

Concentración sérica de aminotransferasas en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con dietas basadas en pisonay (*Erythrina* sp)

Serum concentration of aminotranferases in guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed diets based on pisonay (*Erythrina* sp)

Yony Ramirez-Borda¹, Ludwing A. Cárdenas-Villanueva^{1,2},
Víctor A. Ramos-De la Riva¹, Oscar E. Gómez-Quispe¹

RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en Tamburco, provincia de Abancay, Perú, con el objetivo de determinar el efecto de dietas basadas en pisonay (*Erythrina* sp) sobre la concentración de taninos y alcaloides totales, la concentración sérica de las aminotransferasas, las lesiones en el hígado y la relación hígado/peso vivo de los cuyes. Se utilizaron hojas y peciolos de pisonay con cuatro meses de rebrote y alfalfa fresca (*Medicago sativa*) con 28 días de rebrote en la dieta de 24 cuyes machos mejorados, distribuidos en tres tratamientos: dieta A100: 100% alfalfa (80 g), dieta A50P50: 50% alfalfa (40 g) más 50% pisonay (40 g) y dieta P100: 100% pisonay (80 g). El alimento fue suministrado dos veces al día. Los niveles séricos y la relación hígado/peso vivo fueron analizados con diseño completo al azar, el efecto de las dietas sobre las lesiones del hígado de cuyes se analizó con el test exacto de Fisher. La concentración de taninos en el pisonay (14.0 g/kg MS) fue superior a los hallados en alfalfa (2.2 g/kg MS). En la alfalfa no se detectaron alcaloides totales. Los niveles séricos de alanino aminotransferasa (ALT) en cuyes alimentados con A100 (39.1 ± 7.2 UI/L), A50P50 (48.8 ± 7.1 UI/L) y P100 (62.0 ± 8.4 UI/L) mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). La aspartato aminotransferasa (AST) en cuyes alimentados con A50P50 (71.9 ± 15.2 UI/L) y P100 (76.4 ± 11.8 UI/L) fueron superiores a los animales alimentados con A100 ($p < 0.05$). El incremento de 50 a 100% de pisonay en la dieta de cuyes produce lesiones en el hígado como degeneración grasa y focos necróticos, además de disminuir la relación hígado/peso vivo. El pisonay como forraje fresco en 50 y 100% en la dieta de cuyes pueden afectar adversamente la salud de los animales.

Palabras clave: taninos; alcaloides; alanino aminotransferasa; aspartato aminotransferasa

¹ Laboratorio de Farmacología, Toxicología y Bioquímica, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú

² E-mail: car-vet@hotmail.com

Recibido: 7 de noviembre de 2018

Aceptado para publicación: 4 de julio de 2019

ABSTRACT

The experiment was carried out in Tamburco, province of Abancay, Peru with the objective of determining the effect of diets based on pisonay (*Erythrina* sp) on the concentration of tannins and total alkaloids, the serum concentration of the aminotransferases, the lesions in the liver and the liver/liveweight ratio of the guinea pigs. Leaves and petioles of pisonay were used with four months of regrowth and fresh alfalfa (*Medicago sativa*) with 28 days of regrowth in the diet of 24 improved male guinea pigs, distributed in three treatments: diet A100: 100% alfalfa (80 g), diet A50P50: 50% alfalfa (40 g) plus 50% pisonay (40 g) and diet P100: 100% pisonay (80 g). The feeds were supplied twice a day. Serum levels and liver/liveweight ratio were analysed with complete random design, the effect of diets on guinea pig liver lesions was analysed with Fisher's exact test. The concentration of tannins in the pisonay (14.0 g/kg DM) was higher than those found in alfalfa (2.2 g/kg DM). No total alkaloids were detected in the alfalfa. Serum levels of alanine aminotransferase (ALT) in guinea pigs fed A100 (39.1 ± 7.2 IU/L), A50P50 (48.8 ± 7.1 IU/L) and P100 (62.0 ± 8.4 IU/L) showed significant differences ($p < 0.05$). Aspartate aminotransferase (AST) in guinea pigs fed A50P50 (71.9 ± 15.2 IU/L) and P100 (76.4 ± 11.8 IU/L) were higher than animals fed A100 ($p < 0.05$). The increase of 50 to 100% of pisonay in the diet of guinea pigs produces lesions in the liver such as fatty degeneration and necrotic foci, in addition to decreasing the liver/liveweight ratio. The pisonay and fresh forage in 50 and 100% in the diet of guinea pigs can adversely affect the health of the animals.

