

Efectos de cuatro niveles dietéticos de harina de semilla de chocho (*Lupinus mutabilis*) sobre parámetros productivos, desarrollo intestinal y valores hematológicos en pavos de ocho semanas

Effects of four dietary levels of lupine seed meal (*Lupinus mutabilis*) on productive parameters, intestinal development and haematological values in eight-week-old turkeys

Manuel Paredes A.^{1,2}, Enilyn de la Flor M.¹, José Mantilla G.¹

RESUMEN

El efecto de cuatro niveles dietéticos de la harina de semilla de chocho (*Lupinus mutabilis*, HCH) sobre el rendimiento en crecimiento, desarrollo del tracto intestinal y valores hematológicos fueron evaluados en pavos machos de la línea BUT de un día de edad. Los pavos fueron distribuidos en cuatro grupos con dietas diferentes durante 56 días: dieta L₀ (control) sin HCH, y dietas L₃₀, L₆₀ y L₉₀ con 30, 60 y 90 g/kg de HCH, respectivamente. El aumento de los niveles de inclusión de HCH en la dieta, agregados a expensas de la torta de soya, contribuyeron a un aumento en las concentraciones de fibra en las dietas experimentales. La ingesta diaria de alimento disminuyó en los tratamientos de HCH y la conversión alimenticia y el aumento de peso corporal de las aves se vieron afectados en tratamientos de 60 y 90 g/kg de inclusión de HCH ($p < 0.05$). Los niveles dietéticos elevados de HCH llevaron a un aumento ($p < 0.01$) de la digesta en el íleon y en el ciego, a un aumento en la masa relativa del tejido ($p < 0.01$), así como una disminución en los valores de pH de la digesta ($p < 0.01$). El incremento de HCH en la dieta no alteró los valores hematológicos. Se concluye que HCH puede considerarse como una alternativa segura y eficaz de inclusión dietética en niveles de 30 g/kg en dietas de inicio para pavos jóvenes.

Palabras clave: semilla de chocho; productividad; desarrollo intestinal; valores hematológicos; pavos

¹ Departamento Académico de Ciencias Pecuarias, Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

² E-mail: mepaunc@gmail.com, mparedes@unc.edu.pe

Recibido: 17 de febrero de 2019

Aceptado para publicación: 15 de octubre de 2019

ABSTRACT

The effect of four dietary levels of lupine seed meal (*Lupinus mutabilis*, HCH) on growth performance, intestinal tract development and haematological values were evaluated in male turkeys of the one-day BUT line. The turkeys were distributed in four groups with different diets for 56 days: L₀ (control) diet without HCH, and L₃₀, L₆₀ and L₉₀ diets containing 30, 60 and 90 g/kg of HCH, respectively. Increased levels of HCH inclusion in the diet, added at the expense of soybean meal, contributed to an increase in fibre concentrations in the experimental diets. Daily feed intake decreased in HCH treatments and feed conversion and bodyweight gain of birds were affected in treatments of 60 and 90 g/kg of HCH inclusion ($p < 0.05$). High dietary levels of HCH led to an increase ($p < 0.01$) of the digesta in the ileum and in the cecum, an increase in the relative tissue mass ($p < 0.01$), as well as a decrease in pH values of the digesta ($p < 0.01$). The increase in HCH in the diet did not alter the haematological values. It is concluded that HCH can be considered as a safe and effective alternative for dietary inclusion at levels of 30 g/kg in starting diets for young turkeys.

Key words: seed of lupine; productivity; intestinal development; hematological values; turkeys

INTRODUCCIÓN

El interés en el sector alimentario por identificar, producir y utilizar nuevas fuentes proteicas para la nutrición del ser humano y animales es una labor que no tiene término (Nalle *et al.*, 2011). El sector avícola nacional y mundial buscan alternativas en este campo con el fin de incluir ingredientes que eficientemente reemplacen o superen a la torta de soya (TS), ingrediente proteico de mayor uso en la alimentación de aves, pues muchos países, como el Perú, no disponen de una producción industrial de esta semilla oleaginosa, dependiendo de su permanente importación.

