



Perfil bioquímico hepático en cuyes alimentados con harina de pisonay (*Erythrina edulis*)

Ruth Ramos-Zuñiga¹ ; Ludwing A. Cárdenas-Villanueva^{1*} .

¹Universidad Nacional Micaela Bastidas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Farmacología, Toxicología y Bioquímica Veterinaria. Calle Los Lirios con Álamos s/n, Abancaay, Perú.

*Correspondencia: lcardenas@unamba.edu.pe

Recibido: Junio 2022; Aceptado: Diciembre 2022; Publicado: Enero 2023.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar las variaciones de la inclusión de harina de hojas de *Erythrina edulis* (HHEE) de tres edades de rebrote (Ed) sobre los metabolitos hepáticos de cuyes. **Materiales y métodos.** Se utilizó 100 cuyes asignados a diez dietas-tratamientos: (T0) 20% harina de alfalfa, (T1) 4 Ed/10% HHEE, (T2) 4 Ed/20% HHEE, (T3) 4 Ed/30% HHEE, (T4) 8 Ed/10% HHEE, (T5) 8 Ed/20% HHEE, (T6) 8 Ed/30% HHEE, (T7) 12 Ed/10% HHEE, (T8) 12 Ed/20% HHEE, (T9) 12 Ed/30% HHEE. A los 56 días se recolectaron muestras de sangre con finalidad de determinar la proteína total, albumina, bilirrubina total, aminotransferasas, fosfatasa alcalina y gamma-glutamil transpeptidasa y fueron analizados bajo un diseño al azar. Además, se utilizó el arreglo factorial para evaluar el Factor Edad de rebrote y el Factor Niveles de inclusión. **Resultados.** Las dietas-tratamientos y la inclusión de HHEE no afectó la concentración sérica de la proteína total ($p>0.05$). Las dietas-tratamientos, la edad de rebrote y la inclusión no afectó la fosfatasa alcalina ($p>0.05$). La inclusión no tuvo efecto sobre la albumina y gamma-glutamil transpeptidasa ($p>0.05$). La concentración de bilirrubina total y aminotransferasas fueron afectadas por las dietas-tratamientos y disminuyeron al incrementarse la edad de rebrote y la inclusión de HHEE ($p<0.05$). La albumina y gamma-glutamil transpeptidasa se incrementaron por efecto de la edad de rebrote ($p<0.05$). **Conclusiones.** La inclusión de HHEE de tres edades de rebrote no provoca variaciones en los metabolitos hepáticos ya que se encuentran dentro de los niveles aceptables para los cuyes.

Palabras clave: Aminotransferasas; bilirrubina total; fosfatasa alcalina; gamma-glutamil transpeptidasa; hojas; peciolos (*Fuentes: MeSH, NLM*).

ABSTRACT

Objective. Evaluate the variations of the inclusion of *Erythrina edulis* leaf meal (EELM) of three regrowth ages (Ra) on the hepatic metabolites of guinea pigs. **Materials and methods.** 100 improved male guinea pigs assigned to ten diets-treatments were used: (T0) 20% lucerna meal, (T1) 4 Ra/10% EELM, (T2) 4 Ra/20% EELM, (T3) 4 Ra/30% EELM, (T4) 8 Ra/10% EELM, (T5)

Como citar (Vancouver).

Ramos-Zuñiga R, Cárdenas-Villanueva LA. Perfil bioquímico hepático en cuyes alimentados con harina de pisonay (*Erythrina edulis*). Rev MVZ Córdoba. 2023; 28(1):e2840. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2840>



©El (los) autor (es) 2023. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

8 Ra/20% EELM, (T6) 8 Ra/30% EELM, (T7) 12 Ra/10% EELM, (T8) 12 Ra/20% EELM, (T9) 12 Ra/30% EELM. At 56 days, blood samples in order to determine total protein, albumin, total bilirubin, aminotransferases, alkaline phosphatase, and gamma-glutamyl transpeptidase they collected and were analyzed undering completely randomized design. In addition, was used the factorial arrangement to evaluate the Regrowth Age Factor and the Inclusion Levels Factor. **Results.** The diets-treatments and the inclusion of EELM did not affect the serum concentration of total protein ($p>0.05$). The diets-treatments, regrowth age and inclusion did not affect alkaline phosphatase ($p>0.05$). The inclusion had no effect on albumin and gamma-glutamyl transpeptidase ($p>0.05$). The concentration of total bilirubin and aminotransferases were affected by the diets-treatments and decreased with increasing age at regrowth and the inclusion of HHEE ($p<0.05$). Albumin and gamma-glutamyl transpeptidase increased due to the effect of regrowth age ($p<0.05$). **Conclusions.** The inclusion of EELM from three regrowth ages does not cause variations in hepatic metabolites since they are within acceptable levels for guinea pigs.

