

EFFECTO DE DIETAS CON CONTENIDO DE PROTEÍNA Y FIBRA INFERIOR AL RECOMENDADO SOBRE EL CRECIMIENTO DE PATOS MUSCOVY (*Cairina moschata* Linnaeus, 1758)

EFFECT OF DIETS WITH LOWER THAN RECOMMENDED PROTEIN AND FIBER CONTENT ON THE GROWTH OF MUSCOVY DUCKS (*Cairina moschata* Linnaeus, 1758)

Felix Esteban Airahuacho Bautista^{1a*}, Luz Elena Herrera Valencia^{1b}, Ivan Eduardo Mamani Flores^{1c},
Hilario Noberto Pujada Abad^{1d}

^{1a} Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Lima, Perú.

<https://orcid.org/0000-0001-7484-0449>

^{1b} Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Lima, Perú.

<https://orcid.org/0000-0002-2836-8822>

^{1c} Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Lima, Perú.

<https://orcid.org/0000-0001-5465-8762>

^{1d} Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Lima, Perú.

<https://orcid.org/0000-0003-4939-6774>

* Autor para correspondencia E-mail: fairahuacho@unjfsc.edu.pe

RESUMEN

Dietas diluidas en nutrientes, con un menor contenido de proteína y mayor contenido en fibra, pueden ser elaboradas con la finalidad de disminuir el costo del alimento. El presente estudio evaluó el efecto de dietas con contenido de proteína y fibra por debajo del estándar recomendado sobre el crecimiento de patos machos Muscovy (*Cairina moschata* Linnaeus, 1758) desde los 28 hasta los 77 días de edad. El análisis químico proximal determinó el contenido de proteína y fibra en 8,4 y 3,0% para la dieta 1 y 14,8 y 6,3% para la dieta 2, respectivamente. El consumo de la dieta 1 disminuyó la ganancia de peso, mostró tendencias de menor rendimiento de la canal y peso del hígado, y aumentó el tamaño del intestino comparado con el consumo de la dieta 2. La deposición de grasa abdominal no fue influenciada por las dietas. La excesiva disminución de proteína en la dieta conllevaría a la aparición de nutrientes que limitan la síntesis de proteínas corporales, lo que se reflejarían en la menor ganancia de peso y rendimiento de la canal. La tendencia de menor peso hepático y menor longitud intestinal, en patos que consumieron dietas altas en fibra, sugieren menor depósito de grasa en el hígado y disminución del área de absorción intestinal por efecto de la fibra, respectivamente.

Palabras clave: Desarrollo intestinal, Grasa abdominal, Patos Muscovy, Peso del hígado, Deficiencia de proteína.

ABSTRACT

Nutrient-diluted diets, with lower protein and higher fiber contents, can reduce the cost of food. The present study evaluated the effect of diets with protein and fiber contents below the recommended standard on the growth of male Muscovy ducks (*Cairina moschata* Linnaeus, 1758) from 28 to 77 days of age. The proximal chemical analysis determined protein and fiber contents of 8.4 and 3.0% for diet 1 and 14.8 and 6.3% for diet 2, respectively. Diet 1 resulted in decreased weight gain, trends for lower carcass yield and liver weight, and increased gut size compared to diet 2. Abdominal fat deposition was not influenced by the diets. The excessive decrease in protein would lead to the appearance of nutrients that limit the synthesis of body proteins, resulting in lower weight gain and yield of the carcass. The trend of lower liver weight and shorter intestinal length in ducks that consumed high-fiber diets suggest less fat deposition in the liver and decreased intestinal absorption area due to the effect of fiber, respectively.

Keywords: Intestinal development, Abdominal fat, Muscovy ducks, Liver weight, Protein deficiency.

INTRODUCCION

Existe una tendencia creciente de los nutricionistas en reducir el contenido de proteína en las dietas para animales (Kidd et al., 2021). Aunque reducir el contenido de proteína cruda (PC) disminuye el costo de la dieta (Kim et al., 2019), también puede influir negativamente sobre el rendimiento de crecimiento del ave (van Harn et al., 2019). En pollos de engorde, la reducción en más de 30 g PC/kg de alimento, inhibió el crecimiento y aumentó la deposición de grasa adiposa (van Harn et al., 2019; Chrystal et al., 2020), pero no influyó sobre el rendimiento de la canal (Chrystal et al., 2020). En ratones, bajos niveles de proteína en la dieta conllevo a una atrofia preocupante del hígado y de sus células, que puede afectar el metabolismo general (Gomes et al., 2017).

