hígado no está bien definido, según An *et al.* (1997) el efecto dependerá de la síntesis y circulación de los lípidos en la sangre.

La humedad es una medida del agua total contenida en un producto alimenticio (Mathlouthi 2001). Según los resultados se encontraron cambios significativos ($P \leq 0.05$) para este indicador, siendo el AS y MC con los mayores valores, comparado con AP, AS y AS+ST (Cuadro 10). Según USDA (2013) el contenido de agua está relacionado con la proteína y no con la porción de grasa del producto. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el MC tuvo además el contenido más alto de proteína en la pechuga (Cuadro 10). De forma general, los tratamientos sin fibra tuvieron un menor contenido de proteína, al parecer la fibra ejerce un efecto benéfico en la absorción de aminoácidos como la lisina para la síntesis de pechuga, para nuestro conocimiento este es el primer trabajo que enuncia la composición química de la pechuga teniendo en cuenta factores como el aporte de fibra y las fuentes de lípidos.

Cuadro 10. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en las características de la pechuga de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días).

Tratamientos	Indicadores (%)					
	Humedad	Proteína	Cenizas	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
AP	53.59 ^b	23.22 ^{ab}	1.10 ^a	55.86 ^a	9.19 ^b	19.72 ^{bc}
AS	55.68 ^b	22.26 ^b	0.97 ^b	53.41 ^{ab}	10.29 ^b	20.85 ^b
MC	61.11 ^b	22.28 ^b	1.13 ^a	53.95 ^{ab}	10.67 ^b	19.24 ^c
AP+ST	53.57 ^b	23.46 ^{ab}	1.19 ^a	51.07 ^{bc}	13.04 ^a	22.78 ^a
AS+ST	70.38 ^a	23.54 ^{ab}	0.88 ^b	47.64 ^c	14.53 ^a	19.69 ^{bc}
MC+ST	70.78 ^a	24.87 ^a	0.91 ^b	54.43 ^{ab}	10.71 ^b	20.20 ^{bc}
EE±	2.71	0.264	0.036	1.305	0.576	0.448
Valor de P	0.001	0.024	<0.001	0.001	<0.001	<0.001
<i>Lípidos</i>	0.020	0.733	0.050	0.038	0.109	0.025
<i>ST</i>	0.039	0.039	0.251	0.006	<0.001	0.043
<i>Lípidos vs ST</i>	0.050	0.339	0.003	0.045	0.001	<0.001

^{a,b,c}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

GA: Grasa abdominal, AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

La concentración de cenizas fue mayoritaria en el AP, MC y AP+ST comparado a los otros tratamientos (Cuadro 10). Las cenizas representan el residuo inorgánico que se obtiene al incinerar la materia orgánica. Los minerales constituyentes (cenizas) permanecen en el residuo en forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos y cloruros (Kirk *et al.* 1991). Dichos minerales, están asociados a los compuestos orgánicos involucrados en el proceso de contracción muscular y sus valores aumentan a medida que el animal crece (Prändl *et al.* 1994). En concordancia a esto. Para este

análisis de cenizas, los lípidos y el ST estuvieron interrelacionados ($P \leq 0.05$). Al parecer, el salvado de trigo incrementó la restricción de minerales de los minerales y su futura translocación en la pechuga, estos resultados son importantes para comprender la asociación de estos dos factores en la deposición de macro y micro-minerales en la principal porción comestible de los pollos.

La L^* de la pechuga fue más representativa en los AP, AS y MC. Así, el AP+ST y el AS con mayores niveles de fibra en la dieta presentaron valores más bajos en L^* , a excepción del MC+ST. Esto pudo ser debido a que el salvado de trigo posee un color más oscuro que el maíz rico en pigmentos carotenoides como la zeaxantina, así esto pudo influir en los tratamientos con ST, excepto la dieta con manteca de cerdo que tienen con pocos pigmentos disueltos en lípidos. Asimismo, estos últimos tratamientos (AP+ST y MC+ST) mostraron los mayores valores de a^* , estos indicadores son indirectamente proporcionales. El salvado de trigo tiene 6.87 de a^* lo que pudo influir en los resultados obtenidos.