Keywords: Alkaline phosphatase; aminotransferases; gamma-glutamyl transpeptidase; leaves; petioles; total bilirubin (*Sources: MeSH, NLM*).

INTRODUCCIÓN

El forraje fresco proveniente del género *Erythrina* es utilizada como alternativa en la alimentación de cuyes (1). También, se ha observado su utilización en la alimentación del ganado en épocas de invierno, donde el forraje es insuficiente, por los criadores del valle interandino de Abancay, que por sus componentes nutricionales utilizan la *Erythrina* sp (pisonay), además, de estar como cercos vivos, se ha demostrado que las hojas y peciolo tuvieron valores de 20.1 a 26.1% de proteína cruda, la fibra detergente neutra alcanzó hasta 58.6% a los doce meses de edad de rebrote (2), la energía digestible calculada fue 2.6 Mcal/kg MS, además, con la inclusión de forraje fresco en la alimentación de cuyes, se logró 8 g/día y 64% de rendimiento de carcasa (3), otra opción es la adición de harina proveniente del follaje de la *Erythrina edulis* (pajuro) como suplemento alimenticio para cuyes, la inclusión del 2% en el concentrado, logró optimizar la conversión alimenticia en 1.7 y rendimiento de la canal en 75.9% (4), asimismo, la inclusión de *Erythrina poeppigiana* (caraca) en forma de harina es adecuada para ser adicionada en el alimento integral para cuyes (5).

El consumo de forraje fresco de pisonay después de 21 días, en proporciones por encima del 50% originarían la presencia de anomalías en el hígado e incrementaron las enzimas alanina (61.9 UI/L) y aspartato (76.3 UI/L) aminotransferasas, por la presencia de taninos y alcaloides en las hojas, indicaría probable toxicidad (6), en otros estudios, se ha observado que en las hojas de *Erythrina senegalensis* mostraron la presencia de

saponinas y flavonoides, además de terpenoides, que no causarían toxicidad aguda en roedores (7), por otro lado, el extracto de *Erythrina variegata* en ratas Wistar, provocaron cambios leves en la proteína total, albumina, bilirrubina total y aspartato aminotransferasa sin alejarse de los rangos normales, a excepción de los niveles de alanina aminotransferasa, estas variaciones indicarían que el daño fue reversible a nivel hepático y no causaría toxicidad subcrónica (8).

El cuy es utilizado para ensayar los efectos de enfermedades relacionadas a la dieta (hígado graso), cardiovasculares y otras (9), la determinación de proteína total, albumina y bilirrubina total son utilizadas como pruebas de diversas funciones hepáticas, la alanina y aspartato aminotransferasas son marcadores de daño hepatocelular, además, la fosfatasa alcalina y gamma-glutamyl transpeptidasa son marcadores de colestasis, estos metabolitos pueden ayudar a diagnosticar problemas hepatobiliares en su etapa primaria o secundaria (10), estos indicadores fueron utilizados en roedores para valorar la toxicidad de sustancias hidroalcohólicas provenientes del género *Erythrina* (11) como también los efectos de diversos grados de inclusión de harina de hojas y demás fracciones de las plantas forrajeras no convencionales en la dieta, para lograr el crecimiento adecuado de los cuyes (12).

Por ende, el objetivo fue evaluar las variaciones de la inclusión de harina de hojas de *Erythrina edulis* (HHEE) de tres edades de rebrote (Ed), como insumo en el alimento integral para cuyes, sobre los metabolitos hepáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se ejecutó en un galpón de cuyes, con dimensiones de 21.0x9.5x3.0 m y orientado de sur a norte, situado en el sector de Moccospampa perteneciente a la provincia de Abancay, Apurímac, Perú, ubicado a los 13°37' de latitud sur y 72°52' de longitud occidental, las condiciones climáticas que se tuvieron a una altitud de 2880 m, con respecto a la precipitación anual fue 1022 mm, la humedad relativa de 73.6% y la temperatura de 6.8 a 23.7°C.