En la sierra peruana existen diversos cultivos proteicos de la familia de las leguminosas, cultivados localmente, tales como el chocho, conocido comúnmente como lupino, tarwi o altramuza. Estudios con semillas de lupino amarillo (*Lupinus luteus*) indican que se podría incluir en la dieta de pollos de engorde hasta en una proporción de 100/20 g/kg (Farrell *et al.*, 1999).

El principal factor limitante para el uso de semillas de lupino amarillo en la dieta de aves de corral es la alta concentración de polisacáridos no amiláceos (PNA), que reducen el valor nutricional de las semillas (van Barneveld, 1999), donde la rafinosa puede dificultar el transporte de nutrientes a través de la pared intestinal (Zdunczyk *et al.*, 1998). El valor proteico de la semilla de *Lupinus mutabilis* (LM) cosechada en la sierra peruana es similar al de semilla de soya, pero su utilización se ha limitado por otro factor adicional, como es la presencia de grandes cantidades de estructuras alcaloides quinolizidínicas, con cierto grado de toxicidad y sabor fuertemente amargo (Gutiérrez *et al.*, 2016).

Otras especies y variedades de lupinos como el lupino amarillo, lupino blanco (*Lupinus albus*) o lupino azul (*Lupinus angustifolius*) han sido incluidas en las dietas finalizadas de pavos de 18 semanas de edad en niveles de hasta 180 g/kg, sin que se afecte la función gastrointestinal y sin efectos adversos en el crecimiento o calidad de la carne (Mikulski *et al.*, 2014), aun cuando

puede causar aumento del peso de la molleja, disminución del pH de los contenidos de la molleja y problemas en la viscosidad de la digesta del intestino delgado (Zdunczyk *et al.*, 2014). Por otro lado, Smulikowska *et al.* (2014) indicaron que las dietas de inicio con 100 g/kg de semillas de lupino amarillo redujeron el peso corporal en pollos de engorde debido a una menor ingesta de alimento, además de cambios en el tracto gastrointestinal ocasionados por el aumento de las concentraciones de PNA y rafinosa.

La inclusión de LM en alimentación de pavos en sus primeras semanas de vida no está documentado. Así mismo, LM contiene más de 20 tipos de alcaloides o sustancias tóxicas que podrían provocar hemólisis y anemia (Rodríguez, 2009), como sucede con otros alcaloides vegetales cuyo efecto tóxico puede combinarse con el ion férrico en la sangre, afectando la capacidad de transporte de oxígeno de los eritrocitos; como ha sido demostrado en peces y patos jóvenes (Zeng *et al.*, 2015). Actualmente, no existen reportes en pavos sobre el efecto de los alcaloides de LM sobre los valores hematológicos.

El presente estudio tuvo por objetivo determinar el efecto de diferentes niveles de inclusión dietética de harina de semilla de LM, agregado a expensas de TS, sobre el rendimiento productivo, desarrollo intestinal y valores hematológicos en pavos de 56 días de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Harina de Semilla de Chocho

La semilla de chocho o tarwi (*Lupino mutabilis* – LM) cruda y sin ningún tratamiento se obtuvo de agricultores de la provincia de Cajamarca; Perú, y fue trasladada al Laboratorio de Control de Alimentos de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se llevó a cabo el proceso de eliminación de alcaloides o desamargado de la semilla de LM y realizar los análisis químicos.

La primera fase del procedimiento de desamargado de la semilla de LM concuerda con Gutiérrez *et al.* (2016), quienes remojaron la semilla en agua en una proporción de 1:6 durante 12 h a temperatura ambiente, para luego eliminar el agua de remojo y someter la semilla a cocción a 90 °C durante 60 min, en una proporción de semilla: agua de 1:5. Esta operación se realizó en una olla programable de 10 L de capacidad. En una segunda fase se continuó con el proceso de lixiviación, colocando la semilla cocida en sacos de yute de 71 x 101 cm a razón de 25 kg por saco, con una manguera conectada y suministro permanente de agua con un caudal de 2 l/min durante 24 h. Luego se hizo la fase de secado a 80 °C durante 48 h en una estufa para desecación XTemp de 80 L de capacidad. Finalmente, la semilla desecada fue triturada en un molino eléctrico con motor 3HP y tamiz de 2 mm, obteniéndose la harina de semilla de chocho (HCH).