Key words: tannin; alkaloids; alanine aminotransferase; aspartate aminotransferase

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas arbóreas y arbustivas forrajeras tienen gran potencial multipropósito, se usan en cercos vivos, postes, sombra, medicina, utensilios, leña y en la alimentación de animales (Kongmanila *et al.*, 2012; Yisehak y Janssens, 2013; Bohada *et al.*, 2017). Sin embargo, tienen efectos citotóxicos, carcinogénicos, hepatotóxicos, nefrotóxicos y genotóxicos (Zhu *et al.*, 1992; Araújo-Júnior *et al.*, 2012). Así mismo, se ha observado disminución del consumo voluntario en el ganado (Meza *et al.*, 2012, 2014b; Santos *et al.*, 2014) y, por consiguiente, menor ganancia de peso vivo (Sánchez *et al.*, 2012; Guevara *et al.*, 2013; Meza *et al.*, 2014a) e incluso problemas de salud. Al respecto, Apráez *et al.* (2013) indicaron que la elevada presencia de compuestos fenólicos en la alimentación con especies arbustivas

había provocado una mortalidad de cerca del 25% en cuyes.

Ensayos cualitativos realizados en el follaje de leguminosas arbóreas y follaje de arbustos forrajeros indicaron la existencia de metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, taninos, saponinas, alcaloides, fitatos y oxalatos, los que podrían tener un efecto negativo en el valor nutritivo del forraje (Galindo *et al.*, 2014; Apráez *et al.*, 2017; Milián *et al.*, 2017). Varios extractos del género *Erythrina* han mostrado mayor frecuencia de alcaloides (38%), flavonoides (38%) y proteoides (9%) (Pino *et al.*, 2004). En otros estudios, *E. mysorensis* presentó moderada presencia de taninos, compuestos fenólicos y alcaloides (Rodríguez *et al.*, 2004), *E. berteroana* solo taninos (Pedraza *et al.*, 2007) y *E. variegata* una presencia baja de taninos y alta de alcaloides (Alvear *et al.*, 2013). Asimismo, en ensayos cuantitativos

realizados en hojas y tallos finos de arbóreas forrajeras cosechadas a los 120 días de rebrote, la concentración de taninos totales fue 1.1 a 54.2 g/kg MS (García *et al.*, 2008; Ogunbosoye *et al.*, 2015).

Es conocida la utilización de follajes arbustivos y arbóreos como forraje verde o harina de hojas para la dieta de los animales. En la evaluación *post mortem* de conejos alimentados con *Leucaena leucocephala* se encontró hígado frágil e incluso congestionado con manchas necróticas, que indicaría una condición de insuficiencia orgánica múltiple como efecto de la toxicidad de taninos (Adejojo *et al.*, 2014). En pollos, con dietas conteniendo niveles superiores a 15% de *Moringa oleifera* se observó disminución de los niveles séricos de alanino aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST), lo que implicaría los efectos maximizados de los factores tóxicos (Tijani *et al.*, 2016). La ALT y AST han sido utilizadas como indicadores sensibles de citólisis o daño celular hepático, así como marcadores de daño hepatocelular (Lawrence y Steiner, 2017).

En los valles interandinos del Perú, los criadores utilizan hojas y peciolas del pisonay (*Erythrina* sp) en la alimentación de animales rumiantes y no rumiantes, sin tomar en cuenta las consideraciones de toxicidad. Por estas razones, esta investigación tuvo como propósito determinar los niveles de taninos y alcaloides totales en la alfalfa (*Medicago sativa*) y pisonay, el efecto del consumo de estos forrajes sobre la concentración sérica de aminotransferasas, las lesiones patológicas en el hígado y la relación hígado/peso vivo de los cuyes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental fue realizado en una granja de cuyes ubicada en el sector de Moccospampa, distrito de Tamburco, provincia de Abancay, departamento de Apurímac,

Perú. La zona se encuentra a una altitud de 2880 m, con temperatura ambiental entre 11.7 y 23.8 °C, humedad relativa de 62.7% y precipitación pluvial media anual de 596 mm.

El forraje estuvo constituido por hojas y peciolas del pisonay (*Erythrina* sp) con un crecimiento vegetativo de 120 días de rebrote y de alfalfa (*Medicago sativa*) fresca de 28 días. Estos forrajes fueron cosechados en los alrededores del sitio experimental a inicios de la época seca (abril y mayo de 2016).