La fibra cruda (FC), un concepto todavía utilizado en la formulación de dietas para aves, juega un papel crucial en el funcionamiento intestinal, la digestión de nutrientes y la modulación de la microflora intestinal (Hao et al., 2021). En pollos de engorde, el nivel de fibra en la dieta se relaciona directamente con el crecimiento del ave y el desarrollo del tracto gastrointestinal (Jiménez-Moreno et al., 2009). Aunque es considerada como un factor antinutricional en la dieta de las aves (Sklan et al., 2003), al influir negativamente sobre la palatabilidad del alimento, el consumo de alimento y la digestibilidad de los nutrientes (Leung et al., 2018), ensayos anteriores reportan que las aves pueden tolerar cantidades moderadas de fibra en sus dietas, lo que podría ayudar en el desarrollo del sistema digestivo (González-Alvarado et al., 2007; Svihus, 2011) y estimular la producción de ácidos gástricos y biliares, así como enzimas endógenas (González-Alvarado et al., 2008). Estos efectos podrían tener un papel en la mejora del crecimiento corporal y

la salud intestinal (Yokhana et al., 2016).

El pato Muscovy (*Cairina moschata* Linnaeus, 1758) es un ave de crianza tradicional, que viene imponiéndose hacia una producción intensiva rentable (Fuentes et al., 2012) debido a una demanda del mercado cada vez más en alza, pero poco explorada en América Latina (Rufino et al., 2017). Según Jáuregui et al. (2020), los patos Muscovy son resistentes, menos exigentes nutricionalmente, menos susceptibles a enfermedades y prometedora entre las especies nativas debido a su alta tasa de crecimiento. En el Perú, la producción de patos Muscovy tiene cada vez mayor presencia en el mercado nacional, sin embargo, son limitadas las investigaciones que evalúen la eficiencia de utilización de nutrientes para mejorar su rendimiento productivo. El presente estudio evaluó el efecto del contenido de proteína y fibra por debajo del estándar recomendado sobre el crecimiento de patos Muscovy a través de la medición del peso corporal, rendimiento de la canal, peso del hígado y desarrollo intestinal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en la granja experimental de aves de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica - Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, ubicada en la ciudad de Huacho, Huaura, Lima, Perú. El periodo experimental tuvo una duración de siete semanas, desde la cuarta hasta la onceava semana de edad, y fue ejecutada entre los meses de octubre y noviembre del 2019. Se utilizaron 18 patos machos de 28 días de edad distribuidos aleatoriamente en corrales de un metro cuadrado y piso de concreto. La unidad experimental estuvo formada por tres animales.

El alimento, en la forma física de pellets y el agua fue suministrado a voluntad. Desde

el nacimiento hasta los 28 días, los patos consumieron un solo tipo de alimento formulado de acuerdo a las recomendaciones nutricionales de Grimaud Freres Selection (2015). En la etapa experimental, se adquirió dos dietas comerciales para patos en crecimiento. Muestras de dichas dietas fueron enviadas al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para realizar el análisis químico proximal según las pautas de la AOAC (2005), tal como se describen a continuación:

- La humedad fue determinada en 5 g de muestra alimenticia colocada en una estufa durante 6 horas, mientras que la ceniza fue determinada en horno de incineración a temperatura de 700°C durante 7 horas.
- Para determinar la PC, en una cocina de digestión, se colocó 0,30 g de muestra y 3,0 mL de ácido sulfúrico, la digestión se realizó hasta observar el balón completamente cristalino. Seguidamente, se añadió 5 mL de hidróxido de sodio concentrado y conectó inmediatamente el vapor para producir la destilación. Después del destilado, se tituló con ácido clorhídrico 0,05 N y se registró el gasto. La PC (%) fue determinada por la fórmula: $(\text{mL HCL} \times \text{Normalidad} \times \text{mEq Nitrógeno} \times 100) / \text{gramos de muestra}$.
- Para determinar la grasa total, 3 g de muestra deshidratada empaquetada en papel filtro Whatman fue colocada en el aparato Soxhlet, agregándose seguidamente 250 ml de hexano y calentándose durante 3 horas a 69 °C. Seguidamente, a una velocidad de goteo del hexano condensado de 50 gotas por minuto, se extrajo la muestra remanente. La grasa bruta (%) fue determinada con la siguiente: $((\text{peso matraz con grasa} - \text{peso matraz vacío}) / \text{gramos de muestra}) \times 100$.
- Para determinar la FC, primero se realizó la digestión ácida, donde tres gramos de muestra exenta de grasa fue hervida durante 30 minutos con 200 mL de ácido sulfúrico al 1,25%. Seguidamente, la solución fue filtrada y lavado con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez. Luego, se realizó la digestión alcalina, añadiéndose 200 mL de hidróxido de sodio al 1,25% y procediéndose a hervirlo durante 30 minutos. Luego se filtró al vacío en una capsula de cerámica porosa. El resultado obtenido, fue colocado en una estufa durante dos horas, pesándose y denominándose peso 1. Luego, se colocó a la mufla para eliminar la materia orgánica, pesándose nuevamente y denominándose peso 2. La FC (%) fue determinada por la siguiente fórmula: $((\text{peso 1} - \text{peso 2}) / \text{gramos de muestra}) \times 100$.

