

Adición de un fitogénico polihierbal en dietas de corderos de engorda

Supplementation of a polyherbal phytogetic in finishing lamb's feedlot rations

María Teresa Sánchez-Torres¹ ,
José Luis Cordero-Mora¹ ,
José Alfredo Martínez-Aispuro^{1*} ,
German David Mendoza-
Martínez² ,
Marco Antonio Ayala-Monter³ ,
Gabriela Vazquez-Silva² ,
Pedro Abel Hernández-García⁴ ,
José Luis Figueroa Velasco¹ 

¹Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, CP. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

²Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana. CP 04960, Xochimilco, Coyoacán, Ciudad de México, México. Calzada del Hueso 1100, Coapa, Villa Quietud, CP. 04960. Coyoacán, Ciudad de México, México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Federal Acapulco - Pinotepa Nacional 131, CP. 41949. San Francisco, Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

⁴Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Amecameca-Ayapango km 2.5. CP. 56900. Amecameca, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia:
alfredo_aispuro@yahoo.com

Nota científica

Recibido: 11 de octubre 2021

Aceptado: 29 de marzo 2022

Como citar: Sánchez-Torres MT, Cordero-Mora JL, Martínez-Aispuro JA, Mendoza-Martínez GD, Ayala-Monter MA, Vazquez-Silva G, Hernández-García PA, Figueroa Velasco JL (2022) Adición de un fitogénico polihierbal en dietas de corderos de engorda. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(2): e3125. DOI: 10.19136/era.a9n2.3125

RESUMEN. El objetivo fue evaluar el efecto de la adición dietaria de un fitogénico polihierbal (Animunin) sobre el comportamiento productivo y la bioquímica sanguínea en corderos. Se utilizaron 40 corderos machos Hampshire × Suffolk con peso vivo inicial de 26.52 ± 2.13 kg, distribuidos en un diseño completamente al azar en cuatro tratamientos. Los tratamientos fueron la inclusión de Animunin a 0, 1, 2 y 3 g kg⁻¹ de materia seca (MS). La adición de Animunin no modificó ($p > 0.05$) el comportamiento productivo, el consumo de MS, el espesor de grasa dorsal, el área de la chuleta, los metabolitos energéticos y proteicos, o las enzimas hepáticas. Mientras que el hematocrito, la hemoglobina y los eritrocitos mostraron una respuesta cuadrática ($p \leq 0.05$) a la adición de Animunin. El fitogénico polihierbal no mejoró el comportamiento productivo ni los metabolitos relacionados con la respuesta inmune de corderos.

Palabras clave: Alcaloides, ovinos, taninos, terpenoides, saponinas.

ABSTRACT. The aim was to evaluate the effect of dietary addition of a polyherbal phytogetic (Animunin) on the productive performance and blood biochemistry in finishing lambs. Forty Hampshire × Suffolk males lambs (initial body weight 26.52 ± 2.13 kg) were allocated according to a completely randomized design in four treatments. Treatments consisted of dietary inclusion of the Animunin at 0, 1, 2, and 3 g kg⁻¹ dry matter (DM). Animunin addition was not modified ($p > 0.05$) the productive performance, DM intake, backfat thickness, chop area, energy and protein metabolites, or liver enzymes. While hematocrit, hemoglobin and erythrocytes showed a quadratic response ($p \leq 0.05$) with Animunin. The polyherbal phytogetic evaluated did not improve lamb's productive performance and metabolites related with immune response.

Key words: Alkaloids, tannins, terpenoids, saponins and sheep.

INTRODUCCIÓN

La incorporación dietaria de plantas o sus metabolitos secundarios pueden modificar de forma benéfica los ecosistemas microbianos y la cinética de fermentación en rumiantes. Lo que puede mejorar la eficiencia alimenticia, comportamiento productivo y digestibilidad, además de reducir la degradabilidad de proteínas, inhibir la proliferación de bacterias gastrointestinales patógenas, reducir la pérdida de energía en la fermentación ruminal y la producción de CH₄ y CO₂ (Ugbogu *et al.* 2019).