Animales y alojamiento. Se utilizaron 100 cuyes machos enteros mejorados de 15 días de edad con pesos de 324.05±37.23 g, se asignaron en forma aleatoria a 10 grupos experimentales. Los cuyes se criaron en jaulas (0.9x0.9x0.4 m) tipo aéreo, con un espacio vital de 0.20 m² por cuy, que brindaron condiciones adecuadas a los animales (13).

Elaboración de harina de pisonay. Se utilizó hojas y peciolas de árboles de *Erythrina edulis* (pisonay) de tres edades de rebrote (4, 8 y 12

meses), árboles ubicados como cercos vivos y podados desde el último corte, que se sometieron al secado en sombra aproximadamente 30 días, posteriormente se realizó la molienda del forraje seco con un molino de martillo (Maquitaxi, PE) con tamiz de 2 mm.

Dietas experimentales. Se prepararon diez dietas experimentales (Tabla 1), se consideró los requerimientos nutricionales propuestos por la NRC (1995). Los cuyes se sometieron a una etapa de adaptación por 7 días y 56 días de experimentación. En comederos tipo tolva se ofreció el alimento integral una vez al día y se utilizó bebederos tipo campana para proporcionar agua fresca ad libitum.

En los tratamientos se incluyó el 10, 20 y 30% de harina de hojas de *Erythrina edulis* (HHEE) de tres edades (4, 8 y 12 meses) de rebrote (Ed) que corresponden a (T0) 20% harina de alfalfa, (T1) 4 Ed/10% HHEE, (T2) 4 Ed/20% HHEE, (T3) 4 Ed/30% HHEE, (T4) 8 Ed/10% HHEE, (T5) 8 Ed/20% HHEE, (T6) 8 Ed/30% HHEE, (T7) 12 Ed/10% HHEE, (T8) 12 Ed/20% HHEE, (T9) 12 Ed/30% HHEE.

Tabla 1. Porcentaje de insumos alimenticios y nutrientes calculados de las dietas experimentales.

Insumos	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	Edad de rebrote (meses)									
	4			8				12		
	Inclusión (%)									
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
Harina de pisonay		10.0	20.0	30.0	10.0	20.0	30.0	10.0	20.0	30.0
Harina de alfalfa	20.0									
Afrechillo de trigo	46.0	58.1	39.9	22.0	58.2	40.3	22.6	59.2	42.2	25.4
Torta de soja	18.4	17.3	16.2	14.5	17.3	16.2	14.3	17.4	16.1	14.6
Harina de maíz	11.9	11.9	21.3	31.4	11.9	21.0	31.0	10.9	19.2	27.9
Fosfato bicálcico	1.4		1.2	1.0		1.2	1.0		1.2	1.0
Carbonato de calcio	0.6	1.6	0.4		1.6	0.4		1.6	0.4	
Sal común	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamina C	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Micosecuestante	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Minerales y Vitaminas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
DL- Metionina	0.1	0.02	0.1	0.17	0.02	0.1	0.17	0.02	0.1	0.17
Nutrientes calculados										
Materia seca, %	93.4	93.7	93.6	93.5	93.6	93.6	93.5	93.6	93.6	93.8
Proteína cruda, % MS	17.4	17.9	17.7	17.5	17.8	17.7	17.6	17.9	17.8	17.8
Energía digestible, Mcal/Kg	3.06	2.96	3.01	3.01	2.97	3.01	3.01	2.98	2.98	3.01

Bioquímica en suero sanguíneo. Después de 56 días se beneficiaron los cuyes, previa insensibilización de los animales por luxación de las vértebras del cuello (14) y se recolectó la sangre en tubos de ensayo sin aditivos, la obtención del suero fue por centrifugación (Hettich Rotofix 32A, KG) a 1398 x g por 10 minutos, conservado a -20°C y posteriormente determinar la proteína total (PT) y albumina (ALB) por triplicado. La bilirrubina total (BT), alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST) y fosfatasa alcalina (FA) se realizó por duplicado y una sola lectura para gamma-glutamil transpeptidasa (GGT), para las estimaciones de los parámetros se emplearon los protocolos de los reactivos según los fabricantes (Valtek Diagnostics, Chile), mediante la utilización del espectrofotómetro UV/Vis (Jeyway 6405, UK) y la BT en un analizador bioquímico semiautomático (Stat Fax 3300, USA).

Análisis estadístico. Los niveles séricos de los metabolitos hepáticos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar con diez tratamientos, se evaluó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, y en la comparación de medias se aplicó el contraste de Dunnett ($p \leq 0.05$), previamente se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas a través de Levene. Además, se utilizó el arreglo factorial para evaluar el Factor Edad de rebrote (4, 8 y 12 meses) y el Factor Niveles de inclusión (10, 20 y 30%).

