

Parámetros sanguíneos de caprinos en pastoreo en tres etapas fisiológicas a lo largo del año

Blood parameters of goats in grazing on three physiological stages throughout the year

Héctor Donaciano García-Sánchez¹ ,
Edmundo Castellanos-Pérez^{1*} ,
Miguel Ángel Gallegos-Robles¹ ,
José Luis García-Hernández¹ 

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Dgo. km 35 Ej. Venecia, CP. 35110. Tlahualilo, Durango, México.

*Autor de correspondencia: ecastellmx@yahoo.com.mx

Nota científica

Recibida: 12 de octubre 2022

Aceptada: 13 de marzo 2023

Como citar: García-Sánchez HD, Castellanos-Pérez E, Gallegos-Robles MA, García-Hernández JL (2023) Parámetros sanguíneos de caprinos en pastoreo en tres etapas fisiológicas a lo largo del año. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10(1): e3506. DOI: 10.19136/era.a10n1.3506

RESUMEN. El objetivo de la presente investigación fue monitorear en las cuatro estaciones del año, el estado nutricional de cabras en tres etapas fisiológicas. La investigación se realizó en Tlahualilo, Durango de agosto 2014 a julio de 2015. Muestras sanguíneas se hicieron en cabras para determinar las concentraciones de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico. Los grupos estudiados fueron cabras en producción (PROD), gestación (GES) y desarrollo (DES), factor uno; en invierno, primavera, verano y otoño, factor dos, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial. La glucosa en invierno del grupo PROD con 45.81 mg dL⁻¹ fue la menor concentración ($p < .05$). La DES en invierno de 57.71 mg dL⁻¹ fue la más baja ($p < .05$) en colesterol. La PROD en invierno tuvo de proteína 58.74 mg dL⁻¹, la menor concentración ($p < .05$). El nitrógeno ureico encontrado también fue menor en invierno ($p < .05$). Los parámetros sanguíneos fueron más bajos en invierno.

Palabras clave: Cabras, colesterol, estacionalidad climática, nitrógeno ureico, proteína.

ABSTRACT. The objective of this study was to monitor the nutritional status of goats in three physiological stages in the four seasons of the year. The present work was carried out in Tlahualilo, Durango from August 2014 to July 2015. Blood samples were taken to determine the concentrations of glucose, cholesterol, total protein and urea nitrogen. The groups studied were goats in production (PROD), gestation (GES), and growing goats (DES), factor one, in winter, spring, summer, and autumn, factor two, in a completely random design with factorial arrangement. The lowest concentration of glucose was in the PROD group in winter with 45.81 mg dL⁻¹ ($p < .05$). DES with 57.71 mg dL⁻¹ had the lowest concentration of cholesterol in winter ($p < .05$). PROD with protein concentration 58.74 mg dL⁻¹ had the lowest average in winter ($p < .05$). Ureic nitrogen also showed the lowest values in winter ($p < .05$). The blood parameters were the lowest in winter.

Key words: Goats, cholesterol, climatic seasonality, ureic nitrogen, protein.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera de Coahuila y Durango cuenta con un inventario caprino de aproximadamente 392 407 cabezas, región que ocupa el cuarto lugar en inventario de caprinos del país; presentando el Municipio de Tlahualilo, Durango, 6 542 cabras en producción de un total de 141 603 cabras en producción en la región (SIAP 2020). La mayor parte de los caprinos en México son producidos bajo el sistema extensivo (Anzaldo-Montoya 2020), bajo pastoreo principalmente en tierras ejidales, actividad dominada por productores de escasos recursos económicos (Mellado *et al.* 2020). Las cabras se alimentan del forraje disponible en las áreas de pastoreo, sin embargo, el material vegetativo disponible suele variar en cantidad y calidad a lo largo del año debido a la errática precipitación anual (Grings *et al.* 2016, Isidro-Requejo *et al.* 2017). En la región lagunera los productores de bajos ingresos pastorean las cabras en áreas abandonadas al cultivo y en áreas con residuos de cosecha que no tienen cerco perimetral, habiendo mayor disponibilidad de forraje en la época de lluvias en las áreas abandonadas al cultivo y en el otoño en los residuos de cosecha (Castellanos-Pérez *et al.* 2002). Así, la fluctuación en la disponibilidad y calidad del alimento provoca una variación estacional del estado nutricional del ganado, lo que repercute en deficiencias y desbalances nutricionales en el mismo (Castillo *et al.* 2016, Chávez y Matías 2018).