En relación con el valor b^* , el AP+ST presentó el valor más alto para este parámetro, con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en comparación a los demás tratamientos. El aceite de palma está constituido por una mezcla de ésteres de glicerol (triglicéridos), carotenos y vitamina E (Rincón y Martínez 2009). Según Bailey (1984) y Salinas y Pacheco (2003) el aceite de palma africana es rico en carotenoides principalmente el β -caroteno y α -caroteno que pueden incrementar la colorimetría de la pechuga. Además, según el estudio de Muthukumar *et al.* (2011), las aves con mayor peso al sacrificio tenían valores de a^* y b^* más altos, además esto podría explicar los resultados del AP+ST, que fue el grupo con los mayores pesos vivos.

Asimismo, el salvado de trigo contiene carotenoides, según el estudio de Muir *et al.* (2004) el salvado de trigo tiene 16.613 de b^* . De acuerdo con Qiao *et al.* (2001), la gestión previa al sacrificio y la predisposición genética son los principales factores que influyen en el color de la carne. A pesar de que todas las aves evaluadas tuvieron el mismo genotipo y proceso de faenamiento, presentaron diferentes valores ($P \leq 0.05$) para estos parámetros de colorimetría (L^* , a^* y b^*), considerando como únicos efectos los factores estudiados (fuentes lipídicas y ST).

En el Cuadro 11 se muestra el peso relativo de los órganos inmunes de los pollos de engorde alimentados con diferentes fuentes de lípidos y salvado de trigo. El AP mostró el menor peso relativo de la bolsa de Fabricio con relación al AS+ST ($P \leq 0.05$). Además, el MC incrementó el peso relativo del timo comparado al AP+ST. Sin embargo, el peso relativo del bazo no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$).

Cuadro 11. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el peso relativo de los órganos inmunes de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días).

Tratamientos	Indicadores (%)		
	Bolsa de Fabricio	Timo	Bazo
AP	0.26 ^b	0.32 ^{ab}	0.85
AS	0.34 ^{ab}	0.26 ^{ab}	0.80
MC	0.40 ^{ab}	0.36 ^a	0.96
AP+ST	0.44 ^a	0.24 ^b	0.95
AS+ST	0.43 ^a	0.33 ^{ab}	0.86
MC+ST	0.39 ^{ab}	0.26 ^{ab}	0.80
EE±	0.046	0.036	0.006
Valor de P	0.050	0.049	0.195
Lípidos	0.615	0.685	0.501
ST	0.025	0.248	0.948
Interacción de lípidos vs ST	0.072	0.144	0.195

^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

Acorde con Martínez *et al.* (2013) el bazo en los primeros días de vida no presenta un incremento de su peso relativo debido a la menor actividad inmune comparado a la bolsa de Fabricio y el timo, estos autores mostraron similares resultados con la inclusión de salvado de trigo en el peso relativo de la bolsa de Fabricio y el timo, además, los resultados mostraron que la manteca de cerdo influye directamente en el mayor relativo del timo. Según Hussein *et al.* (2020) reportaron que dietas bajas en EM incrementan en el peso relativo de la bolsa de Fabricio y el timo, sin embargo, los resultados presentados en el Cuadro 11 muestra resultados contradictorios, ya que los mayores consumos de C18:0 influyeron en la mayor respuesta inmune, destacar que este tratamiento incrementó la proteína de la pechuga.

Como se observa en el Cuadro 11, los tratamientos con los mayores consumos de EM no tuvieron influencia en el peso relativo de la bolsa de Fabricio. En este sentido, Hu *et al.* (2018) reportaron resultados similares al incluir dietas con altos contenidos de energía. Por otro lado, se encontró un efecto positivo del ST en el peso relativo de la bolsa de Fabricio. Sadeghi *et al.* (2015) reportaron resultados similares en el peso relativo de este órgano linfoide primario al incrementar los aportes de fibra en la dieta, aunque sin diferencias en el peso relativo del bazo, según estos las aves tienden a consumir más fibra, para promover su sistema de inmunidad, específicamente para generar anticuerpos. Asimismo, El-Katcha *et al.* (2014) encontraron un incremento en el peso relativo en el timo y en la bolsa de Fabricio al incluir grano de trigo con una enzima comercial. Acorde a los resultados, la presencia de fibras y de dietas saturadas influyen en el peso relativo de los órganos inmunes específicamente en la bolsa de Fabricio y el timo. Además, el AP+ST tuvo el menor peso relativo del timo y a su vez la mayor mortalidad, quizás estos factores están correlacionados, se necesitan realizar otros estudios.