RESULTADOS

Las pruebas individuales con respecto a la proteína sérica (T0: 5.42 vs T: 5.80 g/dL) y fosfatasa alcalina (T0: 118.16 vs T: 130.23 UI/L) no provocaron variaciones y fueron similares ($p > 0.05$), excepto la albumina (T0: 3.03 vs T: 2.81 g/dL), bilirrubina total (T0: 0.17 vs T: 0.27 mg/dL) y las aminotransferasas (ALT, T0: 35.93 vs T: 57.84 UI/L; AST, T0: 63.94 vs T: 83.56 UI/L) tuvieron un comportamiento variable con respecto a la dieta control ($p < 0.05$) (Tabla 2).

El factor edad de rebrote (Tabla 2) provocó efectos significativos ($p < 0.05$) en la proteína total, albumina y gamma-glutamil transpeptidasa con valores mayores a los 12 meses (6.01 g/dl; 3.06 g/dl y 24.50 UI/L, respectivamente) con respecto a 4 y 8 meses y ocurrió lo contrario con la bilirrubina total, alanina aminotransferasa y aspartato aminotransferasa, donde se observó que los valores disminuyeron (0.28 a 0.15 mg/dl; 54.03 a 34.52 UI/L y 80.67 a 56.94 UI/L, respectivamente) al incrementarse la edad de rebrote y la fosfatasa alcalina (130.23 UI/L) no mostró diferencias ($p > 0.05$).

El factor niveles de inclusión (Tabla 2) no afectó los niveles séricos de la proteína total (5.80 g/dl), albumina (2.91 g/dl), fosfatasa alcalina (130.23 UI/L) y gamma-glutamil transpeptidasa (22.28 UI/L) ($p > 0.05$). Existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la bilirrubina total, alanina aminotransferasa y aspartato aminotransferasa, que fueron disminuyendo al incrementarse el porcentaje de inclusión (0.25 a 0.18 mg/dl; 46.76 a 35.75 UI/L y 75.53 a 57.66 UI/L, respectivamente).

Tabla 2. Niveles séricos en cuyes alimentados con harina de pisonay (*Erythrina edulis*).

	Tratamientos										EEM	Probabilidad						
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9		T	Ed	I	EdxI			
	Edad de rebrote (meses)																	
	4					8										12		
Inclusión (%)																		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30									
PT(g/dL)	5.42	5.51	5.52	5.77	5.74	5.76	5.91	5.87	5.94	6.21	0.06	NS	*	NS	NS			
ALB(g/dL)	3.03a	2.80b	2.83b	2.88a	2.81b	2.84a	2.91a	3.06a	3.05a	3.06a	0.01	**	**	NS	NS			
BT(mg/dL)	0.17a	0.32b	0.26b	0.26b	0.23b	0.20a	0.19a	0.19a	0.15a	0.11b	0.00	**	**	**	NS			
ALT(UI/L)	35.93a	64.22b	51.46b	46.41a	38.26a	36.12	31.00a	37.79a	35.93a	29.84a	1.30	**	**	**	NS			
AST(UI/L)	63.94a	85.37b	81.76b	74.87a	75.21a	59.82a	49.30b	66.02a	56.01a	48.79b	1.65	**	**	**	NS			
FA(UI/L)	118.16	137.59	132.89	130.94	134.23	131.73	126.98	131.63	124.84	121.18	2.31	NS	NS	NS	NS			
GGT(UI/L)	20.75	19.58	20.32	21.42	21.10	21.52	23.01	24.03	24.60	24.88	0.38	**	**	NS	NS			

EEM: error estándar de la media. a, b: Letras en las filas denotan diferencia estadística de medias.

T: Tratamientos. Ed: Edad de rebrote (meses). I: Inclusión de HHEE (%). EdxI: Interacción Edad de rebrote x Inclusión de HHEE. NS: No significativo. *: $p < 0.05$. **: $p < 0.01$.

DISCUSIÓN

Los niveles séricos proteicos encontrados estuvieron cerca del límite máximo y la albumina presentó un leve incremento, sin diferenciarse de los valores normales reportados para PT: 4.8 a 5.6 g/dl y ALB: 2.2 a 3.2 g/dl en cuyes machos. En esta cepa 13/N no se han establecido intervalos de referencia clínica para los parámetros de química clínica, donde se observó que la proteína se incrementa a medida que crecían los cuyes durante los primeros 300 días y la albumina disminuye con la edad (15). La bilirrubina total disminuyó a causa de la edad e inclusión de HHEE, pero fue similar al rango de 0.0 a 1.0 mg/dL (16).