Se utilizaron 24 cuyes machos mejorados, aparentemente sanos, de tres meses. Los animales fueron pesados al inicio de la fase experimental (836 ± 87 g) en una balanza Adventurer Pro AV2101 Ohaus (±0.02 g). Los cuyes se distribuyeron al azar en tres tratamientos. Los cuyes se criaron en pozas de adobe (1.2 x 0.8 x 0.7 m) con sus respectivos bebederos. Previa a la experimentación, los animales tuvieron un periodo de acostumbamiento a la dieta de siete días. Basado en los valores nutricionales del pisonay reportados por Cárdenas *et al.* (2013, 2016a,b) y Choque *et al.* (2018), los tratamientos tuvieron los siguientes porcentajes de forraje: A100: 100% de alfalfa (80 g), A50P50: 50% de alfalfa (40 g) y 50% de pisonay (40 g), P100: 100% de pisonay (80 g). La dieta fue suministrada durante 21 días (etapa experimental), dos veces al día, previo pesaje de los forrajes (Adventurer OHAUS). El agua estuvo disponible a voluntad.

Las muestras de alfalfa y pisonay se secaron a 55 °C por 72 horas. Se determinó la concentración de taninos totales utilizando un espectrofotómetro Lambda 25 UV/Vis Perkin Elmer con referencia al ácido tánico (Velásquez, 2004) y alcaloides totales por volumetría - microbureta - con referencia a eritrinanos (AOAC, 1990). Los cuyes fueron beneficiados al término de la etapa experimental previa insensibilización por dislocación de las vértebras cervicales (Jurado-Gámez *et al.*, 2016) y las muestras de sangre fueron colectadas de la vena yugular (Pilny, 2008). Las muestras de sangre (libre de

hemolisis) fueron recolectados en tubos sin anticoagulante para la obtención del suero por centrifugación (2-16P Sigma) a 1398 x g durante 10 minutos. El suero resultante fue guardado en congelación a -20 °C. Se determinaron las concentraciones séricas de alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST) en un espectrofotómetro 6540 UV/Vis Jenway con kits comerciales (Valtek Diagnostics).

Terminado el experimento se realizó la necropsia de los cuyes (Astaiza-Martínez *et al.*, 2013), se describieron las posibles alteraciones macroscópicas presentes en el hígado, y se determinó su peso (Adventurer OHAUS) para el cálculo de la relación hígado/peso vivo.

Los valores de taninos y alcaloides en alfalfa y pisonay fueron analizados con estadística descriptiva, la respuesta de las dietas en las concentraciones séricas de ALT, AST y la relación hígado/peso vivo se analizó con un diseño completamente al azar, y la diferencia de sus promedios con la prueba de Tukey. Asimismo, el efecto de las dietas sobre las lesiones del hígado de cuyes se analizó con el test exacto de Fisher, utilizando un nivel de confianza del 95% para todos los casos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de taninos y alcaloides totales fueron mayores en el pisonay que en la alfalfa. Asimismo, los alcaloides totales en la alfalfa fueron imperceptibles (Cuadro 1).

La concentración de 2.2 g/kg de MS de alfalfa fue similar al valor de 0.125 g/kg de MS reportado por Barry y McNabb (1999), mientras que Coblenz y Grabber (2013) no detectaron taninos en el ensilado de alfalfa y valores de 1.62% (equivalente a 16 g/kg MS) en el heno de alfalfa. En el caso de pisonay se disponen de escasos estudios. Bhat *et al.* (2013) indican que los forrajes que contienen

niveles bajos a moderados de taninos (<5% de MS) pueden emplearse como alimento de forma segura para los animales; en forma similar, Mohamed *et al.* (2015) indican que estos forrajes representan una fuente efectiva de proteína disponible, a diferencia de aquellas sin taninos. García *et al.* (2009) encontró 3.5% (35 g/kg MS) en leguminosas arbóreas y 2.4% (24 g/kg MS) en no leguminosas, las cuales tienen efecto negativo en la digestión de la MS.

El pisonay por su bajo contenido de taninos puede ser considerado como un forraje promisorio al ser comparado con otros arbustos forrajeros (Reddy y Elanchezhian, 2008; Santacoloma y Granados, 2012; Ojeda *et al.*, 2012; Brown *et al.*, 2016), y considerado para la suplementación al no tener efectos negativos (Mashamaite *et al.*, 2009). Sin embargo, en el presente trabajo se han observado valores elevados de alcaloides totales (17.8 g/kg MS), que pueden ocasionar toxicidad en el metabolismo digestivo de los animales que la consumen. Las concentraciones de alcaloides son bajas en leguminosas arbóreas (0.04-0.51%) (García y Medina, 2006) y en no leguminosas (0.07-0.10%) (García *et al.*, 2008). Las concentraciones de alcaloides menores a 0.32±0.03% han sido considerados dentro del rango seguro (Cheema *et al.*, 2011) y valores de 1.24±0.14% no ocasionarían efectos adversos en monogástricos (Alikwe y Omotosho, 2013).