El Cuadro 12 muestra el efecto de las fuentes lipídicas y el salvado de trigo como fuente de fibra a los 31 días en el peso relativo, morfometría intestinal, pH cecal y conteo de bacterias ácido-lácticas de los pollos de engorde, siendo el intestino delgado (cm) y los ciegos (cm) los únicos que

presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) con las fuentes lipídicas y la interacción entre lípidos vs ST, mientras que el intestino delgado (%), ciegos (%), pH y las bacterias ácido-lácticas cecales no presentaron diferencias estadísticas según las fuentes alimenticias ($P > 0.05$). La longitud del delgado y los ciegos indicaron cambios notables según las fuentes lipídicas ($P \leq 0.05$), con interacción entre lípidos vs ST para este último órgano (ciego), los ciegos presentan diferencias entre tratamientos ($P \leq 0.05$). Además, el AP y AP+ST provocaron el mayor peso relativo del intestino delgado con relación a la MC; así como los AP y AS indicaron el mayor peso relativo de los ciegos comparado al MC y AP+ST.

Cuadro 12. Efecto de dietas con diferentes fuentes lipídicas y salvado de trigo en el peso relativo, morfometría intestinal y pH y conteo de BAL cecales de pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF mixtos (31 días).

Tratamientos	Indicadores					
	Intestino delgado (%)	Intestino delgado (cm)	Ciegos (%)	Ciegos (cm)	pH cecal	BAL cecales (ufc/g)
AP	3.88	185.60 ^a	0.68	15.70 ^a	6.64	8.04
AS	3.67	175.10 ^{ab}	0.75	15.50 ^a	6.72	7.73
MC	4.33	165.00 ^b	0.85	12.30 ^b	6.69	7.89
AP+ST	4.33	181.80 ^a	0.94	10.60 ^b	6.67	7.81
AS+ST	3.84	179.20 ^{ab}	0.83	15.10 ^a	6.68	7.41
MC+ST	4.02	171.40 ^{ab}	0.78	14.40 ^a	6.85	7.22
EE±	0.189	5.199	0.064	0.693	0.081	7.68
Valor de P	0.056	0.008	0.098	<0.001	0.528	0.558
Lípidos	0.185	0.016	0.910	0.004	0.366	0.485
ST	0.106	0.106	0.601	0.057	0.468	0.163
Interacción de lípidos vs ST	0.236	0.085	0.091	<0.001	0.459	0.796

^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

AP: aceite de palma; AS: aceite de soya; MC: manteca de cerdo; ST: salvado de trigo.

Como se observa en el Cuadro 12, la presencia de lípidos saturados incrementa la longitud del intestino delgado y ciegos. A modo de interacción los lípidos vs ST tienen efecto sobre la longitud de los ciegos, acorde a Summers y Leeson (1986) la inclusión de grasa a las dietas incrementa el peso y la longitud del intestino delgado, no obstante, también hace referencia que al ser incluido una fuente de fibra en la dieta el peso del intestino delgado disminuye, como se observó en el AS+ST y MC+ST. También, Dänicke *et al.* (2000) reportaron que la viscosidad dentro del intestino aumentó con la manteca de cerdo como fuente lipídica y por ende el peso relativo y la longitud del intestino delgado incrementaron. Por otro lado, la cantidad de grasa en los ciegos está acorde al contenido cecal como respuesta a la reabsorción de agua en el contenido cecal (Roy *et al.* 2010).