La TS, la semilla cruda de LM y la HCH fueron analizados para materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas, utilizando los métodos AOAC (2005 correspondientes a 934.01, 976.05, 920.39, 978.10 y 942.05, respectivamente). El extracto no nitrogenado (ENN) se obtuvo por diferencia. La composición química de la semilla cruda de LM y de la HCH se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de la torta de soya (TS), semilla cruda de chocho (LM) y harina de chocho (HCH) expresada en porcentaje y en base fresca

Componentes	TS	LM	HCH
Humedad	11.4	11.5	12.1
Proteína cruda	44.5	45.1	41.2
Extracto etéreo	1.8	13.2	10.8
Fibra cruda	6.7	16.3	20.6
Cenizas	6.7	2.3	1.9
Extracto no nitrogenado	28.9	11.6	13.4

Cuadro 2. Ingredientes y contenido nutricional de las ocho dietas experimentales (g/kg, base fresca)

	Semana 0-4				Semana 4-8			
	L ₀	L ₃₀	L ₆₀	L ₉₀	L ₀	L ₃₀	L ₆₀	L ₉₀
Maíz	395.0	395.0	395.0	395.0	440.0	440.0	440.0	440.0
Afrecho de trigo	40.0	35.0	30.0	25.0	20.0	15.0	10.0	10.0
Harina de soya integral	-	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	30.0
Torta de soya	400.0	340.0	340.0	310.0	360.0	330.0	300.0	270.0
Harina de chocho	-	30.0	60.0	90.0	-	30.0	60.0	90.0
Harina de pescado	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0	90.0	90.0	90.0
Aceite de soya	15.0	15.0	15.0	15.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Carbonato de calcio	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
Fosfato dicálcico	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
Sal	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Bicarbonato de sodio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
DL metionina	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Lisina HCL	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Premezcla vitamínica mineral ^a	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Aditivos ^b	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Contenido de nutrientes calculado								
Materia seca	895.2	896.4	897.7	898.9	895.9	897.2	898.5	899.7
Proteína cruda	275.6	275.7	275.9	276	260	260	260.2	259.2
Energía metabolizable, kcal/kg	2744	2748	2752	2755	2842	2845	2849	2846
Fibra cruda	43.6	47.2	50.8	54.4	40.1	43.7	47.3	51.3
Lisina	19.7	19.7	19.6	19.6	18.5	18.5	18.5	18.3
Metionina	8.5	8.5	8.5	8.5	8.2	8.2	8.2	8.2
Calcio	14.6	14.6	14.6	14.6	14	14	14	14
Fósforo disponible	7.9	7.9	7.9	7.9	7.6	7.6	7.6	7.6

L₀, L₃₀, L₆₀ y L₉₀: 0, 30, 60, 90 g/kg de harina de semilla de chocho (HCH) en la dieta, respectivamente, como sustituto parcial de la torta de soya

^a Cada kg contiene: Vit. A 10 000 mil UI, Vit. D₃ 3 000 mil UI, Vit. E 12 000 UI, Vit. K₃ 2.5 g, tiamina 2 g, riboflavina 6 g, cianocobalamina 12 mg, ácido pantoténico 16 g, ácido fólico 21.5 g, niacina 120 mg, Mn 65 g, Zn 65 g, Fe 80 g, Cu 10 g, I 1 g, Se 200 mg

^b La mezcla de aditivos contiene: Fungiban (ácido propiónico al 99.5%) 1 g, bacitrazinc (bacitracina zinc al 15%) 0.5 g, Nitarpro (nitarsona al 20%) 1g, Uniban (Dinitro ortho toluamida al 25%) 0.5 g

Dietas

Las ocho dietas experimentales se muestran en el Cuadro 2. Las dietas en cada fase alimenticia fueron isonitrogenadas (27.5 y 26% de PC en fases de 1 a 4 y de 5 a 8 semanas, respectivamente) e isocalóricas (2800 y 2900 kcal/kg de EM para las dos fases). La EM de la HCH fue calculada de acuerdo con la ecuación $EM = 4.31 \text{ g de PC}$

$\text{digestible} + 9.29 \text{ g de EE digestible} + 4.14 \text{ g de ENN digestible}$ (Rostagno *et al.*, 2005). Los valores de 0.80, 0.50 y 0.27 de digestibilidad para la PC, EE y ENN de HCH, respectivamente, fueron considerados como referenciales (Rostagno *et al.*, 2005) para la torta de soya. Todas las dietas cumplieron o excedieron las especificaciones del NRC (1994) referentes a vitaminas y minerales. La TS de origen boliviano, importada por la

empresa ContiLatin Perú fue adquirida de un abastecedor minorista de la ciudad de Trujillo, molida y envasada en sacos de 50 kg.