El suministro de alimentos en base a pisonay en las proporciones de A50P50 y P100 de la dieta de cuyes mostró altas concentraciones de ALT y AST comparado con la dieta solo de alfalfa. Estos valores sobrepasan al rango máximo propuesto por Kitagaki *et al.* (2005) quienes reportan valores para ALT de 25-40 UI/L y AST de 45-68 UI/L. El incremento de las concentraciones séricas de ALT y AST indican disfunciones hepáticas (Ticona, 2011; Ruíz-Rodríguez, 2013). Sin embargo, la inclusión de harina de *Erythrina* sp en bajas proporciones (7-28%) en la alimentación de cuyes no evidenciaron cambios

Cuadro 1. Nivel de taninos y alcaloides totales (g/kg de MS) en alfalfa (*Medicago sativa*) y pisonay (*Erythrina sp*)

Forrajes	Taninos totales		Alcaloides totales	
	Media ± DE	CV (%)	Media ± DE	CV (%)
Alfalfa	2.2 ± 0.2	9.9	ND	ND
Pisonay	14.0 ± 1.8	12.7	17.8 ± 2.3	12.9

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variabilidad; ND: No detectado

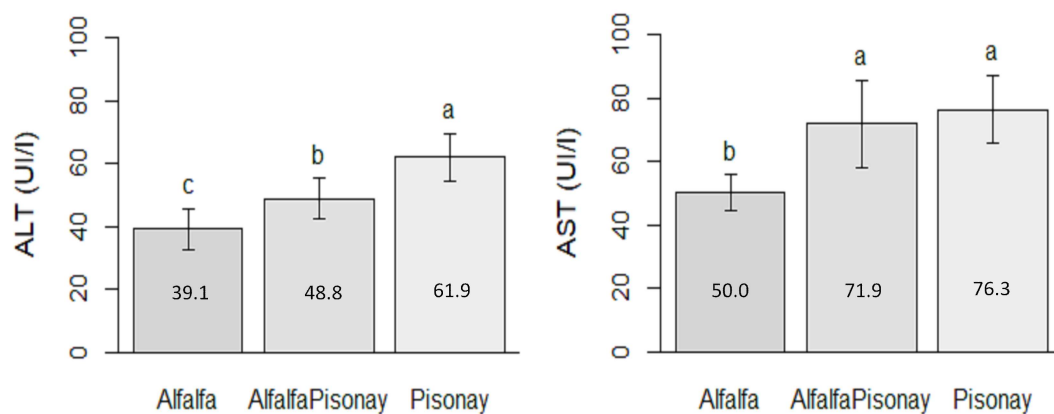


Figura 1. Niveles séricos de alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST) en cuyes como respuesta a dietas de alfalfa (*Medicago sativa*) y pisonay (*Erythrina sp*)

significativos en ALT (24-39 UI/L) y AST (41-55 UI/L), ni reacciones hepatotóxicas (Paredes *et al.*, 2017). Estos resultados serían concordantes con los encontrados en esta investigación (Figura 1) mediante el consumo de alfalfa, pues dietas con 50% de pisonay o más serían más propensas a causar daño hepático.

Las tres dietas mostraron una presentación similar de congestión y dilatación vesicular (Cuadro 2); sin embargo, las dietas de pisonay en A50P50 y P100 conllevó a una mayor presencia de degeneración grasa y focos necróticos respecto a la dieta de solo alfalfa (Kumar, 1991). Las lesiones del hígado

(Figura 2) en los cuyes del presente estudio fueron similares a las producidas por plantas herbáceas, arbustos y arbóreas forrajeras. Avendaño (2011) menciona que alimentar cuyes con *Carum carvi* y *Spilantehes oleraceae* produce degeneración, necrosis y bilis con degeneración de estructura y color. *Leucaena leucocephala* procesada para alimentación de conejos ocasiona edema e hígado congestionado con manchas necróticas (Fayemi *et al.*, 2011) y densa inflamación crónica del hígado (Adekojo *et al.*, 2014). Por otro lado, la magnitud del incremento en la ALT, observada también en este estudio (Cuadro 2), refiere al grado de lesión de los hepatocitos (Thawley, 2017).