Animunin es un fitogénico polihierbal (FPH) elaborado con plantas medicinales de la India que concentra terpenoides, saponinas, taninos, y alcaloides (Orzuna-Orzuna *et al.* 2021). La inclusión de Animunin en dietas de corderos de engorda ha mostrado el potencial para mejorar la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Orzuna-Orzuna *et al.* 2021). Además, en no rumiantes el FPH mostró efectos benéficos en el comportamiento productivo y la respuesta inmune (Shon *et al.* 2004a, 2004b). Lo que se puede deber a que las saponinas tienen actividad inhibidora sobre los procesos metanogénicos del rumen (Goel y Makar 2012). Mientras que los taninos pueden mejorar la digestión de las proteínas de la dieta, mitigar las emisiones de gases producidos durante la fermentación ruminal (Naumann *et al.* 2017), mejorar la productividad, además de su actividad antimicrobianas y antiparasitarias (Huang *et al.* 2018). En tanto que los alcaloides han demostrado efectos antimicrobianos, antiinflamatorios e inmunomoduladores (Kosina *et al.* 2010), además de mejoras en el crecimiento y la eficiencia energética de rumiantes (Estrada-Angulo *et al.* 2016).

Considerando que Animunin contiene una gran diversidad de compuestos fitogénicos con efectos benéficos sobre la productividad y la salud de los animales, se planteó la hipótesis de que la inclusión dietética de Animunin puede beneficiar el desempeño productivo y la salud de los corderos. Por estas razones, el objetivo fue evaluar el efecto de la adición dietaria de un fitogénico polihierbal (Animunin) sobre el comportamiento productivo y la bioquímica sanguínea en corderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos experimentales se llevaron a cabo observando los estándares de ética, bioseguridad y bienestar animal del Colegio de Postgraduados (CP), bajo la norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO (SAGARPA 1999) para el uso de animales en experimentación. El experimento se llevó a cabo en el CP Campus Montecillo Estado de México, ubicado a 98° 48' 27" LO y 19° 48' 23" LN, la temperatura media anual es de 15.9 °C, con altitud de 2,241 m.

Se utilizaron 40 corderos machos Hampshire × Suffolk en un sistema semi-intensivo con peso corporal inicial de 26.52 ± 2.13 kg y edad promedio de 3 meses. Los corderos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron las concentraciones dietéticas de Animunin de 0, 1, 2 y 3 g kg⁻¹ base MS (Animunin Powder, Nuproxa, Querétaro, México) en su incorporación de una dieta basal (energía metabolizable 2.8 Mcal kg⁻¹, proteína cruda 162.5g kg⁻¹, fibra ácido detergente 259.1g kg⁻¹, calcio 6.0 g kg⁻¹ y fósforo 3.9 g kg⁻¹) formulada de acuerdo con las recomendaciones del NRC (2007). La composición de ingredientes (g kg⁻¹ MS) de la dieta basal fue la siguiente: grano de maíz (544.4), pasta de soya (190.9), heno de alfalfa (100.0), paja de avena (100.0), melaza de caña (50.0), carbonato de calcio (1.7), cloruro de sodio (3.0) y premezcla de vitaminas y minerales(10.0).

El producto Animunin es un producto fitogénico polihierbal (FPH) que contiene 1% de terpenoides y se basa en *Adhatoda vasica* (alcaloides y taninos, Singh *et al.* 2011), *Solanum xanthocarpum* (taninos, Kumar y Pandey 2014), *Curcuma longa* (taninos, Ravikumar *et al.* 2009), *Hedychium spicatum* (más de 54 compuestos fitoquímicos, Rawat *et al.* 2018), *Boerhavia diffusa* (alcaloides, Dora *et al.* 2018), *Piper longum* (alcaloides, Liu *et al.* 2011) y *Albezia lebbek* (alcaloides y saponinas, Gupta *et al.* 2005). La composición química (%) de Animunin es: MS 94.72, cenizas 14.39, proteína cruda 8.43, fibra detergente neutro 16.68, fibra ácido detergente 4.46, extracto etéreo 13.97, Ca 1.4 y P 0.15.