Aves y Alojamiento

Se trabajó con 400 pavos de la línea BUT (British United Turkey), variedad BIG-6, de un día de edad, procedentes de la Corporación Gramobier, Lima-Perú. Fueron alojados en el galpón de aves de la Universidad Nacional de Cajamarca, y asignados al azar en cuatro tratamientos dietéticos, cada uno con cinco repeticiones y cada repetición con 20 aves por corral.

Las aves se criaron en piso con cama de viruta y se proporcionó 24 horas de luz durante la primera semana y 16 horas de luz por día en las siguientes semanas. La temperatura ambiente se mantuvo a 32 °C durante los primeros 7 días y se disminuyó gradualmente en 2 °C por semana hasta llegar a 22 °C a la sexta semana, luego de lo cual los pavos se mantuvieron a temperatura ambiente. Las aves tuvieron acceso libre a dietas tipo harina, administradas a lo largo de los dos periodos alimenticios de cuatro semanas cada uno (1-4 y 5-8). Las aves se vacunaron a los 7 días utilizando Newcastle B1B1 + Bronquitis Mass, a los 14 días con Poulvac TRT contra rinotraqueítis, a los 21 días con Viruela poxine y a los 28 días con Newcastle LS + Bronquitis Mass (Montana, Perú).

Parámetros Productivos

El peso corporal (PC), ganancia de peso corporal (GPC) y consumo de alimento fueron registrados y calculados sobre la base de las aves existentes en un corral, cada cuatro semanas (28 y 56 días). La ingesta diaria de alimento (IDA) por ave se calculó sobre la base del consumo total de alimento de cada corral para todo el periodo experimental y para el número de días por cada fase alimenticia.

La conversión alimenticia (CA) para el periodo y por cada fase alimenticia se calculó sobre la base de la ganancia de peso corporal y el consumo de alimento, considerando la relación de kilogramos de alimento consumido sobre kilogramos de GPC. Para medir el PC y el consumo de alimento se utilizó una balanza de precisión KERN EW 6000 1M (Alemania), de capacidad 6000 g y precisión de lectura 0.1 g.

Desarrollo Intestinal

A las ocho semanas de alimentación se sacrificaron dos aves por corral por dislocación cervical de acuerdo con las recomendaciones para el sacrificio de animales experimentales (Close *et al.*, 1997). Los segmentos del tracto digestivo (intestino delgado y ciego) se extrajeron, se vaciaron y se pesaron. A los 20 min, se midió el pH ileal y cecal utilizando un microelectrodo y un medidor de iones de pH, modelo 780 pH Meter, Metrohm International Headquarters. Se usaron muestras de contenido ileal y cecal para el análisis inmediato de MS. Los ciegos e íleon se lavaron con solución salina fisiológica, se secaron sobre papel filtro y se pesaron. El protocolo de pesado de intestinos y digesta fue según Jankowski *et al.* (2009).

Análisis de Sangre

Se recolectaron 2 ml de sangre de la vena braquial de cada ave, cumplidos los 56 días de edad, a las 07:00 del día, considerando la muestra de sangre de un ave como una repetición, y se colocaron en tubos que contenían EDTA-Na₂ para la determinación de los valores hematológicos: hematocrito (HCT, %), hemoglobina (HGB, g/l), recuento de leucocitos (L, miles/mm³) y el recuento de glóbulos rojos (GR x10²/l). El análisis se realizó en el Laboratorio Regional del Norte, Cajamarca, utilizando un analizador de hematología automatizado (Alfa Basic 16p, Boule Medical AB, Suecia) dentro de las 2 h posteriores a la extracción de sangre.