Cuadro 2. Efecto de los alimentos sobre las lesiones del hígado de cuyes

Lesiones	Dietas		
	A100	A50P50	P100
Congestión	37.5 ^a	87.5 ^a	75.0 ^a
Degeneración grasa	25.0 ^a	100.0 ^b	100.0 ^b
Focos necróticos	12.5 ^a	87.5 ^b	87.5 ^b
Dilatación vesicular	37.5 ^a	100.0 ^a	75.0 ^a
Relación hígado/peso vivo (%)	4.1 ^x	3.8 ^{xy}	3.6 ^y

^{a,b,c} Superíndices diferentes dentro de filas denotan independencia; ^{xy} diferencia de medias
 A100: 100% Alfalfa (80 g), A50P50: 50% Alfalfa (40 g) mas 50% Pisonay (40 g) y P100: 100% Pisonay (80 g)

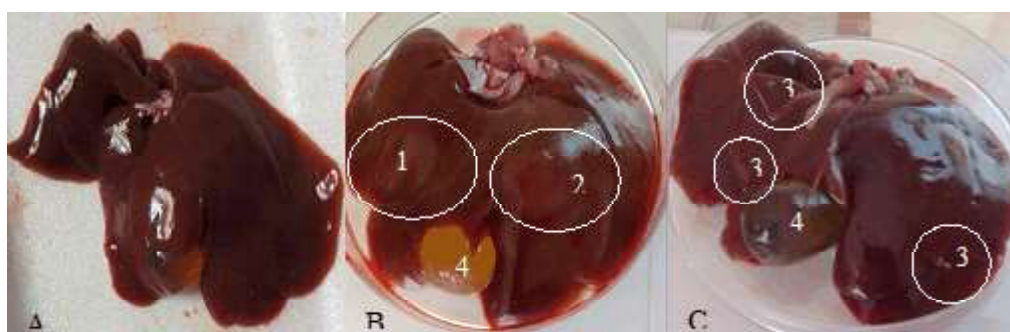


Figura 2. Hígado de cuyes. A. Hígado aparentemente normal de cuy alimentado con alfalfa. B. Hígado de cuy alimentado con alfalfa más pisonay. C. Hígado de cuy alimentado con pisonay. 1. Congestión. 2. Degeneración grasa. 3. Focos necróticos. 4. Dilatación vesicular

La relación hígado/peso vivo disminuyó al incrementarse el porcentaje de pisonay comparado con la dieta solo de alfalfa (Cuadro 2), lo cuál sería congruente con la observación en cuyes aparentemente sanos que tenían una relación entre 4.6 y 6.0% (Rosas, 2007; Stan *et al.*, 2017). Del mismo modo, el peso del riñón, corazón, páncreas, proventrículo y bazo de gallos negros Nera estuvieron influenciados por dietas basadas en harina de hojas de *M. oleífera*, que ade-

más afectaron con una respuesta elevada de la AST (Ojediran *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

Las hojas y peciolos del pisonay (*Erythrina* sp) mostraron valores elevados de taninos y alcaloides que al ser suministrados como forraje fresco a partir de 50% en la dieta de cuyes; así mismo, aumentaron las

concentraciones séricas de aminotransferasas, mayor presencia de patologías hepáticas y una disminución de la relación hígado/peso vivo.