La energía metabolizable (EM) de las dietas

fue estimada multiplicando la energía bruta (EB) por el coeficiente de metabolizabilidad. La EB fue estimada multiplicando las fracciones del análisis químico proximal de las dietas con su respectivo valor calórico (McDonald et al., 2010). La metabolizabilidad promedio para dietas basadas en maíz, torta de soya y subproducto de trigo fue estimado en 0,73; según los estudios de Adeola (2006) y Farhat et al. (1998).

Los parámetros evaluados fueron la ganancia de peso (diferencia entre el peso inicial y el peso final de cada semana), consumo de alimento total de cada tratamiento y la eficiencia de conversión alimenticia (consumo de alimento total por tratamiento dividido entre la ganancia de peso promedio por tratamiento). Al final del experimento y después de ocho horas de ayuno, tres patos por tratamiento fueron pesados y sacrificados para determinar el rendimiento de la canal (%), deposición de grasa abdominal (%), rendimiento del hígado e intestinos (% y g). El rendimiento de la canal fue calculado como porcentaje del peso corporal, registrándose el peso antes del sacrificio, de un pato por repetición. El peso sacrificado incluyó cabeza, patas, molleja, hígado y corazón. La grasa abdominal fue calculada como porcentaje del peso de la canal más la grasa abdominal. La grasa abdominal incluyó la grasa que rodea la molleja, la bolsa de Fabricio, la cloaca y los músculos adyacentes. El peso del intestino (incluyendo intestino delgado, ciego e intestino delgado sin el contenido digestivo) y el peso del hígado (sin la vesícula biliar) fueron obtenidos para determinar el porcentaje de estos órganos con respecto al peso corporal previo al sacrificio. La longitud del intestino fue estimada con relación al kg del peso corporal.

El diseño estadístico empleado fue el completamente al azar, con dos tratamientos (dietas experimentales) y tres replicas cada uno. La normalidad y homogeneidad de varianza de los datos fueron validadas con la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Bartlett, respectivamente. Se utilizó la prueba t de Student para determinar diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia del 5%. Los análisis estadísticos fueron ejecutados con el software libre R versión 3.6.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis químico proximal y la energía metabolizable estimada de las dietas evaluadas. En base a los resultados, se estableció como dieta 1 a la que contenía 8,4% PC y 3,0% FC y como dieta 2, la que contenía 14,8% PC y 6,3% FC. Comparando

Tabla 1. Análisis químico proximal y energía metabolizable estimada de las dietas evaluadas.
Table 1. Proximal chemical analysis and estimated metabolizable energy of the evaluated diets.

Contenido nutricional	Dieta 1	Dieta 2	Recomendaciones nutricionales **
Proteína cruda, % *	8,4	14,8	17
Grasa cruda, % *	5,03	5,61	6
Fibra cruda, % *	3,0	6,3	6
Ceniza, % *	5,1	7,6	-
ELN, % *	67,6	54,4	-
Energía metabolizable, kcal kg ⁻¹	2634	2675	2900
Proteína por kcal (g PC kcal ⁻¹)	32	55	56

* Valores del análisis químico proximal

** Valores mínimos (PC y EM) y máximos (grasa y FC) para la fase de crecimiento y engorde según Grimaud Freres Selection (2015).

con las recomendaciones de Grimaud Freres Selection (2015), la dieta 1 y 2 solo contenían el 50% y 87% del mínimo de proteína recomendada, respectivamente. El contenido de FC del alimento de la dieta 2 se encontró sobre el máximo nivel recomendado por Grimaud Freres Selection (2015), en cuyas publicaciones no muestran las recomendaciones mínimas de fibra dietaria. El contenido de EM fue similar para ambas dietas, pero inferiores en 8,5% en relación a lo recomendado por Grimaud Freres Selection (2015). Considerando gramos de proteína por kilocaloría de EM, el aporte fue de 32 y 55 g para la dieta 1 y 2, respectivamente, siendo esta última similar a la recomendada por Grimaud Freres Selection (2015).