Análisis Estadístico

Se utilizó el análisis de varianza para determinar los efectos de los niveles dietéticos de HCH sobre los parámetros de productividad, desarrollo intestinal y valores hematológicos mediante el procedimiento GLM del software SAS (SAS, 2006). Las diferencias significativas entre los grupos se determinaron mediante la prueba de rango múltiple de Duncan. Las diferencias se consideraron significativas a $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Productivos

Las dietas experimentales fueron isonitrogenadas reemplazando parte de TS con HCH (Cuadro 2). Así mismo, se consideraron pequeñas cantidades de harina integral de soya en las fórmulas alimenticias para nivelar las densidades de energía y proteína de las dietas, proporcionalmente al aumento del contenido de HCH. También se añadió afrecho de trigo, en cantidades inversas a la inclusión de HCH, con el propósito de disminuir las diferencias en el contenido de FC de los piensos, sin lograr tal propósito. Así, las concentraciones de FC fueron las más bajas en el alimento L_0 , y se incrementaron con el aumento de las tasas de inclusión de HCH en las dietas experimentales y, por tanto, se incrementó también el contenido de PNA en estas dietas, por ser la celulosa y la hemicelulosa de la FC componentes de los PNA (FEDNA, 2018).

El contenido de FC fue aproximadamente un 25% mayor en la dieta L_{90} , en comparación con la dieta L_0 . Durante la alimentación experimental de 56 días, las tasas de mortalidad no difirieron entre los grupos, siendo en cada tratamiento de 2%. Durante ese periodo, la IDA disminuyó ($p=0.05$) a medida que aumentaban los niveles de HCH en la dieta, con una disminución alta de la IDA en las primeras cuatro semanas de alimentación experimental ($p < 0.01$). Los pavos control y

los alimentados con dietas que contenían 30 g/kg HCH se caracterizaron por una GPC similar (3.30 y 3.19 kg en el periodo de 56 días) mientras que la GPC de los pavos alimentados con dietas que contenían 60 y 90 g/kg HCH fueron más bajas que los valores del grupo control ($p=0.048$). Durante la primera fase alimenticia se observaron cambios similares en GPC ($p < 0.05$), al igual que en la segunda fase ($p=0.021$). La CA se afectó ($p < 0.01$) con el aumento del contenido de HCH en las dietas (Cuadro 3).

Los pavos alimentados con dietas con 60 y 90 g/kg de contenido de HCH se caracterizaron por un menor GPC, en particular cuando se compara con el grupo control. Ese efecto coincide con la disminución de la eficiencia alimenticia en los tratamientos de HCH, cuyas concentraciones de fibra fueron considerablemente más altas en HCH que en TS. Este efecto dietético coincide con lo demostrado por Santos *et al.* (2006), quienes determinaron que cantidades excesivas de fibra dietética afectan negativamente la digestibilidad de los nutrientes y reducen el rendimiento del crecimiento de aves de engorde. Sin embargo, en otros estudios, la inclusión de 240 g/kg de semillas de lupino amarillo a una dieta con gran cantidad de fibra con pavos de 9 a 16 semanas no tuvo una influencia negativa en los parámetros de rendimiento de las aves o la calidad de la carne (Krawczyk *et al.*, 2015). Al parecer la cantidad de fibra de las dietas con HCH excedió los niveles mínimos indicados por Mateos *et al.* (2012), quienes afirman que, la adición moderada de componentes altos en fibra a las dietas de cereales modula positivamente la función gastrointestinal en aves.

Los resultados de este estudio difieren a los de Zdunczyc *et al.* (2016), quienes evaluaron pavos de ocho semanas y encontraron mejor GPC con 160 g/kg de lupino amarillo en la dieta y mejor conversión alimenticia con 240 g/kg del mismo lupino, atribuyendo los mejores parámetros productivos al mayor contenido de grasa; sin embargo, en el presente estudio, aun cuando el LM tiene

Cuadro 3. Ganancia de peso corporal (GPC), ingesta diaria de alimento (IDA) y conversión alimenticia (CA) de pavos de ocho semanas alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de harina de semilla de chocho (*Lupino mutabilis*)¹