Las deficiencias nutricionales del ganado pueden causar efectos negativos como retraso en el crecimiento, pérdida de peso, baja fertilidad, disminución en la producción de leche y menor resistencia a enfermedades (Castillo *et al.* 2016, Liotta *et al.* 2021) y en el peor escenario puede incluso ocasionar la muerte de los animales (Hernández *et al.* 2020). En este sentido, estudiar los perfiles metabólicos es una herramienta eficaz para evaluar el estado nutricional del ganado (Castillo *et al.* 2016). Esto permite determinar alteraciones en el equilibrio metabólico (Liotta *et al.* 2021). De acuerdo con Hernández *et al.* (2020) por medio de los perfiles metabólicos se pueden determinar las vías metabóli-

cas de uno o más individuos, permitiendo así las características de la ración consumida (Calamari *et al.* 2016).

La glucosa, urea, proteína total, albúmina, cuerpos cetónicos, nitrógeno ureico y ácidos grasos son indicadores bioquímicos que simbolizan las principales rutas metabólicas, de las cuales, la glucosa y el colesterol representan el metabolismo energético. Mientras que la proteína total, nitrógeno ureico y la hemoglobina son representantes del metabolismo proteico (Castillo *et al.* 2016, Hernández *et al.* 2020). Los rangos sugeridos para glucosa en cabras es de 50-75 mg dL⁻¹, colesterol 80-130 mg dL⁻¹, nitrógeno ureico 10-20 mg dL⁻¹ (Hernández *et al.* 2020), para proteína total de 61 mg dL⁻¹ (Brem *et al.* 2011) a 64 mg dL⁻¹ (Kaneko *et al.* 2008).

En cabras en pastoreo los estudios se enfocan a estrategias de suplementación para mejorar los parámetros productivos (Isidro-Requejo *et al.* 2017), donde los suplementos van desde linaza, aceites vegetales, mezcla de granos, a cladodios de nopal (Lerma-Reyes *et al.* 2018, Meza-Herrera *et al.* 2019, Cosentino *et al.* 2021). Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue monitorear, durante las cuatro estaciones del año, el contenido en la sangre de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico de cabras en desarrollo, gestación y producción bajo condiciones de pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Ejido Horizonte, Municipio de Tlahualilo, Durango, de agosto de 2014 a julio de 2015. El sitio se localiza a los 25° 56' 9.52" Latitud N y 103° 24' 58.17" Longitud W (INEGI 2021). El clima es BS₀ (h') hw(w) de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1964). El muestreo se realizó cada mes en cabras encastadas de las razas alpino y nubia seleccionadas aleatoriamente, seis cabras de hasta 70 días en producción (PROD), seis cabras en el tercer tercio de la gestación (GES) y seis cabras en desarrollo de cuatro a seis meses de edad (DES). Las cabras se manejaron de acuerdo con el manejo

rutinario del productor, el cual consistió en pastoreo dirigido con una duración diaria de ocho horas. En invierno y primavera las cabras se pastorearon en superficies pobladas principalmente por mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), zacate chino (*Cynodon dactylon*), esporádicamente en residuos y rebrotes de avena forrajera (*Avena sativa*); en verano y otoño fueron pastoreadas sobre superficies con residuos de cosechas de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*), hojas principalmente, así como en acequias cubiertas de zacate chino. Después del pastoreo, las cabras se confinaron en corrales comunes, se puso a cada una de ellas aretes para identificarlas. Las cabras fueron reemplazadas cuando ya no cumplían con los parámetros antes descritos por la etapa fisiológica.

Las variables que se determinaron fueron las concentraciones de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico. Se obtuvieron muestras de sangre vía punción de la vena yugular cada mes en todas las cabras de los diferentes estados fisiológicos. El muestro sanguíneo se inició a las 07:00 h cada vez que se realizó. Las muestras se obtuvieron después de 12 h de ayuno. Cada muestra se centrifugó a 3 000 rpm durante 20 min. Esta actividad se realizó en un tiempo menor a una hora posterior para la colección del suero sanguíneo, el cual se almacenó en tubos Eppendorf de 2 mL rotulados, la temperatura de almacenamiento fue de -20 °C.