La diferenciación de los metabolitos séricos probablemente se debió a la inclusión de pisonay, como ocurrió al incluir el 7, 14, 21 y 28% de harina de hojas de *Erythrina* en la dieta para cuyes que provocaron la variación e incremento en la proteína total de 5.07 hasta 6.50 g/dl y albumina de 3.88 a 4.71 g/dl (17), en otro estudio, se menciona que el consumo de forraje no convencional como la *Lantana cámara* en cuyes disminuyeron la proteína total de 6.60 a 4.05 g/dl y la bilirrubina total de 1.01 a 0.49 mg/dl (18), este último, sin diferenciarse del valor normal para cuyes, para indicar la probable hepatotoxicidad causada por la inclusión de HHEE, se observaría la presencia de disfunción hepática, que provocaría la disminución de los niveles séricos de la PT y ALB, pues ambos son marcadores de la capacidad biosintética del hígado (19).

Esto nos indicaría, que el uso de la HHEE en la dieta para cuyes no ocasionaría alteraciones en el tejido hepático y que dependerían de la cantidad en el alimento, que provocaría un efecto negativo en la función hepática, evidenciado por actividades más altas de aspartato aminotransferasa y niveles más bajos de albumina (20), las variaciones en la proteína total se deberían primordialmente a la disminución en la producción de albúmina por enfermedad hepática (21) y estas alteraciones se corroborarían por la presencia de hipoalbuminemia grave (10), además, la obstrucción a nivel intrahepática y extrahepática del flujo de bilis y el aumento del nivel de bilirrubina (22), además, otro de los efectos que incrementarían los valores de proteína total sérica es la cantidad y calidad proteica de la dieta (23) y desde un punto de vista metabólico, la proteína sérica estaría concatenada con la

proteína digestible, que podría disminuir por la presencia moderada a abundante de taninos en los alimentos (24).

La actividad enzimática de las transaminasas tendió a disminuir a consecuencia de la edad de rebrote e inclusión de HHEE, y ambas enzimas fueron similares a los rangos sugeridos por Genzer et al, que reportaron niveles de 24 a 67 UI/L y 27 a 162 UI/L, respectivamente (15). En esta cepa se reveló aumentos en ALT a medida que crecían los cuyes (edad, 0 a 150 días), los machos tienen una ALT consistentemente más alta que las hembras, pero esta tendencia no se observó con AST, estas tendencias fueron más fuertes en adultos (edad, 151 a 900 d). La concentración decreciente de estas enzimas por la inclusión de harina de pisonay en el alimento integral para cuyes causaría necrosis crónica manifiesta por sustancias tóxicas (25), como los taninos y alcaloides reportados en hojas frescas de pisonay (6). Este comportamiento fue diferente, como se observó con la leguminosa arbustiva *Caesalpinia bonduc*, que ha incrementado 9 veces la aspartato aminotransferasa por lesión de los hepatocitos relacionada con intoxicación aguda (26). Otro de los problemas que causaría las concentraciones elevadas de las aminotransferasas, es la colestasis intrahepática y lesión hepática (18), también, se debería tener en consideración la limitación del porcentaje de inclusión en el alimento integral para cuyes que evitaría la toxicidad de leve a moderada (27), y problemas de salud como ocurrió en aves (28) y en pequeños rumiantes (29).

La probable causa en la disminución de las aminotransferasas es la existencia de compuestos secundarios, que podrían ocasionar efectos negativos en los nutrientes del alimento y en la salud animal (30). Estos efectos pueden deberse a la cantidad de taninos y saponinas que posiblemente provocarían efectos negativos en los insumos para la alimentación animal (31). Los alcaloides provocarían intoxicación aguda y a la vez daño hepático severo, hasta el momento no se conoce las posibles interacciones de los alcaloides de pirrolizidina (AP) con los receptores nucleares como modo de acción toxicológico y en los productos alimenticios, los AP se presentan como mezclas complejas de compuestos estructuralmente diferentes (32). Las aminotransferasas al disminuir por los factores estudiados, probablemente ocurrirían por el incremento de los metabolitos secundarios a consecuencia de la edad de rebrote (33), otro de los factores, es la presencia de taninos

que pueden inducir a las aminotransferasas y fosfatasa alcalina a un proceso de desintoxicación y que causarían efectos negativos en la función hepática (24).