Los corderos se alojaron en jaulas metabólicas individuales equipadas con comedero y bebedero de chupón. Antes del experimento, los corderos recibieron el manejo sanitario habitual: desparasitación (Closantil 5%), vitaminas (Vigantol ADE, Bayer) y vacunación (Bobact 8, MSD). El agua y el alimento se proporcionaron *ad libitum*, realizando la asignación de alimento a las 08:00 y 15:00 h. La asignación diaria de alimento para cada uno de los corderos se realizó garantizando que el rechazo oscilara entre el 5 y 10%. Previo al experimento los animales tuvieron un período de adaptación de 10 días.

Las variables evaluadas fueron consumo diario de alimento (CONALI), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y peso vivo final (PVf). El espesor de la grasa dorsal (GD) y el área del músculo *Longissimus dorsi* (área de la chuleta) se midieron usando un ultrasonido en tiempo real (Sonovet 600 Medison, Inc., Cypress, CA, EE. UU.) con un transductor de 7.5 Mhz entre las costillas 12 y 13 el día 60 del experimento. El día 60, dos muestras de sangre (5 mL; preprandial 08:00 h) fueron recolectaron de la vena yugular mediante punción. Las primeras muestras se recogieron en tubos sin anticoagulante (BD Vacutainer Serum). Estas muestras se colocaron inmediatamente en refrigeración (4 °C) y luego se centrifugaron (Sigma 2-16 k, Alemania) a 3500 g durante 20 min para obtener suero sanguíneo. Las muestras se almacenaron en tubos Eppendorf y se mantuvieron en un congelador (Sanyo MDF-436, EE. UU.) a -20 °C, hasta el análisis de colesterol, glucosa, proteína total, urea, ácido úrico, albúmina, globulina, bilirrubina, fosfatasa alcalina (FA), lactato deshidrogenasa (LD), aspartato aminotransferasa (AAT), Ca, P y creatinina utilizando un autoanalizador KONTROLab 2017. Las segundas muestras de sangre se recogieron en tubos con anticoagulante (BD Vacutainer Sodium Heparin), estos se utilizaron para la determinación del hemograma completo (HEM), el hematocrito y el recuento diferencial de leucocitos con un analizador de hematología (KONTROLab QS EasyVet, Italia).

Análisis estadístico

Para corroborar que los datos de cada una de

las variables tuvieran una distribución normal y homogeneidad de la varianza se utilizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y diez repeticiones (cada cordero se consideró una unidad experimental). Con base en los datos obtenidos se realizó un ANAVA, utilizando el procedimiento GLM (SAS 2013). Con los datos se trató de detectar efectos lineales y cuadráticos ($p \leq 0.07$) para evaluar el efecto de la concentración de Animumin. El peso vivo inicial se utilizó como covariable para el PVf y GDP ($p \leq 0.07$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo respuesta en las variables peso vivo final, GDP, consumo de MS, conversión alimenticia, espesor de grasa dorsal y área de la chuleta ($p > 0.07$, Tabla 1), ni en los metabolitos energéticos, los metabolitos sanguíneos de las proteínas y las enzimas hepáticas ($p > 0.07$, Tabla 2) por efecto del aditivo alimentario. Pero si se detectó un aumento lineal en la concentración sérica de calcio ($p = 0.07$) y fósforo ($p = 0.05$). El hematocrito ($p = 0.02$), la hemoglobina ($p = 0.01$) y los eritrocitos ($p = 0.05$) mostraron una tendencia cuadrática, y las concentraciones más bajas se obtuvieron con 1 g kg⁻¹ de Animumin (Tabla 3). Mientras que la velocidad de sedimentación de Wintrobe presentó una respuesta cuadrática ($p = 0.05$), obteniendo el valor más alto con 1 g kg⁻¹ del FPH (Tabla 3).