Por otro lado, Hussein *et al.* (2020) muestra que dietas bajas en EM incrementan la longitud del intestino delgado, además estos autores reportaron un incremento de la longitud de los ciegos debido a enzimas exógenos y dietas de baja en EM. Estos resultados coinciden con los encontrados

en el AS+ST, que en este grupo los animales tuvieron bajos consumo de EM, sin embargo, es contradictorio que los otros tratamientos con mayores consumos de EM mostraran resultados similares. Amerah *et al.* (2009) informaron que la inclusión de aceite de soya incrementa el peso de los ciegos a los 21 días, estos autores demostraron que mayores aportes de fibra integral incrementa la longitud del intestino delgado. Según Jiménez *et al.* (2009) no existe una explicación de los cambios en el peso relativo de los ciegos con la inclusión de diferentes fuentes lipídicas.

Por otro lado, Viveros *et al.* (1994) y Sklan *et al.* (2003) reportaron que la inclusión de fibras en las dietas incrementa la longitud de los ciegos de los pollos de engorde. Similares resultados presentaron Eastwood (1992), Savón *et al.* (2007) en la longitud del intestino delgado y ciegos con el incremento del nivel de fibra en la dieta, hecho que se atribuye a un mayor tiempo de permanencia de las fibras en los ciegos, sin embargo Martínez *et al.* y Sadeghi *et al.* (2015) reportaron que la inclusión fibra relacionada con la altos aporte de grasa cruda no incrementa la longitud del intestino delgado y de los ciegos, aunque sí incrementa el peso relativo de los estos órganos. Asimismo, un estudio realizado por Khonyoung *et al.* (2015) encontraron que la lisolecitina y grasas no afecta la longitud del duodeno, yeyuno y el íleon, dado que, la emulsificación de las grasas para la facilitar la absorción de los lípidos provoca intestinos más ligeros. Según los resultados del Cuadro 12, podemos inferir que las dietas con diferentes fuentes de lípidos y el ST incrementa la longitud de estos dos segmentos intestinales.

Por otro lado, Lee *et al.* (2017) reportaron que la presencia de polisacáridos sin almidón en el intestino delgado incrementa la viscosidad de la digesta y el conteo *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp. (la cual produce acetato y lactasa como producto de la fermentación de azúcar) y a su vez la presencia de ácidos grasos de cadena corta en los ciegos, sin embargo, para nuestro estudio no se encontraron cambios en el conteo de bacterias ácidos-lácticas y pH cecal, como lo indica el Cuadro 12, quizás debido a que el aporte fibroso no fue suficiente para modificar la actividad bacteriana y la emisión de protones para disminuir este pH en este órgano.

4. CONCLUSIONES

- La interacción de fibra y lípidos no modificó el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 MV × Cobb 500 FF (0-31 días), aunque el AP+ST mostró mayor influencia en el peso vivo.
- El rendimiento de la canal incrementó debido a la interacción del salvado de trigo y lípidos, además, el peso relativo del hígado incrementó por los mayores aportes de ácidos grasos saturados e insaturados.
- La interacción de lípidos y fibras no tuvo influencia en el peso relativo de los órganos inmunes, no obstante, el salvado de trigo incrementó el peso relativo de la bolsa de Fabricio.
- Los tratamientos experimentales no modificaron la morfometría intestinal, pH cecal y bacterias ácido-lácticas, sin embargo, la interacción entre fibra y lípidos influyó la longitud de los ciegos.
- Los tratamientos experimentales y la interacción de los factores modificaron la composición química y colorimetría de la pechuga (cenizas, humedad, proteína y color).

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar fuentes lipídicas saturadas (como el aceite de palma africana y manteca de cerdo) y salvado de trigo en todas las etapas productivas de los pollos de engorde para incrementar el peso vivo y características de la canal.
- Se recomienda utilizar nuevas fuentes de lípidos e interaccionarlos con ingredientes alimenticios ricos en fibras solubles e insolubles en otras líneas genéticas de pollo de engorde.
- Realizar investigaciones del efecto de las fuentes de lípidos monoinsaturados sobre el hígado y longitud de los ciegos.