Las concentraciones de los diferentes metabolitos se evaluaron mediante la técnica de fotolorimetría descrita por García (2018) en un fotolorímetro de la marca HACH, esto permitió determinar la concentración de un compuesto en solución mediante la Ley de Lambert-Beer. La información por etapa fisiológica se agrupó por estación correspondiendo a invierno los meses de diciembre, enero y febrero; los meses de marzo, abril y mayo a primavera; junio, julio y agosto a verano; septiembre, octubre y noviembre a otoño. Con las tres etapas fisiológicas y las cuatro estaciones se tuvieron 12 tratamientos, invierno PROD, invierno GES, invierno DES, primavera PROD, primavera GES, primavera DES, verano PROD, verano GES, verano DES, otoño PROD, otoño GES, otoño DES, que

fueron analizados con un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, el factor estación con cuatro niveles y el factor etapa fisiológica con tres niveles con el procedimiento SAS PROC GLM, la comparación de medias se realizó con la prueba de diferencia mínima significativa (DMS). El modelo estadístico fue:

$$Y_{klj} = \mu + A_k + B_l + (AB)_{kl} + \varepsilon_{klj} \text{ donde } k = 1,2,3,4 \text{ niveles de A (estación), } l = 1,2,3 \text{ niveles de B (etapa fisiológica) y } j = 1, 2, \dots 18 \text{ repeticiones.}$$

Previo a este análisis se realizó un análisis de covarianza por el efecto de las cabras usadas con SAS PROC MIXED la cual no fue significativa. También se analizaron las variables glucosa, colesterol, proteína y nitrógeno ureico ordenados en las clases de las cuatro estaciones y las tres etapas, arreglo bifactorial, con la función canónica con SAS PROC GLM (Johnson 2000). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grupo GES presentó el promedio estadísticamente más alto de glucosa con 53.67 mg dL⁻¹ (p < .05). Las cabras del grupo DES fueron el segundo grupo con mayor cantidad de glucosa con promedio de 48.54 mg dL⁻¹. Los valores más bajos fueron los del grupo PROD con 45.81 mg dL⁻¹ (p < .05). Estos promedios fueron superiores a los reportados por Akkaya *et al.* (2020) de 45.5 mg dL⁻¹ y a los de Zabaleta *et al.* (2012) de 43.61 mg dL⁻¹ en cabras semiestabuladas, y estuvieron por debajo de lo reportado por Akkaya *et al.* (2020) de 54.1 mg dL⁻¹ en cabras en pastoreo suplementadas. Para este periodo de invierno los valores de DES y PROD de este trabajo quedaron por debajo de los rangos mínimos sugeridos por Kaneko *et al.* (2008) (50.08 mg dL⁻¹) y Hernández *et al.* (2020) (50 mg dL⁻¹), y los encontrados por Flores-Santiago *et al.* (2021) alrededor de 50 mg dL⁻¹ sin suplementación. GES y DES estuvieron dentro del rango mínimo mostrado por Merck (2000) de 48.2 mg dL⁻¹ y Brem *et al.* (2011) de 47 mg dL⁻¹. En primavera el grupo GES

tuvo mayor concentración de glucosa que los grupos DES y PROD ($p < .05$) y fueron iguales entre sí. En verano igualmente el grupo GES tuvo mayor concentración de glucosa que los otros grupos, y el grupo DES más que el grupo PROD ($p < .05$). En otoño también el grupo GES presentó mayor cantidad de glucosa que los otros grupos ($p < .05$), y fueron iguales entre sí. En verano el grupo de cabras GES (64.99 mg dL⁻¹) fue el que tuvo la mayor concentración que todos los grupos de cabras de todas las estaciones y el grupo de cabras PROD de invierno el que tuvo menor concentración ($p < .05$) (Tabla 1). Se encontró interacción entre estación y etapa fisiológica. Todos los valores encontrados son inferiores a los reportados por Chikwanda y Muchenje (2017) de 68.46 mg dL⁻¹, así como los de Abdelsattar *et al.* (2021) de 67.2 mg dL⁻¹ en cabras suplementadas. En rumiantes la glucosa no es sensible a variaciones asociadas con la dieta ya que su concentración sanguínea es regulada por un mecanismo hormonal eficiente con pocas alteraciones, entonces los bajos niveles de glucosa deben estar asociados con un déficit de energía (Silva *et al.* 2015).

Tabla 1. Valores promedio de las concentraciones séricas de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico (mg dL⁻¹) de cabras en tres etapas fisiológicas bajo condiciones de pastoreo.