La suplementación con Animumin (0.1, 0.2 o 0.3%) en las dietas de corderos mostró un efecto nulo en la respuesta productiva. En contraste, Orzuna-Orzuna *et al.* (2021) reportaron que la inclusión dietaria de 0.1% de Animumin aumentó la GDP (21%) y mejoró la conversión alimenticia. Pero el efecto benéfico de Animumin en la GDP y la conversión alimenticia disminuyó cuando se incluyó más del 0.2% en la dieta. Quizás, un nivel superior al 0.2% de Animumin en las dietas de corderos pueda provocar un efecto tóxico que se refleja en una disminución del comportamiento productivo.

La reducción de hematocritos, hemoglobina y eritrocitos encontrada podría indicar que los corderos

Tabla 1. Efectos de la concentración dietética de un aditivo fitogénico polihierbal (Animunin) sobre el comportamiento productivo en corderos de engorda.

	Aditivo polihierbal (g kg ⁻¹ MS) ¹				EE	p	
	0	1	2	3		Lineal	Cuadrático
PV inicial (kg)	26.49	26.82	26.42	26.37	0.70	-	-
PV final (kg)	43.23	43.31	43.08	43.21	0.94	0.83	0.87
GDP (kg d ⁻¹)	0.269	0.270	0.267	0.269	0.018	0.93	0.99
CMS (kg d ⁻¹)	1.52	1.52	1.54	1.54	0.06	0.87	0.86
CA	5.74	5.64	5.78	5.77	0.19	0.84	0.90
GD (mm)	3.40	3.21	3.20	3.50	0.16	0.68	0.13
ACH (mm ²)	1093	1076	1116	1128	32	0.34	0.70

¹Animunin Powder. PV = peso vivo, GDP = ganancia diaria de peso, CMS = consumo de materia seca, CA = conversión alimenticia, GD = Grasa dorsal, ACH = área de la chuleta, MS = materia seca, EE = error estándar de la media.

Tabla 2. Efectos de la concentración dietética de un aditivo fitogénico polihierbal (Animunin) sobre la química sanguínea en corderos de engorda.

	Aditivo polihierbal (g kg ⁻¹ MS) ¹				EE	p	
	0	1	2	3		Lineal	Cuadrático
Colesterol (mg dL ⁻¹)	61.20	64.10	62.70	65.00	2.70	0.42	0.91
Glucosa (mg dL ⁻¹)	64.60	72.30	65.20	73.80	3.15	0.15	0.89
Proteínas totales (g dL ⁻¹)	6.83	6.81	7.02	7.19	0.24	0.24	0.71
Urea (mg dL ⁻¹)	30.40	31.00	27.60	30.80	2.41	0.84	0.60
Acido urico (mg dL ⁻¹)	0.91	1.02	0.94	0.95	0.05	0.85	0.27
Albuminas (g dL ⁻¹)	3.56	3.45	3.69	3.67	0.16	0.42	0.79
Globulinas (g dL ⁻¹)	3.27	3.47	3.33	3.52	0.14	0.36	0.95
Albuminas/Globulinas	1.80	1.05	1.11	1.09	0.05	0.79	0.87
Bilirubina (mg dL ⁻¹)	0.20	0.26	0.31	0.27	0.04	0.13	0.23
ALP (μg dL ⁻¹)	157.5	172.9	177.20	139.8	18.23	0.55	0.16
LDH (μg dL ⁻¹)	100.60	105.78	98.60	105.50	5.64	0.77	0.88
AST (μg dL ⁻¹)	58.90	54.44	61.20	52.10	4.39	0.49	0.61
Calcio (mg dL ⁻¹)	8.72	9.26	9.46	9.30	0.24	0.07	0.14
Fósforo (mg dL ⁻¹)	4.63	4.46	5.00	4.87	0.15	0.05	0.91
Creatinina (mg dL ⁻¹)	0.71	0.70	0.64	0.72	0.04	0.86	0.24