6. LITERATURA CITADA

- Abbas MT, Arif M, Saeed M, Reyad-ul-f M, Hassan MA, Arain MA, Rehman A. 2016. Emulsifier effect on fat utilization in broiler chicken. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11(3): 158–167.
- Al-Marzooqi W, Leeson S. 2000. Effect of dietary lipase enzyme on gut morphology, gastric motility, and long-term performance of broiler chicks. *Poultry Science*. 79(7): 956–960.
- Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG. 2009. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*. 50(3): 366–375.
- An BK, Nishiyama H, Tanaka K, Ohtani S, Iwata T, Tsutsumi K, Kasai M. 1997. Dietary safflower phospholipid reduces liver lipids in laying hens. *Poultry Science*. 76(5): 689–695.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 2006. *Official Methods of Analysis 18th Edition*. EEUU: AOAC; [consultado el 21 de feb. de 2020]. <http://www.eoma.aoac.org/>
- Aviagen. 2014. *Manual de manejo de pollos de engorde*. EEUU: Aviagen; [consultado el 12 de jun. de 2020]. http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossBroilerHandbook2014-ES.pdf.
- Bailey AE. 1984. *Aceites y grasas industriales*. 2ª ed. Barcelona (España): Editorial Reverté. 746 p. ISBN: 9788429179019.
- Blas C, Mateos GG, Rebollar PG. 2010. *Subproductos de molinería del trigo*. España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; [consultado el 14 de jul. de 2020]. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/salvado-de-trigo-20-almid%C3%B3n-actualizado-nov-2011.
- Caceres M. 2017. *Actualización de ingredientes para raciones de ponedoras*. México: Engormix. [consultado el 17 de mar de 2020]. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/actualizacion-ingredientes-raciones-ponedoras-t40166.htm>.
- Cardozo PW. 2017. Estrategias para mejorar la digestibilidad de las grasas. *Revista Avinews*. Número 23, 102–108. <https://avicultura.info/estrategias-mejorar-la-digestibilidad-las-grasas/>
- Chaquilla Quilca G, Balandrán Quinta RR, Mendoza Wilson AM, Mercado Ruiz JN. 2018. Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *Ciencia UAT*. 12(2): 137–147.

- Dänicke S. 2000. Interaction between cereal identity and fat quality and content in response to feed enzymes in broilers. En: Bedford MR, Partridge GG, editores. *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI International. pp. 199–236.
- Dänicke S, Jeroch H, Böttcher W, Simon O. 2000. Interactions between dietary fat type and enzyme supplementation in broiler diets with high pentosan contents: effects on precaecal and total tract digestibility of fatty acids, metabolizability of gross energy, digesta viscosity and weights of small intestine. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 84(3-4): 279–294. doi:10.1146/annurev.nu.12.070192.000315.
- Eastwood MA. 1992. The physiological effect of dietary fiber: an update. *Annual Reviews of Nutrition*. 12(1): 19–35. doi:10.1146/annurev.nu.12.070192.000315.
- El-Katcha M, Soltan M, Elkanwy H, Kawarie E. 2014. Growth performance, blood parameters, immune response and carcass traits of broiler chicks fed on graded levels of wheat instead of corn without or with enzyme supplementation. *AJVS*. 40(1): 95. doi:10.5455/ajvs.48232.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 2009. *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*. Roma: FAO; [consultado el 21 de nov de 2019]. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 2019. *Producción y productos avícolas*. Roma: FAO; [consultado el 21 de nov. de 2019]. <http://www.fao.org/poultry-production-products/es/>.
- Ge XK, Wang AA, Ying ZX, Zhang LG, Su WP, Cheng K, Feng CC, Zhou YM, Zhang LL, Wang T. 2019. Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. *Poultry Science*. 98(2):887–895. doi:10.3382/ps/pey434.
- González Alvarado JM, Jiménez Moreno E, Lázaro R, Mateos GG. 2007. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*. 86(8): 1705–1715. doi:10.1093/ps/86.8.1705.
- González Alvarado JM, Jiménez Moreno E, Valencia DG, Lázaro R, Mateos GG. 2008. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poultry Science*. 87(9): 1779–1795. doi:10.3382/ps.2008-00070.
- Guerreiro Neto AC, Pezzato AC, Sartori JR, Mori C, Cruz VC, Fascina VB, Pinheiro DF, Madeira LA, Gonçalves JC. 2011. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Rev. Bras. Cienc. Avic*. 13(2):119–125. doi:10.1590/S1516-635X2011000200006.
- Honda K, Kamisoyama H, Isshiki Y, Hasegawa S. 2009. Effects of dietary fat levels on nutrient digestibility at different sites of chicken intestines. *Poultry Science*. 46(4): 291–295. doi:10.2141/jpsa.46.291.