LITERATURA CITADA

1. **Adekojo SA, Adama TZ, Aremu A, Ijaiya AT, Owoleke OE, Ibrahim A. 2014.** Effects of dietary inclusion of differently processed *Leucaena leucocephala* leaf meal on carcass characteristics of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Int J Food Sci Nutr Engineering* 4: 118-127. doi: 10.5923/j.food.20140405.02
2. **Alikwe PCN, Omotosho MS. 2013.** An evaluation of the proximate and phytochemical composition of *Moringa oleifera* leaf meal as potential feedstuff for non-ruminant livestock. *Agrosearch* 13: 17-27. doi: 10.4314/agrosh.v13i1.2
3. **Alvear CM, Melo W, Apráez JE, Gálvez A, Insuasty EG. 2013.** Especies arbóreas y arbustivas con potencial silvopastoril en la zona de bosque muy seco tropical del norte de Nariño y sur del Cauca. *Agroforestería Neotropical* 3: 37-46.
4. **Apráez JE, Gómez TC, Calpa JS. 2013.** Comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo arreglos silvopastoriles en clima medio del departamento de Nariño, Colombia. *Rev Inv Pec* 2: 41-48.
5. **Apráez E, Gálvez A, Navia J. 2017.** Evaluación nutricional de arbóreas y arbustivas de bosque muy seco tropical (bms-T) en producción bovina. *Rev Cienc Agron* 34: 98-107. doi: 10.22267/rcia.173401.66
6. **Araújo-Júnior JX, Oliveira MSG, Aquino PGV, Alexandre-Moreira MS, Sant'Ana AEG. 2012.** A phytochemical and ethnopharmacological. Review of the genus *Erythrina*. In: Venketeshwer Rao (ed). *Phytochemicals - a global perspective of their role in nutrition and health*. Rijeka: China: InTech. p 327-352.
7. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1990.** Official methods for analysis of the AOAC. 15th ed. Arlington, Virginia, EEUU: AOAC. 771 p.
8. **Astaiza-Martínez JM, Benavides-Melo CJ, Chaves-Velásquez CA, Arciniegas-Rivera AM, Quiroz-Moran LH. 2013.** Estandarización de la técnica de necropsia en cuyes (*Cavia porcellus*) en la Universidad de Nariño. *Rev Inv Pec* 2: 77-83.
9. **Avendaño MM. 2011.** Determinación de alteraciones orgánicas causadas por plantas tóxicas, alcaravea (*Carum carvi*) y botoncillo (*Spilantehes oleraceae*) en cobayos. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Loja: Univ. Nacional de Loja. 72 p.
10. **Barry TN, McNabb WC. 1999.** The effect of condensed tannins in temperate forages on animal nutrition and productivity. In: Brooker JD (ed). *Tannins in livestock and human nutrition*. Canberra: Center for International Agricultural. p 30-35.
11. **Bhat TK, Kannan A, Birbal S, Sharma OP. 2013.** Value addition of feed and fodder by alleviating the antinutritional effects of tannins. *Agric Res* 2: 189-206. doi: 10.1007/s40003-013-0066-6
12. **Bohada CM, Ospina LA, Vargas JE. 2017.** Identificación y caracterización de especies vegetales con potencial forrajero en trópico alto de la cuenca del río Tapias. *Livestock Res Rural Develop* 29(5). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd29/5/karm29100.html>
13. **Brown D, Ng'ambi JW, Norris D, Mbajjorgu FE. 2016.** Blood profiles of indigenous Pedi goats fed varying levels of *Vachellia karroo* leaf meal in *Setaria verticillata* hay-based diet. *S Afr J Anim Sci* 46: 432-440. doi: 10.4314/sajas.-v46i4.11
14. **Cárdenas LA, Bautista JL, Zegarra JL, Ramos R. 2013.** Degradabilidad ruminal de la fibra del follaje pisonay (*Erythrina* sp). *Rev Complutense Cienc Vet* 7: 42-49. doi: 10.5209/rev_RCCV.-2013.v7.n1.41687

15. **Cárdenas LA, Bautista JL, Zegarra JL, Ramos R, Gomez OE, Barreto, J.S. 2016a.** Degradabilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda de las hojas y peciolo del pisonay (*Erythrina falcata*). Rev Inv Vet Perú 27: 39-44. doi: 10.15381/rivep.v27i1.11461
16. **Cárdenas LA, Sánchez CZ, Ramírez Y, Ramos R. 2016b.** Uso del pisonay (*Erythrina* sp) en la alimentación de cuyes. En: Simposio Nacional Avances y Perspectivas en la Producción de Cuyes. Lima, Perú. UNALM.
17. **Cheema UB, Sultan JI, Javaid A, Akhtar P, Shahid M. 2011.** Chemical composition, mineral profile and *in situ* digestion kinetics of fodder leaves of four native trees. Pak J Bot 43: 397-404. doi: 10.4314/sajas.v46i4.11
18. **Choque H, Huaita A, Cárdenas LA, Ramos R. 2018.** Efecto de la edad de rebrote en la degradación ruminal del pisonay (*Erythrina* sp) en el valle interandino de Abancay. J High Andean Res 20: 189-202. doi: 10.18271/ria.2018.363
19. **Coblentz WK, Grabber JH. 2013.** *In situ* protein degradation of alfalfa and birdsfoot trefoil hays and silages as influenced by condensed tannin concentration. J Dairy Sci 96: 3120-3137. doi: 10.3168/jds.2012-6098
20. **Fayemi P, Onwuka CF, Isah OA, Jegede AV, Arigbede OM, Muchenje V. 2011.** Effects of mimosine and tannin toxicity on rabbits fed processed *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit. Leaves. Afr J Agr Res 6: 4081-4085. doi: 10.5897/AJAR11.327
21. **Galindo J, González N, Marrero Y, Sosa A, Ruiz T, Febles G, Torres V, Aldana AI, Achang G, Moreira O, Sarduy L, Noda AC. 2014.** Efecto del follaje de plantas tropicales en el control de la producción de metano y la población de protozoos ruminales *in vitro*. Cuban J Agr Sci 48: 359-364.
22. **García DE, Medina MG 2006.** Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Zootecnia Trop 24: 233-250.
23. **García DE, Medina MG, Clavero T, Cova LJ, Domínguez C, Baldizán A. 2008.** Caracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles polifenólicos. Rev Cient Fac Cien V 18: 188-196.
24. **García DE, Medina MG, Moratinos P, Cova LJ, Torres A, Santos O, Perdomo D. 2009.** Caracterización químico-nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. Avances Invest Agropec 13: 25-39.
25. **Guevara J, Díaz P, Bravo N, Vera M, Crisóstomo O, Barbachán H, Huamán D. 2013.** Uso de harina de pajuro (*Erythrina edulis*) como suplemento en la alimentación de cuyes-Lima. Rev Per Quím Ing Quím 16: 21-28.
26. **Jurado-Gómez HA, Cabrera EJ, Salazar JA. 2016.** Comparación de dos tipos de sacrificio y diferentes tiempos de maduración sobre variables fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). Rev Med Vet Zoot 63: 201-217. doi: 10.15446/rfmvz.v63n3.62741
27. **Kitagaki M, Yamaguchi M, Nakamura M, Sakurada K, Suwa T, Sasa H. 2005.** Age-related changes in haematology and serum chemistry of Weiser-Maples guinea pigs (*Cavia porcellus*). Lab Anim 39: 321-330. doi: 10.1258/0023677054307042
28. **Kongmanila D, Bertilsson J, Ledin I, Wredle E. 2012.** Utilisation of some *Erythrina* species and biomass production of *Erythrina variegata*. Livestock Res Rural Develop 24(8). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/daov24137.htm>
29. **Kumar R. 1991.** Anti-nutritional factors: the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. In: Speedy A, Pugliese JL (eds). Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Proc FAO Expert Consultation MARDI. Kuala Lumpur, Malaysia.