Los niveles séricos de fosfatasa alcalina por efecto de la harina de pisonay aumentaron sin diferenciarse de los cuyes que consumieron la dieta control. Los datos hallados fueron comparables al rango de 29 a 205 UI/L indicados para cuyes machos adultos (34) y fue contradictorio con los valores reportados (16 a 83 UI/L) por Genzer et al (15). En esta cepa, la ALP (0 a 184 días) mostró niveles altos en animales en crecimiento y parece alcanzar niveles similares a los de los adultos a los 6 meses de edad. Las variaciones encontradas en los cuyes pueden deberse a cantidades no perjudiciales de harina de pisonay, para observar algún trastorno en la capacidad funcional del hígado se requiere dosis tóxicas elevadas que provocarían necrosis, infiltración inflamatoria, hemorragias y congestión (35). Los factores que pueden hacer variar el incremento de la fosfatasa alcalina en otros animales fue la adición de maíz, sorgo y mijo como fuentes energéticas en el alimento integral que provocaría la presencia de cálculos biliares (36) y como la cantidad de fósforo incluida en la dieta o por la presencia de fitatos (37).

La gamma-glutamil transpeptidasa no se diferencia de los valores hallados en cuyes que fueron alimentados con la dieta control, pero se acrecentaron por efecto de la edad de rebrote. Los valores reportados se encuentran dentro de los valores referenciales obtenidos por Genzer et al (15), donde se observó que la GGT cae repentinamente después de 1 mes antes de aumentar constantemente dentro del rango adulto (2.5 a 21 U/L). Este comportamiento se ha observado con la adición de follaje fresco de *Moringa oleífera* como fuente proteica y antioxidante en reemplazo del pienso concentrado (29), las variaciones en el metabolito, podrían demostrar que puede ser el mecanismo protector de las células frente a la toxicidad (38).

En conclusión, la inclusión de HEE de tres edades de rebrote en la dieta para cuyes influyó en los niveles de bilirrubina total y aminotransferasas, que disminuyeron al incrementarse la edad de rebrote y el porcentaje de inclusión. Los metabolitos hepáticos se encuentran dentro de los niveles aceptables para los cuyes.

Conflicto de intereses

Los autores expresamos no conflicto de interés.

Agradecimientos

A los propietarios de la granja Sierra Saavedra y de la planta procesadora de alimentos Del Corral SRL.

REFERENCIAS

1. Meza CJ, Cabrera RP, Morán JJ, Cabrera CA, Mielles EM, Meza GA. Profitability and production of guinea pigs fed with forage shrubs tropical in rural area of Quevedo, Ecuador. *Cienc Tecn UTEQ*. 2018; 11(2):1–7. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.231>
2. Choque H, Huaita A, Cárdenas LA, Ramos R. Effect of regrowth age the ruminal degradation of pisonay (*Erythrina sp*) in Andean valley of Abancay. *J High Andean Res*. 2018; 20(2):189–202. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.363>
3. Cárdenas-Villanueva LA, Sarmiento-Casavilca VH, Ramos-Zuniga R. Productive and technological characteristics into guinea pig meat (*Cavia porcellus*) using pisonay based-diets (*Erythrina sp*). *J High Andean Res*. 2018; 20(4):451–460. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.422>
4. Guevara J, Díaz P, Bravo N, Vera M, Crisóstomo O, Barbachán H, et al. Use flour pajuro (*Erythrina edulis*) as food supplement in guinea pig – Lima. *Rev Per Quím Ing Quím*. 2013; 16(2):21–28. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/download/6590/5859/>.