La Fig. 1 muestra el incremento de peso corporal durante siete semanas de patos machos que consumieron las dietas 1 y 2, y que contenían solo el 50 y 87% de la proteína mínima recomendada por Grimaud Freres Selection (2015), respectivamente. A los 42 días de edad, el peso corporal fue estadísticamente mayor ($p < 0,05$) para los patos que consumieron la dieta con 87% de la proteína recomendada por Grimaud Freres Selection (2015).

La Tabla 2 muestra parámetros productivos de los patos que consumieron dietas con contenido proteico inferior al requerimiento mínimo recomendado por Grimaud Freres Selection (2015). La ganancia de peso de patos que consumieron la dieta 2 (87% PC Grimaud Freres Selection) fue mayor comparado con la dieta 1 (50% PC Grimaud Freres Selection) ($p < 0,05$). La eficiencia de conversión alimenticia fue estimada considerando el consumo de alimento total por tratamiento, por lo que no fue posible compararlo estadísticamente, sin embargo, los patos que consumieron la dieta 2 (87% PC Grimaud Freres Selection) mostraron eficiencia de conversión

numéricamente similar al esperado por Grimaud Freres Selection (2015).

Mantener un mínimo de proteína reduce la posibilidad que aminoácidos esenciales no contemplados en la formulación limiten la productividad (Santomá y Mateos, 2018). Las especies monogástricas no tienen necesidades específicas en PC (Block y Dekker, 2017) pero disminuir su contenido, con la finalidad de disminuir el costo de la dieta, afectará el crecimiento del ave (van Harn et al., 2019). Los resultados del presente estudio coinciden con los observados por Baeza y Leclercq (1998) quienes al alimentar patos Muscovy durante 8 y 12 semanas de edad con dietas que aportaban 34 g PC kcal EM⁻¹ mostraron pesos inferiores comparados con los que consumieron dietas con aportes de 50 g PC kcal EM⁻¹, pese a que ambas dietas mantuvieron el mismo perfil de aminoácidos.

En el presente estudio, los patos que consumieron la dieta 1 (8,4% PC y 3,0% FC) mostraron numéricamente consumo de alimento disminuido y conversión alimenticia ineficiente. En patos Pekín, el consumo de alimento disminuye linealmente conforme el contenido de PC en la dieta también disminuye (Xie et al., 2017a). Baeza y Leclercq (1998) observaron que la reducción de la proteína dietaria tuvo poco o ningún efecto sobre la eficiencia de conversión de alimentos, siempre que se mantenga el nivel constante de aminoácidos esenciales. Los cambios en la conducta de ingesta de alimento se asocian con alteraciones sustanciales del contenido de aminoácidos, particularmente aquellos que son precursores de la síntesis de neurotransmisores relacionados con la disminución del estrés animal como la serotonina y melatonina (Tachibana et al., 2018).

La Tabla 3 muestra el efecto del consumo de dietas con contenido de proteína inferior