¹Animunin Powder. ALP = fosfatasa alcalina, LDH = lactato deshidrogenasa, AST = aspartato aminotransferasa, MS = materia seca, EE = error estándar de la media.

presentaban anemia, aunque los valores se encontraban dentro del rango considerado normal (Wang *et al.* 2015). Además, el FPH no tuvo un efecto claro sobre los niveles de hematocrito, hemoglobina y eritrocitos, ya que estas variables disminuyeron con 0.1% de Animunin, pero se estabilizaron con los niveles superiores (0.2 y 0.3%). Lo que difiere con Orzuna-Orzuna *et al.* (2021) quienes no reportan diferencias en estas variables. Aunque hay evidencias de que el uso dietario de Animunin podrían estimular el sistema inmunológico, ya que se reporta que la suplementación con Animunin (0.1 or 0.2%) en dietas de cerdos aumentó las concentraciones de IgG en sangre, albúmina, proteína sanguínea total y linfocitos en lechones y cerdos en crecimiento (Shon *et al.* 2004a). Mientras que Orzuna-Orzuna *et al.* (2021) informan

que los linfocitos en la sangre de los corderos suplementados con 0.1% de Animunin aumentaron y los neutrófilos segmentados disminuyeron en comparación con los corderos que recibieron el tratamiento control. De acuerdo con Braun *et al.* (2010), los parámetros bioquímicos en ovinos se pueden utilizar para el diagnóstico de trastornos hepáticos, musculares y nutricionales. En general, la mayoría de los parámetros bioquímicos séricos no se vieron afectados por el nivel del FPH en la dieta, lo que indica que la concentración de metabolitos sanguíneos estuvo en el rango normal para ovinos jóvenes de acuerdo con Wang *et al.* (2015). Lo anterior, coincide con Orzuna-Orzuna *et al.* (2021) quienes encontraron que las concentraciones sanguíneas de glucosa, colesterol, proteína, albúmina, globulina, bilirru-

Tabla 3. Efectos de la concentración dietética de un aditivo fitogénico polihierbal (Animunin) sobre la concentración de células sanguíneas en corderos de engorda.

	Aditivo polihierbal (g kg ⁻¹ MS) ¹				EE	p	
	0	1	2	3		Lineal	Cuadrático
Hematocrito (%)	38.00	32.30	37.00	39.20	0.69	0.71	0.02
Hemoglobina (g dL ⁻¹)	12.70	10.74	12.43	13.00	0.23	0.76	0.01
Eritrocitos (×106 mL ⁻¹)	5.47	4.78	5.43	5.86	0.11	0.92	0.05
VCM (fL)	69.52	67.56	68.06	66.92	0.51	0.50	0.46
HCM (pg)	23.22	22.38	22.80	22.16	0.19	0.58	0.30
CHCM (g dL ⁻¹)	33.40	33.22	33.60	33.12	0.08	0.47	0.19
Plaquetas (×103 mL ⁻¹)	407.50	383.80	348.66	392.80	21.63	0.57	0.94
Velocidad de sedimentación de Wintrobe (mL h ⁻¹)	1.25	3.00	0.00	0.00	0.41	0.41	0.05
Leucocitos (×103 mL)	14.67	17.68	17.43	18.10	1.79	0.78	0.83
Linfocitos (%)	54.50	55.00	64.33	59.80	1.56	0.24	0.49
Monocitos (%)	4.00	4.20	7.67	5.80	0.39	0.13	0.39
Neutrófilos segmentados (%)	36.50	35.80	23.00	27.80	1.75	0.14	0.38
Neutrófilos en banda (%)	2.50	3.20	2.66	3.40	0.18	0.85	0.34
Eosinófilos (%)	0.50	0.20	0.66	1.20	0.22	0.74	0.76
Basófilos (%)	2.00	2.40	2.66	3.00	0.15	0.80	0.45
Plasma proteins g dL ⁻¹	8.75	8.88	8.50	8.82	0.07	0.50	0.37

¹Animunin Powder. VCM = volumen corpuscular medio, HCM = hemoglobina corpuscular media, CHCM = concentración de hemoglobina corpuscular media, MS = materia seca, EE = error estándar de la media.

bina, creatinina, fosfatasa alcalina y lactato deshidrogenasa no fueron afectadas por el nivel de Animunin en la dieta.