- Hu YD, Lan D, Zhu Y, Pang HZ, Mu XP, Hu XF. 2018. Effect of diets with different energy and lipase levels on performance, digestibility and carcass trait in broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 31(8): 1275–1284. eng. doi:10.5713/ajas.17.0755.
- Hussein ES, Suliman GM, Alowaimer AN, Ahmed SH, Abd Elhack ME, Taha AE, Swelum AA. 2020. Growth, carcass characteristics, and meat quality of broilers fed a low-energy diet supplemented with a multienzyme preparation. *Poultry Science*. 99(4): 1988–1994. doi:10.1016/j.psj.2019.09.007.
- Itzá Ortiz MF, López Coello C, Avila E, Gómez Rosales S, Arce Menocal J, Velásquez Madrazo PA. 2008. Effect of energy source and level on the length of intestinal villi, immune response and the production performance in broilers. *Veterinaria México*. 39(4): 357-376.
- Jansen M, Nuyens F, Buyse J, Leleu S, Van Campenhout L. 2015. Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds. *Poultry Science*. 94(10): 2506–2515. doi:10.3382/ps/pev181.
- Jha R, Fouhse JM, Tiwari UP, Li L, Willing BP. 2019. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Front Vet Sci*. 6:48. doi:10.3389/fvets.2019.00048.
- Jiménez Moreno E, González Alvarado JM, González Sánchez D, Lázaro R, Mateos GG. 2010. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science*. 89(10): 2197–2212. doi:10.3382/ps.2010-00771.
- Jiménez Moreno E, González Alvarado JM, Lázaro R, Mateos GG. 2009. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poultry Science*. 88(9): 1925–1933. doi:10.3382/ps.2009-00193.
- Jørgensen H, Zhao XQ, Knudsen KE, Eggum BO. 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*. 75(3): 379–395. doi:10.1079/BJN19960141.
- Kalmendal R, Elwinger K, Holm L, Tauson R. 2011. High-fibre sunflower cake affects small intestinal digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science*. 52(1): 86–96. doi:10.1080/00071668.2010.547843.
- Kirk S, Sawyer R, Egan H. 1991. *Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson*. 2a ed. Mexico: Editorial Mexico Patria. 779 p.
- Khonyoung D, Yamauchi K, Suzuki K. 2015. Influence of dietary fat sources and lysolecithin on growth performance, visceral organ size, and histological intestinal alteration in broiler chickens. *Livestock Science*. 176:111–120. doi:10.1016/j.livsci.2015.03.011.

- Lee SA, Apajalahti J, Vienola K, González Ortiz G, Fontes CM, Bedford MR. 2017. Age and dietary xylanase supplementation affects ileal sugar residues and short chain fatty acid concentration in the ileum and caecum of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 234: 29–42. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.07.017.
- Leeson S, Summers J. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3rd ed. Ontario Canada: University Books. 405 p.
- Li B, Leblois J, Taminiau B, Schroyen M, Beckers Y, Bindelle J, Everaert N. 2018. The effect of inulin and wheat bran on intestinal health and microbiota in the early life of broiler chickens. *Poultry Science*. 97(9): 3156–3165. doi:10.3382/ps/pey195.
- Li B, Schroyen M, Leblois J, Beckers Y, Bindelle J, Everaert N. 2019. The use of inulin and wheat bran only during the starter period or during the entire rearing life of broilers: effects on growth performance, small intestinal maturation, and cecal microbial colonization until slaughter age. *Poultry Science*. 98(9): 4058–4065. doi:10.3382/ps/pez088.
- Maiorka A, Dahlke F, Santin E, Am Kessler, Am Penz Jr. 2004. Effect of energy levels of diets formulated on total or digestible amino acid basis on broiler performance. *Rev. Bras. Cienc. Avic*. 6(2): 87–91. doi:10.1590/S1516-635X2004000200003.
- Martínez Y, Caicedo J, Rodríguez R, Chica J, Liu G, Betancur C. 2013. Growth performance, carcass traits and lipid profile of broiler chicks fed with an exogenous emulsifier and increasing levels of energy provided by palm oil. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 11(1): 629–633.
- Martinez Y, Liu G, Yero OM, Ren W, Jimenez YF, Del toro MI, Navarro MV, Rodriguez Bertot R, Gonzalez CO, Aroche R, Nyachoti CM. 2013. Effect of dietary supplementation with *Anacardium occidentale* on growth performance and immune and visceral organ weights in replacement laying pullets. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 11(3): 1352–1357.
- Martínez Y, Carrión Y, Rodríguez R, Valdivié M, Olmo C, Betancur C, Liu G, Al Dhabí NA, Duraipandiyán V. 2015. Growth performance, organ weights and some blood parameters of replacement laying pullets fed with increasing levels of wheat bran. *Rev. Bras. Cienc. Avic*. 17(3): 347–354. doi:10.1590/1516-635X1703347-354.
- Mateos GG, Jiménez Moreno E, Serrano MP, Lázaro RP. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*. 21(1): 156–174. doi:10.3382/japr.2011-00477.
- Mateos G, Serrano M, Berrocoso J, Pérez A, Lázaro R. 2013. Improving the utilization of raw materials in poultry feeding: new technologies and inclusion levels. XXIV World's Poultry Congress. August 2012. Salvador, Bahía, Brasil. 13 p.