5. Meza GA, Loor NJ, Sánchez AR, Avellaneda JH, Meza CJ, Vera DF, et al. Leaf meals and tropical shrubby foliage (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* and *Hibiscus rosa-sinensis*) in feeding guinea pigs (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Rev Med Vet Zoot.* 2014; 61(3):258–269. <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v61n3.46874>
6. Ramirez-Borda Y, Cárdenas-Villanueva LA, Ramos De la Riva VA, Gómez-Quispe OE. Serum concentration of aminotransferases in guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed diets based on pisonay (*Erythrina sp.*). *Rev Investig Vet Perú.* 2019; 30(3):1099–1108. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16604>
7. Nnama T, Asomugha A, Asomugha R, Umeasalugo K, Mgbemena I. Phytochemical analysis and acute toxicological study of *Erythrina senegalensis* ethanolic leaf extract in Albino Wistar rats. *Anat Physiol.* 2016; 6(6):6–8. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0940.1000248>
8. Herlina T, Madihah M, Deni D, Amien S. Subchronic toxicity of methanol extract from *Erythrina variegata* (Leguminosae) leaves on male Wistar rats (*Rattus norvegicus*). *Molekul.* 2017; 12(1):88–98. <http://dx.doi.org/10.20884/1.jm.2017.12.1.349>
9. Birck MM, Tveden-Nyborg P, Lindblad MM, Lykkesfeldt J. Non-terminal blood sampling techniques in guinea pigs. *J Vis Exp.* 2014; 92:e51982. <http://dx.doi.org/10.3791/51982>
10. Lawrence YA, Steiner JM. Laboratory evaluation of the liver. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2017; 47(3):539–553. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.11.005>
11. Conceição A, Monteiro DM, Nunes R de S, Fakhouri R, Alves Rodrigues S, Teixeira-Silva F. Toxicidade aguda do extrato aquoso de folhas de *Erythrina velutina* em animais experimentais. *Rev Bras Farmacogn.* 2008; 18(Supl.):739–743. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-695x2008000500018>
12. Cárdenas-Villanueva LA, Ramos-Zuñiga R, Huamán-Gamarra JL, Ramirez E. Efecto de la inclusión de harina de pisonay (*Erythrina edulis*) de tres edades de rebrote sobre las características productivas en cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev Investig Vet Perú.* 2021; 32(6):e21702. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.21702>
13. Mínguez C, Calvo A, Zeas VA, Sánchez D. A comparison of the growth performance, carcass traits, and behavior of guinea pigs reared in wire cages and floor pens for meat production. *Meat Sci.* 2019; 152(6):38–40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.012>
14. Jurado-Gámez H, Cabrera-Lara EJ, Salazar JA. Comparison of two types of sacrifice and different ripening times on physico-chemical and microbiological variables of guinea pig (*Cavia porcellus*) meat. *Rev Med Vet Zoot.* 2016; 63(3):201–217. <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v63n3.62741>
15. Genzer SC, Huynh T, Coleman-McCray JAD, Harmon JR, Welch SR, Spengler JR. Hematology and clinical chemistry reference intervals for inbred strain 13/N Guinea pigs (*Cavia porcellus*). *J Am Assoc Lab Anim Sci.* 2019; 58(3):293–303. <http://dx.doi.org/10.30802/AALAS-JAALAS-18-000118>
16. Washington IM, Van Hoosier G. Clinical biochemistry and hematology. In: Suckow MA, Stevens KA, Wilson RP, editors. *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents.* Academic Press: Washington; 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-380920-9.00003-1>
17. Paredes-López D, Robles-Huaynate R, Córdova-Chumbes O, De la Cruz-Paucar E. Effect of the *Erythrina sp.* leaves powder on biochemical profile, biological parameters and liver histopathology of *Cavia porcellus*. *Sci Agropecu.* 2017; 8(4):297–304. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.01>