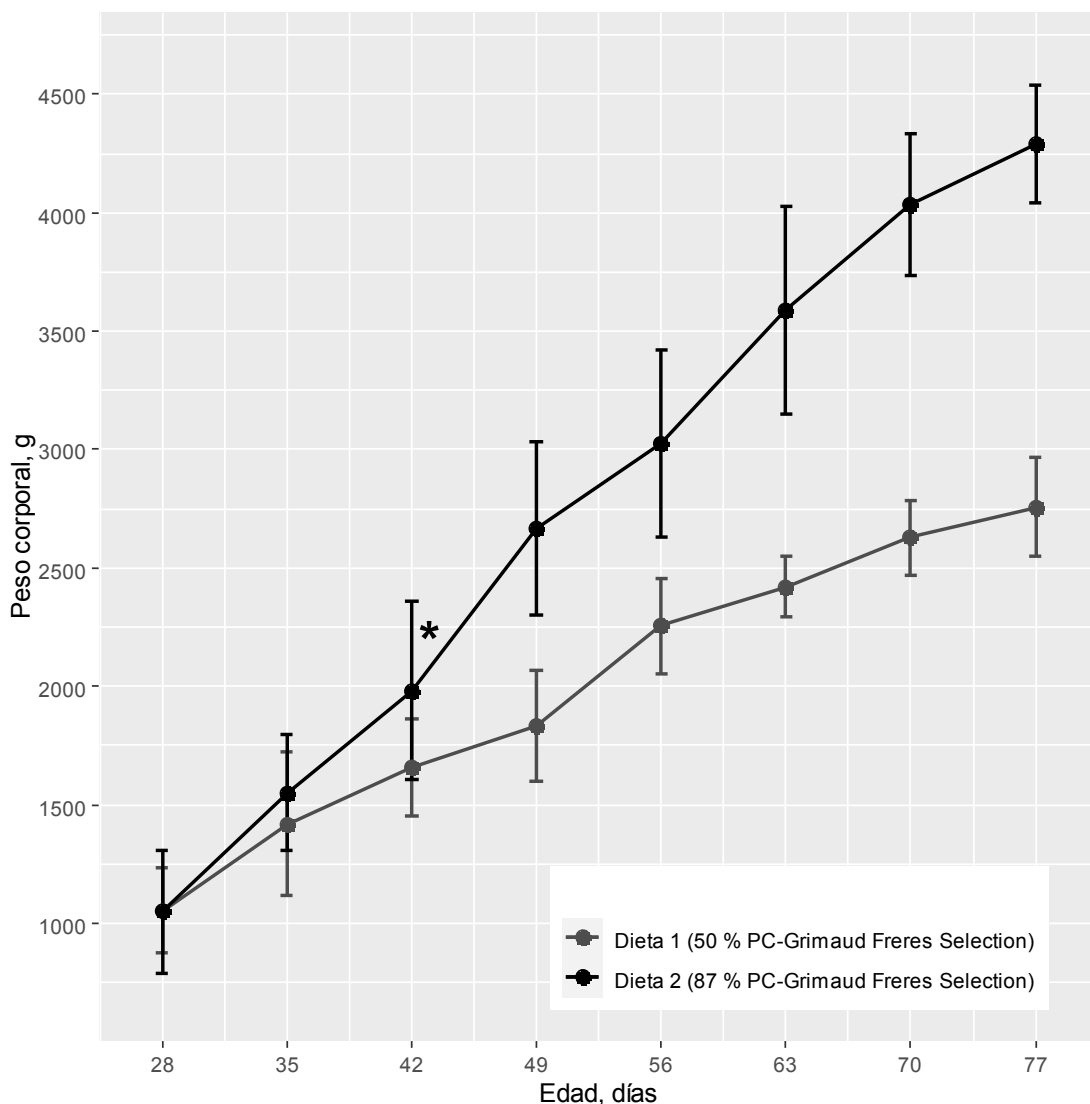


Fig. 1. Peso corporal de patos que consumieron alimento con proteína y fibra inferior al mínimo recomendado desde los 28 hasta los 77 días de edad. La primera semana en que el peso corporal entre los dos grupos fue estadísticamente diferente se indica con un asterisco (prueba t de Student; $p < 0,05$). Los valores están expresados como medias \pm intervalo de confianza ($n = 3$).

Fig. 1. Body weight of ducks that consumed feed with protein and fiber below the minimum recommended from 28 to 77 days of age. The first week in which body weight was statistically different between the two groups is indicated by an asterisk (Student's t-test; $p < 0.05$). Values are expressed as means \pm confidence interval ($n = 3$).

al mínimo recomendado por Grimaud Freres Selection (2015) sobre el rendimiento de la canal, grasa abdominal, peso del hígado y desarrollo intestinal en patos a los 77 días de edad. Tendencias de menor rendimiento de la canal ($p < 0,07$), tendencias de mayor peso de hígado ($p < 0,09$) y mayor desarrollo intestinal ($p < 0,001$) fue observado en patos que consumieron la dieta 1. La deposición de grasa abdominal no fue

influenciada en las dos dietas evaluadas ($p > 0,05$).

El rendimiento de la canal puede ser alterado mediante la manipulación de la proteína (Niu et al., 2009). En el presente estudio, los patos que consumieron la dieta 2 (55 g PC kcal EM⁻¹) mostraron tendencias de mayor rendimiento de la canal, comparado con la dieta 1 (32 g PC kcal EM⁻¹). Sin embargo, en patos Muscovy de 8 a 12 semanas de edad, el rendimiento de la canal fue

Tabla 2. Parámetros productivos de patos que consumieron alimento de contenido proteico y fibra inferior al mínimo recomendado desde los 28 hasta los 77 días de edad.**Table 2. Productive parameters of ducks that consumed feed with a protein and fiber content lower than the recommended minimum from 28 to 77 days of age.**

Parámetros productivos	Dieta 1	Dieta 2	Probabilidad	Parámetro esperado *
PV inicial, g	1054 ± 72 ^a	1049 ± 105 ^a	0,949	1057
PV final, g	2758 ± 85 ^b	4288 ± 101 ^a	0,000	4612
Ganancia de peso, g	1704 ± 27 ^b	3239 ± 194 ^a	0,005	
Consumo de alimento acumulado, g	9765	11396		11852
Conversión alimenticia	3,5	2,7		2,6

* Según Grimaud Freres Selection (2015).