30. **Lawrence YA, Steiner JM 2017.** Laboratory evaluation of the liver. *Vet Clin N Am-Small* 47: 539-553. doi: 10.1016/j.cvsm.2016.11.005
31. **Mashamaite L, Ng'ambi JW, Norris D, Ndlovu LR and Mbajiorgu CA. 2009.** Relationship between tannin contents and short-term biological responses in male rabbits supplemented with leaves of different acacia tree species grown in Limpopo province of South Africa. *Livestock Res Rural Develop* 21(7). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd21/7/mash21109.htm>
32. **Meza GA, Sánchez AR, Meza MA, Meza CJ, Franco NG, Avellaneda JH, Estupiñán KA, et al. 2012.** Digestibilidad *in vivo* de forrajeras arbustivas tropicales para la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), en el litoral ecuatoriano. *Vet Zootec* 6: 8-16.
33. **Meza GA, Looor NJ, Sánchez AR, Avellaneda JH, Meza CJ, Vera DF, Cabanilla MG, et al. 2014a.** Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivos tropicales (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosa-sinensis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Rev Fac Med Vet Zoot* 61: 258-269. doi: 10.15446/rfmvz.v61n3.46874
34. **Meza GA, Cabrera RP, Morán JJ, Meza FF, Cabrera CA, Meza JC, Meza JS, et al. 2014b.** Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo, Ecuador. *Idesia* 32: 75-80.
35. **Milián JC, Iglesias O, Valdés H. 2017.** Caracterización fitoquímica de *Samanea Saman* Jacq Merr (algarrobo). *Rev Cub Cienc Forestales* 5: 49-61.
36. **Mohamed KE, Salih AM, Zomrawi WB, Hamza MM, Elamin KM, Dousa BM. 2015.** The effect of drying methods on chemical composition and digestibility of *Leucaena Leucocephala* leaves. *Global J Anim Sci Res* 3: 419-422.
37. **Ogunbosoye DO, Tona GO, Otukoya FK. 2015.** Evaluation of the nutritive value of selected browse plant species in the southern guinea savannah of Nigeria for feeding to ruminant animals. *Brit J Appl Sci Technol* 7: 386-395. doi: 10.9734/BJAST/2015/14051
38. **Ojeda A, Barroso JA, Obispo N, Gil JL, Cegarra R. 2012.** Composición química, producción de gas *in vitro* y astringencia en el follaje de *Samanea saman* (Jacq.) Merrill. *Pastos y Forrajes* 35: 205-218.
39. **Ojediran T, Oyebode O, Amao O, Shittu D, Odedoyin O. 2017.** Serum biochemistry, organ weight, carcass characteristics, organoleptic properties and villi morphometry of Nera Black Cocks fed varying levels of *Moringa oleifera* leaf meal. *Anim Sci Biotechnol* 50: 16-23.
40. **Paredes-Lopez D, Robles-Huaynate R, Córdova-Chumbes O, De la Cruz-Paucar E. 2017.** Efecto de la harina de hojas de *Erythrina* sp sobre el perfil bioquímico, parámetros biológicos e histopatología del hígado de *Cavia porcellus*. *Scientia Agropec* 8: 297-304. doi: 10.17268/sci.agropecu.2017.04.01
41. **Pedraza RM, Martínez SJ, Estévez JA, Guevara GF, Guevara RE, Curbelo L. 2007.** Valor nutritivo para rumiantes del follaje de árboles y arbustos tropicales. *Rev Prod Anim* 19: 5-12.
42. **Pilny AA. 2008.** Clinical hematology of rodent species. *Vet Clin North Am Exotic Anim Pract* 11: 523-533. doi: 10.1016/j.cvex.2008.04.001
43. **Pino S, Prieto S, Pérez ME, Molina J. 2004.** Género *Erythrina*: fuente de metabolitos secundarios con actividad biológica. *Acta Farm Bonaerense* 23: 252-258.
44. **Reddy DV, Elanchezhian N. 2008.** Evaluation of tropical tree leaves as ruminant feedstuff based on cell