- Mathlouthi M. 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*. 12(7): 409–417. doi:10.1016/S0956-7135(01)00032-9.
- Muir JG, Yeow EW, Keogh J, Pizzey C, Bird AR, Sharpe K, O'Dea K, Macrae FA. 2004. Combining wheat bran with resistant starch has more beneficial effects on fecal indexes than does wheat bran alone. *Am J Clin Nutr*. 79(6):1020–1028. doi:10.1093/ajcn/79.6.1020.
- Muthukumar M, Naveena B, Ratan A, Vaithiyathan S, Patil S. 2011. Carcass traits and meat quality attributes of broilers grown to different body weights. *The Indian Journal of Animal Science*. 81(6): 615–620.
- NRC, National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed. Washington (DC): National Academy Press. 176 p.
- Niu Z, Shi J, Liu F, Wang X, Gao C, Yao L. 2009. Effects of Dietary Energy and Protein on Growth Performance and Carcass Quality of Broilers during Starter Phase. *International Journal of Poultry Science*. 8(5): 508–511. doi:10.3923/ijps.2009.508.511.
- Noy Y, Sklan D. 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science*. 74(2): 366–373. doi:10.3382/ps.0740366.
- Orduña-Hernández HM, Salinas-Chavira J, Montaña-Gómez M, Infante-Rodríguez F, Manríquez-Núñez OM, Vázquez-Sauceda M, Yado-Puente R. 2016. Efecto de la sustitución de la grasa de fritura por aceite vegetal y concentración energética en dietas para la producción de pollos de engorde. *Ciencia UAT*. 10(2): 44-51.
- Osorio JH, Flórez JD. 2011. Diferencias bioquímicas y fisiológicas en el metabolismo de lipoproteínas de aves comerciales. *Biosalud*. 10(1): 88–98.
- Penz M. 2018. Nutrición del pollo durante la primera y última semana. XIII Seminario Internacional de Patología y Producción Aviar. Georgia USA. *Revista Avinews*. 73–84.
- Prändl O, Fischer A, Schmidhofer T, Sinell H. 1994. *Tecnología e higiene de la carne*. Editorial Acribia. 854 p. ISBN: 978-84-200-0765-6
- Qiao M, Fletcher DL, Smith DP, Northcutt JK. 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Science*. 80(5): 676–680. doi:10.1093/ps/80.5.676.
- Rincón SM, Martínez DM. 2009. Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Revista Palmas*. 30(2): 11-24.
- Roy A, Haldar S, Mondal S, Ghosh TK. 2010. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Vet Med Int*. 2010(11): 1-9. doi:10.4061/2010/262604.