Tabla 3. Efecto del alimento con contenido de proteína y fibra inferior al mínimo recomendado sobre el rendimiento de la canal, deposición de grasa abdominal, peso del hígado y desarrollo intestinal en patos a los 77 días de edad.**Table 3. Effect of feed with protein and fiber content below the recommended minimum on carcass yield, abdominal fat deposition, liver weight and intestinal development in ducks at 77 days of age.**

Indicadores	Dieta 1	Dieta 2	Probabilidad
Rendimiento de la canal, %	66,3 ± 3,3 ^a	69,5 ± 4,2 ^a	0,070
Grasa abdominal, % PV	4,2 ± 3,8 ^a	4,2 ± 1,8 ^a	0,997
Peso del hígado, % PV	2,24 ± 0,36 ^a	1,85 ± 0,61 ^a	0,091
Intestino total, cm kg ⁻¹ PV	29,8 ± 2,4 ^a	21,4 ± 1,3 ^b	0,001
Intestino total, % PV	2,7 ± 0,4 ^a	2,1 ± 0,6 ^b	0,036

similar en patos cuando consumieron 34 y 50 g PC kcal EM⁻¹, pero manteniendo el perfil de aminoácidos similares (Baeza y Leclercq, 1998). El rendimiento de la canal de patos Pekín no se vio influenciada cuando consumieron dietas que aportaban entre 72 y 46 g PC kcal EM⁻¹ (Xie et al., 2017b).

La reducción de la PC dietaria incrementa el depósito de grasa abdominal (Srilatha et al., 2018), resultado que no fue observado en el presente estudio. Baeza y Leclercq (1998) también observaron que la grasa abdominal no fue afectada cuando patos Muscovy consumieron dietas con niveles entre 16 y 12% PC. Sin embargo, Xie et al. (2017b) al alimentar patos Pekín con niveles entre 17,2 y 13,5% PC, observaron aumento del depósito de grasa abdominal en las aves que consumieron dietas con el menor porcentaje de PC dietaria. Según Chrystal et al. (2020), reducciones graduales de PC en la dieta puede aumentar el depósito de grasa abdominal debido al aumento de la energía neta de la dieta, porque durante el paso de EM a energía neta, la pérdida de energía como incremento calórico

disminuye (Chrystal et al., 2020).

La tendencia de mayor peso del hígado en patos que consumieron la dieta 1 (8,4% PC y 3,0% FC) en el presente estudio sugiere actividades incrementadas de enzimas de desaminación y transaminación debido al posible desequilibrio y deficiencia de aminoácidos. El hígado es un órgano multifuncional que se adapta fácilmente a los cambios de la alimentación (Zaefarian et al., 2019) y el aumento de su peso podría ser un indicador de una mayor actividad hepática (van der Klein et al., 2017) que produce hiperplasia e hipertrofia hepática conduciendo a un aumento del tamaño del hígado (Pearson et al., 1983). La disminución del porcentaje de hígado con relación al peso vivo se observa con concentraciones crecientes de FC (Qin et al., 2017; Mohiti-Asli et al., 2012), tal como ocurrió en el presente estudio. En patos de carne, dietas con más de 4,2% FC mejora la salud del hígado al disminuir el contenido de lípidos en el hígado y mejorar los perfiles de lípidos en suero (Qin et al., 2017).

Las aves responden rápidamente a los cambios en el contenido de fibra dietaria modificando

la longitud y el peso de los órganos intestinales (Mateos et al., 2012). En el presente estudio, el contenido de FC de la dieta 2 se encontraba por encima del máximo recomendado para patos en crecimiento, y las aves que la consumieron mostraron menor desarrollo intestinal. Amerah et al. (2009) observó reducción de la longitud del intestino delgado en pollitos de 21 días que consumieron dietas con altos niveles de FC y fibra insoluble, sugiriendo que altos niveles de fibra disminuyen la densidad nutricional de la dieta, que conllevaría hacia una reducción del área de superficie requerida para la absorción de nutrientes.