18. Kumar R, Sharma R, Patil RD, Mal G, Kumar A, Patial V, et al. Sub-chronic toxicopathological study of lantadenes of *Lantana camara* weed in Guinea pigs. BMC Vet Res. 2018; 14(1):1–13. <http://dx.doi.org/10.1186/s12917-018-1444-x>
19. Singh A, Bhat TK, Sharma OP. Clinical Biochemistry of Hepatotoxicity. J Clin Toxicol. 2011; 4(1):1–19. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0495.s4-001>
20. Lu W, Wang J, Zhang HJ, Wu SG, Qi GH. Evaluation of *Moringa oleifera* leaf in laying hens: effects on laying performance, egg quality, plasma biochemistry and organ histopathological indices. Itali J Anim Sci. 2016; 15(4):658-665. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249967>
21. Hersey-Benner C. Protein, Total. In: Mayer J, Donnelly TM, editors. Clinical Veterinary Advisor: Birds and Exotic Pets. Academic Press: Washington; 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4160-3969-3.00372-3>
22. Titus D, Ahmed MU, Umaru IJ. Evaluation of Aqueous Stem Bark Extract of *Guiera senegalensis* on Wistar Rats. IJTCMR. 2022; 3(1):45-51 <http://dx.doi.org/10.53811/ijtcmr.1060996>
23. Onu PN, Aniebo AO. Influence of *Moringa oleifera* leaf meal on the performance and blood chemistry of starter broilers. Int J Food Agric Vet Sci. 2011; 1(1):38–44. <https://www.cibtech.org/J-FOOD-AGRI-VETERINARY-SCIENCES/PUBLICATIONS/2011/Vol%201%20No.%201/02-8-JFAV-Aneibo.pdf>
24. Ndou SP, Khanyile M, Chimonyo M. Growth performance and nutrition-related serum metabolites in growing pigs fed on *Acacia Tortilis* leaf meal. Livest Sci. 2015; 182:22–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.10.003>
25. McGill MR, Williams CD, Jaeschke H. Liver Toxicology. In: Abou-Donia MB, editor. Mammalian Toxicology. John Wiley & Sons; 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118683484.ch20>
26. Ogunlana OO, Ogunlana OE, Adeneye AA, Udo-Chijioke OAC, Dare-Olipede TI, Olagunju JA, et al. Evaluation of the toxicological profile of the leaves and young twigs of *Caesalpinia bonduc* (Linn) roxb. Afr J Tradit Complement Altern Med. 2013; 10(6):504–512. <http://dx.doi.org/10.4314/ajtcam.v10i6.20>
27. Jolhe DK, Mukhopadhyay SK, Som TL. Effect of *Ampelopteris proliferata* fern on clinical and haemato-biochemical parameters in guinea pigs. Indian J Vet Pathol. 2006; 30(1):36–38. <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijvp&volume=30&issue=1&article=009&type=fulltext>
28. Zhai S, Li M, Li M, Zhang X, Ye H, Lin Z, et al. Effect of dietary Moringa stem meal level on growth performance, slaughter performance and serum biochemical parameters in geese. J Anim Physiol Anim Nutr. 2020; 104(1):126–135. <http://dx.doi.org/10.1111/jpn.13209>
29. Zaher HA, Alawaash SA, Tolba AM, Swelum AA, Abd El-Hack ME, Taha AE, et al. Impacts of *Moringa oleifera* foliage substituted for concentrate feed on growth, nutrient digestibility, hematological attributes, and blood minerals of growing goats under Abu Dhabi conditions. Sustain. 2020; 12(15):6096. <http://dx.doi.org/10.3390/su12156096>
30. Ospina-Daza LA, Buitrago-Guillen ME, Vargas-Sánchez JE. Identification and degradation of mimosine, a toxic compound in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Pastos y Forrajes. 2017; 40(4):257–264. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1994>
31. Nepomuceno D, Carvalho JC, Carvalho MG, Duarte R, Catunda F. Classes of secondary metabolites identified in three legume species. R Bras Zootec. 2013; 42(10):700–705. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982013001000002>

32. Luckert C, Braeuning A, Lampen A, Hessel-Pras S. PXR: Structure-specific activation by hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids. *Chem Biol Interact.* 2018; 288(2):38–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2018.04.017>
33. Verdecia DM, Herrera RS, Ramírez JL, Paumier M, Bodas R, Andrés S, et al. *Erythrina variegata* quality in the Cauto Valley, Cuba. *Agroforest Syst.* 2020; 94(4): 1209–1218. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-019-00353-z>
34. Spittler AP, Afzali MF, Bork SB, Burton LH, Radakovich LB, Seebart CA, Moore AR, Santangelo KS. Age- and sex-associated differences in hematology and biochemistry parameters of Dunkin Hartley guinea pigs (*Cavia porcellus*). *PLoS ONE.* 2021; 16(7):e0253794. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253794>
35. Parimoo HA, Sharma R, Patil RD, Sharma OP, Kumar P, Kumar N. Efecto hepatoprotector del extracto de hoja de *Ginkgo biloba* sobre la hepatotoxicidad inducida por lantadenes en cobayos. *Toxicon.* 2014; 81(5):1–12. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2014.01.013>
36. Salihu SB. Comparative effect of three different energy sources on hematology and serum biochemistry of rabbits. *J Anim Heal.* 2020; 2(1):17–38. <https://www.iprjb.org/journals/index.php/JAH/article/download/1164/1282/3628>
37. Garba Y, Adeola EA. Haematological and serum biochemical profile of growing Yankasa ram lambs fed diets containing graded levels of sesame residue. *EJFOOD.* 2020; 2(5):1–4. <http://dx.doi.org/10.24018/ejfood.2020.2.5.133>
38. Lanca AJ, Israel Y. Histochemical demonstration of sinusoidal γ -glutamyltransferase activity by substrate protection fixation: Comparative studies in rat and guinea pig liver. *Hepatology.* 1991; 14(5):857–863. <http://dx.doi.org/10.1002/hep.1840140518>