Las diferencias en la respuesta de Animunin sobre el crecimiento y respuesta inmune de los corderos encontradas, pueden deberse al estado de salud de los animales, ya que, los cambios en el sistema inmunológico podrían modificar indirectamente la respuesta productiva (Shon *et al.* 2004a, Orzuna-Orzuna *et al.* 2021). Ya que, cuando el animal no está bajo estrés inmunológico, muestra una respuesta nula al agregar un ingrediente que estimule el sistema inmunológico (Markowiak y Slizewska 2018).

El Animunin contiene fitoquímicos tales como saponinas, taninos y alcaloides, los cuales son una fuente alternativa natural de aditivos alimentarios para mejorar la productividad animal (Goel y Makar 2012, Estrada-Angulo *et al.* 2016, Huang *et al.* 2018). En la literatura científica se encuentran pocos estudios que evalúen de forma individual a las plantas o

fitoquímicos que constituyen al Animunin en la producción animal. Dentro de los encontrados se encuentra el de Jaguezski *et al.* (2018) quienes reportan que la adición del compuesto bioactivo de la *Curcuma longa* (curcumina) en la dieta en ovejas lactantes mejoró la producción de leche. Mientras que en corderos lactantes, se reporta que la curcumina mejoró la capacidad antioxidante y la respuesta antiinflamatoria (Molosse *et al.* 2019). En tanto que, la suplementación con flores de *Albezia lebbeck* en ovejas aumentó las concentraciones plasmáticas de glucosa y urea (Teleni *et al.* 1992).

Con base en los resultados del presente estudio, se concluye que las dosis evaluadas de Animunin no mejoraron el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los corderos. Por lo que el fitogénico polihierbal no tiene potencial como promotor del crecimiento o fortalecer el sistema inmunológico, debido a que no se observaron cambios importantes en la biometría sanguínea y los componentes bioquímicos.

LITERATURA CITADA

- Braun JP, Trumenl C, Bezille P (2010) Clinical biochemistry in sheep: A selected review. *Small Ruminant Research* 92: 10-18.
- Dora BB, Gupta S, Sital S, Pastore A (2018) Punarnava (*Boerhavia diffusa*): A promising indigenous herbal drug and its effect on different disease conditions. *Research and Reviews: Journal of Herbal Science* 4: 21-24.