CONCLUSIONES

Los patos que consumieron la dieta 1 mostraron menor ganancia de peso y tendencias de menor rendimiento de la canal, que se relacionaría con la disponibilidad limitada de nutrientes para los procesos de síntesis cárnica. La deposición de grasa abdominal no fue influenciada por el nivel proteico de las dietas. El consumo de la dieta 1, de menor contenido proteico, mostro tendencias de incrementar el peso del hígado, lo que sugiere mayores actividades enzimáticas, mientras que el elevado contenido de fibra de la dieta 2 diluyó los nutrientes de la dieta que conllevarían a la reducción de la longitud intestinal.

LITERATURA CITADA

Adeola, O. 2006. Review of Research in Duck Nutrient Utilization. *International Journal of Poultry Science* 5:201-218. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.201.218>

Amerah, A.M., V. Ravindran, and R.G. Lentle. 2009. Influence of insoluble fiber and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science* 50(3):366-375. <https://doi.org/10.1080/00071660902865901>

AOAC. 2005. Official method of Analysis 18th ed. Association of Officiating Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Baeza, E., and B. Leclercq. 1998. Use of industrial amino acids to allow low protein concentrations in finishing diets for growing Muscovy ducks. *British Poultry Science* 39(1):90-96. <https://doi.org/10.1080/00071669889448>

Block, M.C. and R.A. Dekker. 2017. Table standardized ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for poultry. CVB Documentation report n° 761. Wageningen Livestock Research. Wageningen, Países Bajos. <https://doi.org/10.18174/426333>

Chrystal, P.V., A.F. Moss, A. Khoddami, V.D. Naranjo, P.H. Selle, and S.Y. Liu. 2020. Impacts of reduced-crude protein diets on key parameters in male broiler chickens offered maize-based diets. *Poultry Science* 99(1):505-516. <https://doi.org/10.3382/ps/pez573>

Farhat, A., L. Normand, E.R. Chavez, and S.P. Touchburn. 1998. Nutrient digestibility in food waste ingredients for Pekin and Muscovy ducks. *Poultry Science* 77(9):1371-1376. <https://doi.org/10.1093/ps/77.9.1371>

Fuentes, N., E. Figueroa, F. Carcelén, and T. Arbaiza. 2012. Harina de yacón (*smallanthus sonchifolius*) como prebiótico en dietas de patos muscovy (*Cairina moschata*) en etapa de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 23(1):105-111.

Gomes, S. P., A. da Silva, A.R. Crisma, P. Borelli, F.J. Hernandez-Blazquez, M.P. de Melo, B. Bacci, A. Loesch, and A.A. Coppi. 2017. Stereology shows that damaged liver recovers after protein refeeding. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* 38:61-69. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.02.010>

González-Alvarado, J.M., E. Jiménez-Moreno, D.G. Valencia, R. Lázaro, and G.G. Mateos. 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. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00070>

González-Alvarado, J.M., E. Jiménez-Moreno, R. Lázaro, and G.G. Mateos. 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. <https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705>

Grimaud Freres Company. 2015. Rearing Guide Roasting Canedins. Grimaud Frères Sélection (Ed.), 1-25, Roussay (France).

Hao, Y., Z. Ji, Z. Shen, Y. Wu, B. Zhang, J. Tang, S. Hou, and M. Xie. 2021. Effects of Total Dietary Fiber on Cecal Microbial Community and Intestinal Morphology of Growing White Pekin Duck. *Frontiers in Microbiology* 12:727200. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.727200>

Jáuregui, R., M.E. Gonzáles-Estrada, C.R. Lorenzo-Machorro, A.M. Folgar-Miranda, A. Isern-Sabría, and P. Parés-Casanova. 2020. La faneropcia del pato criollo doméstico (*Cairina moschata*) del traspatio en tres municipios de Guatemala. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 15:36-41.