- Sacranie A, Svihus B, Denstadli V, Moen B, Iji PA, Choct M. 2012. The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. *Poult Sci.* 91(3): 693–700. doi:10.3382/ps.2011-01790.
- Sadeghi A, Toghyani M, Gheisari A. 2015. Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. *Poult Sci.* 94(11): 2734–2743. doi:10.3382/ps/pev292.
- Saki A, Hemati Matin H, Zamani P, Mirzaaghatabar F. 2011. Non starch polysaccharides and broiler responses. *World Applied Sciences Journal.* 15(2): 192–198.
- Salinas N, Pacheco E. 2003. Pigmentos carotenoides identificados y purificados en aceite de palma. *Agronomía Tropical.* 53(4): 53–60.
- Savón L, Scull I, Martínez M. 2007. Integral foliage meal for poultry feeding. Chemical composition, physical properties and phytochemical screening. *Cuban Journal of Agricultural.* 41(2): 359–361.
- Sklan D, Smirnov A, Plavnik I. 2003. The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. *Br Poult Sci.* 44(5): 735–740. doi:10.1080/00071660310001643750.
- Solà Oriol D. 2020. Manteca de cerdo: Ficha técnica con el valor nutricional (comparación de tablas) y estudios más recientes sobre la manteca. Argentina: 3tres3; [consultado el 11 de may. de 2020]. https://www.3tres3.com/articulos/manteca-de-cerdo_44758/.
- Summers JD, Leeson S. 1986. Influence of nutrient density on feed consumption, weight gain and gut capacity of broilers, leghorns and turkeys reared to 26 days of age. *Animal Feed Science and Technology.* 16(1-2): 129–141. doi:10.1016/0377-8401(86)90056-8.
- Tancharoenrat P, Ravindran V, Zaefarian F, Ravindran G. 2013. Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology.* 186(3-4): 186–192. doi:10.1016/j.anifeedsci.2013.10.013.
- Torres F. 2015. Tendencias en la nutrición y alimentacion en pollos de engorde. Venezuela: El Sitio Avícola; [consultado el 30 de oct. de 2019]. <http://www.elsitioavicola.com/articulos/2767/tendencias-en-la-nutrician-y-alimentacion-en-pollos-de-engorde/>.
- Upadhaya SD, Park JW, Park JH, Kim IH. 2017. Efficacy of 1,3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. *Poultry Science.* 96(6): 1672–1678. doi:10.3382/ps/pew425.

- USDA, United States Department of Agriculture. 2013. Water in meat and poultry. EEUU: USDA; [consultado el 06 de may. de 2020]. https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/meat-preparation/water-in-meat-and-poultry/ct_index.
- Varela Mosquera G. 1963. Estudio comparativo de la digestibilidad verdadera del aceite de oliva con otras grasas. *Revista de la Universidad de Granada*. 4(1): 25-37.
- Velasco S, Ortiz LT, Alzueta C, Rebolé A, Treviño J, Rodríguez ML. 2010. Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition, and tissue fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Science*. 89(8): 1651–1662. doi:10.3382/ps.2010-00687.
- Vilarrasa E, Codony R, Esteve Garcia E, Barroeta AC. 2015. Use of re-esterified oils, differing in their degree of saturation and molecular structure, in broiler chicken diets. *Poult Sci*. 94(7):1527–1538. doi:10.3382/ps/pev073.
- Viveros A, Brenes A, Pizarro M, Castaño M. 1994. Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 48(3-4): 237–251. doi:10.1016/0377-8401(94)90175-9.
- Vries S. 2015. Fiber in poultry nutrition: bonus or burden? *European Symposium on Poultry Nutrition*. 20(1): 1-8.
- Wanzenböck E, Schreiner M, Zitz U, Figl S, Kneifel W, Schedle K. 2018. Digestibility and nutrient retention of a wheat bran-containing diet containing two vegetable oil sources applied to laying hens with emphasis on prefeeding period. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*. 69(4): 239–247. doi:10.2478/boku-2018-0020.
- Zollitsch W, Knaus W, Aichinger F, Lettner F. 1997. Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 66(1-4): 63–73. doi:10.1016/S0377-8401(96)01126-1.

7. ANEXOS



Anexo 1 Galpón en donde se realizó el experimento.



Anexo 2. Pollos instalados en el galpón.



Anexo 3. Pollos alimentándose en el comedero.



Anexo 4. Revisando a los pollitos



Anexo 5. Día de sacrificio