- Estrada-Angulo A, Aguilar-Hernandez A, Osuna-Perez M, Nuñez-Benitez VH, Castro-Perez BI, Silva-Hidalgo G, Contreras-Pérez G, Barreras A, Plascencia A, Zinn RA (2016) Influence of quaternary benzophenanthridine and protopine alkaloids on performance, dietary energy, carcass, visceral, and health in ewes under conditions of severe temperature-humidity. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 29: 652-658.
- Goel G, Makkar HPS (2012) Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. *Tropical Animal Health and Production* 44: 729-739.
- Gupta RS, Chaudhary R, Yadav RK, Verma SK, Dobhal MP (2005) Effect of Saponins of *Albizia lebbek* (L.) Benth bark on the reproductive system of male albino rats. *Journal of Ethnopharmacology* 96: 31-36.
- Huang Q, Liu X, Zhao G, Hu T, Wang Y (2018) Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition* 4: 137-150.
- Jaguezeski AM, Perin G, Bottari NB, Wagner R, Fagundes MB, Schetinger MRC, Morsch VM, Stein CS, Moresco RN, Barreta DA, Danieli B, Defiltra RC, Schogor ALB, Da Silva AS (2018) Addition of curcumin to the diet of dairy sheep improves health, performance and milk quality. *Animal Feed Science and Technology* 246: 144-157.
- Kosina P, Gregorova J, Gruz J, Vacek J, Kolar M, Vogel M, Roos W, Naumann K, Simanek V, Ulrichova J (2010) Phytochemical and antimicrobial characterization of *Macleaya cordata* herb. *Fitoterapia* 81: 1006-1012.
- Kumar S, Pandey AK (2014) Medicinal attributes of *Solanum xanthocarpum* fruit consumed by several tribal communities as food: an *in vitro* antioxidant, anticancer and anti HIV perspective. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 14: 112.
- Liu J, Bi Y, Luo R, Wu X (2011) Simultaneous UFLC-ESI-MS/MS determination of piperine and piper longuminine in rat plasma after oral administration of alkaloids from *Piper longum* L.: application to pharmacokinetic studies in rats. *Journal of Chromatography B* 879: 2885-2890.
- Markowiak P, Slizewska K (2018) The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens* 10: 1-20.
- Molosse V, Souza CF, Baldissera MD, Glombowsky P, Campigotto G, Cazaratto CJ, Stefani LM, Da Silva AS (2019) Diet supplemented with curcumin for nursing lambs improves animal growth, energetic metabolism, and performance of the antioxidant and immune systems. *Small Ruminant Research* 170: 74-81.
- Naumann HD, Tedeschi LO, Zeller WE, Huntley NF (2017) The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 46: 929-949.
- NRC (2007) Nutrient requirements of small ruminants. National Research Council. 7th Edition. National Academy Press. Washington DC, USA. 384p.
- Orzuna-Orzuna JF, Dorantes-Iturbide G, Lara-Bueno A, Mendoza-Martínez GD, Miranda-Romero LA, Hernández-García PA (2021) Growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites of lambs supplemented with a polyherbal mixture. *Animals* 11: 955.
- Ravikumar BR, Mohan D, Bhagwat VG (2009) Efficacy study of Styplon Vet Bolus as supportive therapy in management of hemorrhagic conditions of ruminants. *Veterinary World* 2: 470-471.
- Rawat S, Jugran AK, Bhatt ID, Rawal RS (2018) *Hedychium spicatum*: a systematic review on traditional uses, phytochemistry, pharmacology and future prospectus. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 70: 687-712.

- SAGARPA (1999) Norma Oficial Mexicana-NOM-062-ZOO-1999: Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación. México. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/062ZOO.PDF>. Fecha de consulta: 2 de abril de 2021.
- SAS (2013) Base SASR9.4. Procedures Guide Statistical Procedures. Statistical Analysis System. 2nd Edition. SAS Institute Inc., Cary,NC, USA. 550p.
- Shon KS, Hong JW, Kwon OS, Min BJ, Lee WB, Kim JH, Kim IH, Kim HS (2004a) Effects of dietary Animunin Powder on growth performance and blood components in nursery and growing pigs. *Journal of Animal Science and Technology* 46: 324-333.
- Shon KS, Kwon OS, Min BJ, Cho JH, Chen YJ, Kim IH, Kim HS (2004b) Effects of dietary herb products (Animunin) on egg characteristic, blood components and nutrient digestibility in laying hens. *Korean Journal of Poultry Science* 31: 237-244.
- Singh PT, Singh MO, Singh BH (2011) *Adhatoda vasica* Nees: Phytochemical and pharmacological profile. *The Natural Products Journal* 1: 29-39.
- Teleni E, Bird AR, Lowry JB (1992) Nutritive value of *Albizia lebbek* supplements for growing sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32: 273-278.
- Ugbogu EA, Elghandour MM, Ikpeazu VO, Buendía GR, Molina OM, Arunsi UO, Emmanuel O, Salem AZM (2019) The potential impacts of dietary plant natural products on the sustainable mitigation of methane emission from livestock farming. *Journal of Cleaner Production* 213: 915-925.
- Wang H, Huang M, Li S, Wang S, Dong S, Cui D, Qi Z, Liu Y (2015) Hematologic, serum biochemical parameters, fatty acid and amino acid of *longissimus dorsi* muscles in meat quality of Tibetan sheep. *Acta Scientiae Veterinariae* 43: 1306.