	Tratamiento				SEM	P- value
	L ₀	L ₃₀	L ₆₀	L ₉₀		
GPC (kg/ave)						
Semana 1-4	0.82 ^a	0.81 ^a	0.78 ^a	0.70 ^b	0.042	0.049
Semana 5-8	2.48 ^a	2.38 ^b	2.20 ^c	2.02 ^d	0.028	0.021
Semana 1-8	3.30 ^a	3.19 ^a	2.98 ^b	2.72 ^b	0.032	0.048
IDA (g/ave)						
Semana 1-4	52.1 ^a	50.1 ^a	49.2 ^b	46.7 ^c	0.510	0.008
Semana 5-8	189.2	187.2	186.3	184.9	1.813	0.104
Semana 1-8	120.7 ^a	118.6 ^b	117.8 ^b	115.8 ^c	1.014	0.050
CA (kg alimento/kg GPC)						
Semana 1-4	1.78 ^b	1.73 ^a	1.77 ^b	1.87 ^c	0.024	0.031
Semana 5-8	2.14 ^a	2.20 ^a	2.37 ^b	2.56 ^c	0.037	0.009
Semana 1-8	2.04 ^a	2.07 ^a	2.22 ^b	2.39 ^c	0.031	0.010

¹ Los datos representan promedios de cinco repeticiones por tratamiento de 20 pavos por repetición L₀, L₃₀, L₆₀ y L₉₀: 0, 30, 60, 90 g/kg de harina de semilla de chocho (HCH) en la dieta, respectivamente, como sustituto parcial de la torta de soya

SEM: Error estándar de la media

^{a,b,c,d} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices son estadísticamente diferentes (p<0.05)

alto contenido de EE, posiblemente su mayor componente fibroso no corresponda al tipo de fibra dietética, que es la que aumenta la secreción de ácidos biliares y el contenido de alfa-amilasa del quimo y facilita la emulsificación de los lípidos (Hetland y Svihus, 2001).

Desarrollo Intestinal

La incorporación de HCH en las dietas aumentó la masa tisular cecal relativa (p=0.012; Cuadro 4). Un aumento en el contenido de HCH en las dietas condujo a una disminución en el pH cecal (p=0.011), acompañado por un aumento en las concentraciones de MS (p<0.01).

No se observaron cambios en el pH de la digesta ileal, lo que sugiere que HCH no estimuló la fermentación en el intestino del-

gado. Resultados similares se han encontrado en otros experimentos con pavos de hasta 18 semanas de edad (Mikulski *et al.*, 2014). La inclusión de HCH en las dietas para pavos aumentó la masa relativa del tejido cecal y el contenido de materia seca de la digesta cecal, y disminuyó el pH cecal, debido a que la HCH contribuyó, posiblemente, a un aumento de las concentraciones de PNA y rafinosa en las dietas para pavos, estimulando la actividad de enzimas glucolíticas de la microbiota cecal (Zdunczyk *et al.*, 2016). Esos cambios, indican que la HCH en la dieta afectó los procesos de fermentación del ecosistema cecal de pavos en crecimiento, lo que coincide con procesos de fermentación en el ciego encontrados en otros estudios en pavos y pollos de engorde alimentados con dietas suplementadas con lupino (Mikulski *et al.*, 2014).

Cuadro 4. Parámetros de desarrollo intestinal de pavos de ocho semanas alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de harina de semilla de chocho (*Lupino mutabilis*)¹

	Tratamiento				SEM	P- value
	L ₀	L ₃₀	L ₆₀	L ₉₀		
Peso del tejido de intestino delgado, g/kg de PV	24.1	24.7	25.8	26.7	0.478	0.313
Peso de la digesta del intestino delgado, g/kg de PV	26.3	26.4	27.9	30.3	0.691	0.224
Materia seca de la digesta ileal, %	12.8	13.7	13.1	13.2	0.943	0.871
pH de la digesta ileal	6.09	6.2	6.31	6.39	0.702	0.239
Peso del tejido cecal, g/kg de PV	5.12 ^b	5.87 ^a	5.99 ^a	6.27 ^a	0.714	0.012
Peso de la digesta cecal, g/kg de PV	4.33	4.38	4.39	4.4	0.671	0.779
Materia seca de la digesta cecal, %	15.8 ^c	15.9 ^c	16.8 ^b	17.4 ^a	1.722	0.008
pH de la digesta cecal	6.41 ^a	6.17 ^b	6.02 ^b	5.94 ^b	0.738	0.011