- contents, cell wall fractions and polyphenolic compounds. *Livestock Res Rural Develop* 20(5). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/5/redd20077.htm>
45. **Rodríguez Y, Chongo B, La OO, Oramas A, Scull I, Achang, G 2004.** Tamizaje fitoquímico de *Erythrina maysorensis* y determinación de su potencial nutritivo mediante la técnica de producción de gas *in vitro*. Estudio preliminar. *Cuban J Agr Sci* 38: 161-166.
 46. **Rosas C. 2007.** Aspectos anatómicos, histológicos, histoquímicos y estereológicos del hígado de cobayo (*Cavia porcellus*). Tesis de Tecnólogo Médico. Temuco: Univ. de la Frontera. 68 p.
 47. **Ruíz-Rodríguez J. 2013.** Aproximación al análisis de bioquímica sanguínea y uroanálisis en animales silvestres y especies no convencionales. *Mem Conf Interna Med Aprovech Fauna Silv Exót Conv* 9: 58-67.
 48. **Sánchez A, Zambrano D, Torres E, Meza G 2012.** Forrajeras tropicales y banano maduro (*Musa paradisiaca*) en el engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) en el cantón Quevedo. *Actas Iberoam Conservación Animal* 2: 287-290.
 49. **Santacoloma LE, Granados JE. 2012.** Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades físicoquímicas del suelo. *Rev Invest Agraria Amb* 3: 53-62.
 50. **Santos M, Savón L, Lon-Wo E, Gutiérrez O, Herrera M. 2014.** Inclusión de harina de hojas de *Morus alba*: su efecto en la retención aparente de nutrientes, comportamiento productivo y calidad de la canal de pollos cuello desnudo. *Cuban J Agr Sci* 48: 259-264.
 51. **Stan FG, Martonos C, Dezdrobitu C, Damian A, Gudea A. 2017.** Detailed morphological description of the liver and hepatic ligaments in the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Sci Works Series C Vet Med* 63: 35-42.
 52. **Thawley V. 2017.** Acute liver injury and failure. *Vet Clin N Am-Small* 47: 617-630. doi: 10.1016/j.cvsm.2016.11.010.
 53. **Ticona MM. 2011.** Actividad enzimática de las transaminasas glutámico oxalacético, glutámico pirúvico y fosfatasa ácida en el suero sanguíneo del cuy. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Puno: Univ. Nacional del Altiplano. 54 p.
 54. **Tijani LA, Akanji AM, Agbalaya K, Onigemo M. 2016.** Comparative effects of graded levels of Moringa leaf meal on haematological and serum biochemical profile of broiler chickens. *J Agr Sci* 11: 137-146. doi: 10.4038/jas.v11i3.8167
 55. **Velásquez AM. 2004.** Extracción de taninos presentes en el banano verde. *Rev Lasallista Investig* 1: 17-22.
 56. **Yisehak K, Janssens GPJ. 2013.** Evaluation of nutritive value of leaves of tropical tanniferous trees and shrubs. *Livestock Res Rural Develop* 25(2). [Internet]. Disponible en: <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd25/2/yise25028.htm>
 57. **Zhu J, Filippich LJ, Alsalami MT. 1992.** Tannic acid intoxication in sheep and mice. *Res Vet Sci* 53: 280-292. doi: 10.1016/0034-5288(92)90128-0