- Jiménez-Moreno, E., J.M. González-Alvarado, A. de Coca-Sinova, B. Lázaro, and G.G. Mateos. 2009. Effects of source of fibre on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers. *Animal Feed Science and Technology* 154(1-2):93-101. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.06.020>.
- Kidd, M.T., C.W. Maynard, C.W. and G.J. Mullenix. 2021. Progress of amino acid nutrition for diet protein reduction in poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 12:45. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00568-0>
- Kim, C.H., H.K. Kang, and H.S. Kim. 2019. Effect of dietary energy levels on growth performance, blood parameter and intestinal morphology of Pekin ducks in low ambient temperature. *Journal of Animal Science and Technology* 61(6):305-312. <https://doi.org/10.5187/jast.2019.61.6.305>
- Leung, H., A. Arrazola, S. Torrey, and E. Kiarie. 2018. Utilization of soy hulls, oat hulls, and flax meal fiber in adult broiler breeder hens. *Poultry Science* 97(4):1368-1372. <https://doi.org/10.3382/ps/pex434>
- Mateos, G.G., E. Jiménez-Moreno, M.P. Serrano, and R.P. Lázaro. 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. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>
- McDonald, P., L.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh, C.A. Morgan, L.A. Sinclair, and R.G. Wilkinson. 2010. *Animal Nutrition* 7^a ed. 714 p. Benjamin-Cummings, New York.
- Mohiti-Asli, M., M. Shivazad, M. Zaghari, S. Aminzadeh, M. Rezaian, and G.G. Mateos. 2012. Dietary fibers and crude protein content alleviate hepatic fat deposition and obesity in broiler breeder hens. *Poultry Science* 91(12):3107-3114. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-02040>
- Niu, Z.Y., J. Shi, F. Liu, X. Wang, C. Gao, and L. Yao. 2009. Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during starter phase. *International Journal of Poultry Science* 8:505-511. <http://www.pjbs.org/ijps/fin1411.pdf>
- Pearson, A.W., N.M. Greenwood, E.J. Butler, and G.R. Fenwick. 1983. Biochemical changes in layer and broiler chickens when fed on a high-glucosinolate rapeseed meal. *British Poultry Science* 24(3):417-427. <https://doi.org/10.1080/00071668308416756>
- Qin, S., H. Han, K. Zhang, X. Ding, S. Bai, J. Wang, and Q. Zeng. 2018. Dietary fibre alleviates hepatic fat deposition via inhibiting lipogenic gene expression in meat ducks. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 102(2):e736-e745. <https://doi.org/10.1111/jpn.12828>
- Ruíno, J.P.F., F.G.G Cruz, R.D. Melo, J.C. Feijó, J.L. Damasceno, and A.P.G. Costa. 2017. Performance, carcass traits and economic availability of muscovy ducks fed on different nutritional plans in different housing densities. *Brazilian Journal of Poultry Science* 19(4):689-694. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0471>
- Santomá, G., and G.G. Mateos. 2018. *Necesidades Nutricionales en Avicultura. Normas FEDNA 2^a ed.* 195 p. Madrid. España.
- Sklan, D., A. Smirnov, I. Plavnik. 2003. The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. *British Poultry Science* 44(5):735-740. <https://doi.org/10.1080/00071660310001643750>
- Srilatha, T., V. Reddy, V. Preetam, S.V. Rao, and R.R. Yerradoddi. 2017. Effect of different levels of dietary crude protein on the growth performance and carcass characteristics of commercial broilers at different phases of growth. *Indian Journal of Animal Research* 52. <https://doi.org/10.18805/ijar.B-3255>
- Svihus, B. 2011. The gizzard: Function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal* 67(2):207-224. doi:10.1017/S0043933911000249
- Tachibana, T., Y. Kadomoto, M.S.I. Khan, R. Makino, and M.A. Cline. 2018. Effect of l-tryptophan and its metabolites on food passage from the crop in chicks. *Domestic Animal Endocrinology* 64:59-65. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.03.001>
- van der Klein, S.A.S., F.A. Silva, R.P. Kwakkel, and M.J. Zuidhof. 2017. The effect of quantitative feed restriction on allometric growth in broilers. *Poultry Science* 96 (1): 118-126. <https://doi.org/10.3382/ps/pew187>
- van Harn, J., M.A. Dijkslag, and M.M. van Krimpen. 2019. Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. *Poultry Science* 98(10):4868-4877. <https://doi.org/10.3382/ps/pez229>

- Xie, M., Y. Jiang, J. Tang, Q. Zhang, W. Huang, and S.S. Hou. 2017a. Starter and subsequent grower response of Pekin ducks to low-protein diets in starter phase. *Livestock Science* 203:92-96. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.07.005>
- Xie, M., Y. Jiang, J. Tang, Q. Zhang, W. Huang, and S.S. Hou. 2017b. Starter and subsequent grower response of Pekin ducks to low-protein diets in starter phase. *Livestock Science* 203:92-96. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.07.005>
- Yokhana, J.S., G. Parkinson, and T.L. Frankel. 2016. Effect of insoluble fiber supplementation applied at different ages on digestive organ weight and digestive enzymes of layer-strain poultry. *Poultry Science* 95(3):550-559. <https://doi.org/10.3382/ps/pev336>
- Zaefarian, F., M.R. Abdollahi, A. Cowieson, and V. Ravindran. 2019. Avian Liver: The Forgotten Organ. *Animals (Basel)* 9(2):63. <https://doi.org/10.3390/ani9020063>