¹ Datos representan promedios de cinco repeticiones por tratamiento de dos pavos por repetición L₀, L₃₀, L₆₀ y L₉₀: 0, 30, 60, 90 g/kg de harina de semilla de chocho (HCH) en la dieta, respectivamente, como sustituto parcial de la torta de soya

SEM: Error estándar de la media

PV: Peso vivo

^{a,b,c,d} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices son estadísticamente diferentes (p<0.05)

Cuadro 5. Valores hematológicos de pavos de ocho semanas de edad alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de harina de semilla de chocho (*Lupino mutabilis*)¹

	Tratamiento				SEM	P- value
	L ₀	L ₃₀	L ₆₀	L ₉₀		
Eritrocitos (x 100/ml)	2.65	3.00	2.76	2.83	0.09	0.09
Leucocitos (1000/ml)	6.30	6.45	6.40	6.50	0.11	0.42
Hemoglobina (g/100 ml)	11.8	11.5	11.9	11.2	0.20	0.25
Hematocrito (%)	30.2	29.7	30.3	30.3	0.94	0.75
Linfocitos (%)	38	38	37	35	1.83	0.41

¹ Datos representan promedios de cinco repeticiones por tratamiento de un pavo por repetición

L₀, L₃₀, L₆₀ y L₉₀: 0, 30, 60, 90 g/kg de harina de semilla de chocho (HCH) en la dieta, respectivamente, como sustituto parcial de la torta de soya

SEM: Error estándar de la media

Valores Hematológicos

El aumento del nivel de uso de HCH en la dieta no afectó los valores de hematológicos del pavo a los 56 días de edad (Cuadro 5).

En general, la actividad citotóxica de los alcaloides se asocia con una disminución de la concentración de hemoglobina y hematocrito, y desarrollo de anemia (Berardi y Goldblatt, 1980). En el presente estudio no se encontraron tales anomalías, coincidiendo con Torres (2006) quien administró un extracto de fitoquímico de chocho conteniendo lupanina, esparteína y demás alcaloides a ovejas sin encontrar alteraciones de los valores normales en sangre. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los alcaloides contenidos en el chocho o lupino presentan valores DL_{50} de lupanina más altos que la esparteína (Cubillos *et al.*, 1999).

Conclusiones

La inclusión de harina de semilla de chocho (*Lupinus mutabilis*) (HCH) en niveles de 30 g/kg en reemplazo de esa misma cantidad de torta de soya en la dieta para pavos en crecimiento durante las primeras ocho semanas de edad, produce un efecto beneficioso sobre los parámetros productivos y el desarrollo intestinal, en comparación a mayores niveles de inclusión dietaria de HCH.

LITERATURA CITADA

1. **AOAC. 2005.** Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analytical Chemists. 18th ed. AOAC International, Arlington, USA.
2. **Berardi LC, Goldblatt LA. 1980.** Gossypol. In: Toxic constituents of plant feedstuff. New York, USA: Academic Press. p 184- 237.
3. **Close B, Banister K, Baumans V, Bernoth EM, Bromage N, Bunyan J, Erhardt W, et al. 1997.** Recommendations for euthanasia of experimental animals: Part 2. Lab Animal 31: 1-32. doi: 10.1258/002367797780-600297
4. **Cubillos A, Gädicke P, von Baer D, Ahumada F. 1999.** Determinación de la dosis letal media (DL_{50}) de alcaloides del lupino en pollas de reposición blancas y marón. Arch Med Vet 31: 249-256. doi: 10.4067/S0301-732X1999000200014
5. **Farrell DJ, Perez-Maldonado RA, Mannion PF. 1999.** Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. II. Broiler experiments. Brit Poultry Sci 40: 674-680. doi: 10.1080/00071669987061
6. **[FEDNA] Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2018.** Necesidades nutricionales para avicultura. España. 194 p. [Internet]. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_FEDNA_AVES_2018v.pdf
7. **Gutiérrez A, Infantes M, Pascual G, Zamora J. 2016.** Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Agroind Sci 6: 145-149.
8. **Hetland H, Svihus B. 2001.** Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. Brit Poultry Sci 42: 354-361. doi: 10.1080/00071660120055331
9. **Jankowski J, Juskiewicz J, Gulewicz K, Lecewicz A, Slominski BA, Zdunczyk Z. 2009.** The effect of diets containing soybean meal, soybean protein concentrate, and soybean protein isolate of different oligosaccharide content on growth performance and gut function of young turkeys. J Poult Sci 88: 2132-2140. doi: 10.3382/ps.2009-00066
10. **Krawczyk M, Mikulski D, Przywittowski M, Jankowski J. 2015.** The effect of dietary yellow lupine (*L. luteus* cv. Baryt) on growth performance, carcass characteristics, meat quality and selected serum parameters of turkeys. J Anim Feed Sci 24: 61-70. doi: 10.22358/jafs/65654/2015

11. **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. *J Appl Poultry Res* 21: 156-174. doi: 10.3382/japr.2011-00477
12. **Mikulski D, Zdunczyk Z, Juskiewicz J, Rogiewicz A, Jankowski J. 2014.** The effect of different blue lupine (*L. angustifolius*) inclusion levels on gastrointestinal function, growth performance and meat quality in growing-finishing turkeys. *Anim Feed Sci Tech* 198: 347-352. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.10.005
13. **Nalle CL, Ravindran V, Ravindran G. 2011.** Nutritional value of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) for broilers. *Brit Poultry Sci* 52: 775-81. doi: 10.1080/00071668.2011.639343
14. **[NRC] National Research Council. 1994.** Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Washington, DC: National Academies Press.
15. **Rodríguez A. 2009.** Evaluación «*in vitro*» de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis de Bioquímico Farmacéutico. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 83 p.
16. **Rostagno HR, Teixeira LF, Donzele JL, Gomez, PC, de Oliveira RF, Lopes, DC, Ferreira, AS, et al. 2005.** Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 2^o ed. Brasil: Univ. Federal de Viçosa. 186 p.
17. **SAS Institute Inc. 2006.** SAS/STAT User's guide. Release 9.1. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
18. **Santos FBO, Santos AA, Ferket PR, Seldon BW. 2006.** Influence of grain particle size and insoluble fiber content on *Salmonella* colonization and shedding of turkeys fed corn-soybean meal diets. *Int J Poult Sci* 5: 731-739. doi: 10.3923/ijps.2006.731.739
19. **Smulikowska S, Konieczka P, Czerwinski J, Mieczkowska A, Jankowiak J. 2014.** Feeding broiler chickens with particle diets containing lupin seeds (*L. angustifolius* or *L. luteus*): effect of incorporation level and mannanase supplementation on growth performance, digesta viscosity, microbial fermentation and gut morphology. *J Anim Feed Sci* 23: 64-72.
20. **Torres L. 2006.** Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) como antiparasitario gastrointestinal y hepático en ovinos mestizos. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 90 p.
21. **van Barneveld RJ. 1999.** Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seeds to improve livestock production efficiency. *Nutr Res Rev* 12: 203-30. doi: 10.1079/095442299-108728938
22. **Zdunczyk Z, Juskiewicz J, Frejnagel S, Gulewicz K. 1998.** Influence of alkaloids and oligosaccharides from white lupin seeds on utilization of diets by rats and absorption of nutrients in the small intestine. *Anim Feed Sci Tech* 72: 143-154. doi: 10.1016/S0377-8401(97)00173-9
23. **Zdunczyk Z, Jankowski J, Mikulski D, Mikulska M, Lamparski G, Slominski BA, Juskiewicz J. 2014.** Growth performance, gastrointestinal function and meat quality in growing-finishing turkeys fed diets with different levels of yellow lupine (*L. luteus*) seeds. *Arch Anim Nutr* 68: 211-226.
24. **Zdunczyk Z, Krawczyk M, Mikulski D, Jankowski J, Przybylska-Gornowicz B, Juskiewicz J. 2016.** Beneficial effects of increasing dietary levels of yellow lupine (*Lupinus luteus*) seed meal on productivity parameters and gastrointestinal tract physiology in eight-week-old turkeys. *Anim Feed Sci Tech* 211: 189-198. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.11.015
25. **Zeng QF, Bai P, Wang JP, Ding XM, Luo YH, Bai SP, Xuan Y, Su ZW, Lin SQ, Zhao LJ, Zhang KY. 2015.** The response of meat ducks from 15 to 35 d of age to gossypol from cottonseed meal. *Poultry Sci* 94: 1277-1286. doi: 10.3382/ps/pev070