		Glucosa	Colesterol	Proteína	Nitrógeno ureico
Invierno	GES ¹	53.67 _d	62.17 _f	61.16 _h	31.27 _e
	DES	48.54 _f	57.71 _h	60.23 _i	30.60 _e
	PROD	45.81 _g	59.97 _g	58.74 _j	30.78 _e
Primavera	GES	60.53 _b	67.57 _b	65.28 _{cd}	34.68 _{bc}
	DES	55.01 _{cd}	65.30 _d	64.48 _{de}	34.35 _c
	PROD	54.20 _{cd}	64.48 _{de}	63.49 _{fg}	33.30 _d
Verano	GES	64.99 _a	72.00 _a	68.75 _a	36.93 _a
	DES	59.65 _b	71.14 _b	67.00 _b	36.33 _a
	PROD	55.41 _c	66.80 _{bc}	65.98 _c	35.25 _b
Otoño	GES	59.94 _b	65.39 _{cd}	64.87 _d	34.67 _{bc}
	DES	51.20 _e	63.42 _{ef}	63.79 _{ef}	34.54 _c
	PROD	49.86 _{ef}	63.28 _{ef}	62.70 _g	33.23 _d

¹GES = cabras en gestación (último tercio); DES = cabras en desarrollo; PROD = cabras en producción; valores con letras diferentes dentro de una misma columna son estadísticamente diferentes (DMS) ($p < .05$).

Las concentraciones de colesterol estadísticamente inferiores en invierno fueron las del grupo

DES con 57.71 mg dL⁻¹ ($p < .05$). Las cabras en PROD fueron, después del grupo DES, el segundo grupo con menores concentraciones de colesterol con 59.97 mg dL⁻¹, y el de mayor concentración el grupo GES con 62.17 mg dL⁻¹ ($p < .05$). En primavera también el grupo GES presentó mayor concentración de colesterol ($p < .05$) que los otros grupos, y entre éstos no hubo diferencia. Los resultados encontrados en primavera se encontraron en verano y otoño referente a los grupos de cabras. En el verano en el grupo GES se encontró la mayor concentración de colesterol (72.00 mg dL⁻¹) que los demás grupos de las cuatro estaciones y el grupo PROD de invierno la menor concentración ($p < .05$) (Tabla 1). En esta variable también se encontró interacción entre estación y etapa fisiológica.

Los valores estuvieron por debajo de los presentados por Liotta *et al.* (2021) (79.33 mg dL⁻¹), de Akkaya *et al.* (2020) (94.4 mg dL⁻¹), Hernández *et al.* (2020) (80 a 130 mg dL⁻¹), de lo reportado por Antunović *et al.* (2019) de 97.44 mg dL⁻¹ en cabras en pastoreo suplementadas. Los promedios de colesterol mostrados en las cuatro estaciones de todos los grupos mostraron estar fuera del rango mínimo fisiológico referido por Kaneko *et al.* (2008) (80 mg dL⁻¹), Brem *et al.* (2011) (96 mg dL⁻¹) y Hernández *et al.* (2020) (80 mg dL⁻¹). Es probable que la ingestión alta de fibra en las áreas de pastoreo contribuyó a la reducción de colesterol en la sangre ya que los ingredientes que contienen fibra entre otros compuestos afectan la reducción del colesterol sanguíneo (Silva *et al.* 2015).

En las cuatro estaciones el grupo de cabras GES presentó mayor cantidad de proteína que los otros grupos, y el grupo DES con mayor cantidad que el grupo PROD ($p < .05$). La mayor concentración de proteína fue encontrada en el grupo GES de verano (68.75 mg dL⁻¹, $p < .05$) seguida por la del grupo DES de verano (67.00 mg dL⁻¹), estos valores son inferiores de lo que reportaron Chikwanda y Muchenje (2017) de 69 mg dL⁻¹ en cabras en desarrollo, a los de Bani-Ismael *et al.* (2008) de 70 mg dL⁻¹ y de Mellado *et al.* (2020) de 69 mg dL⁻¹. La de menor concentración de proteína fue la del grupo PROD de la estación de invierno ($p < .05$) (Tabla 1). El prome-

dio estadísticamente mayor de proteína total para la estación de invierno fue el del grupo GES con 61.16 mg dL⁻¹. El grupo de DES después de GES tuvo un promedio de 60.23 mg dL⁻¹ ($p < .05$) en esta estación. El presente trabajo mostró que las concentraciones de los tres grupos en invierno para este metabolito fueron inferiores a los rangos fisiológicos sugerido por Kaneko *et al.* (2008) de 64 mg dL⁻¹, Merck. (2000) de 61 mg dL⁻¹, Brem *et al.* (2011) de 61.2 mg dL⁻¹. La concentración de la proteína en el plasma sanguíneo cae por abajo del óptimo cuando el consumo de proteína es bajo y las reservas de proteína corporal son agotadas (Chikwanda y Muchenje 2017, Pambu-Gollah *et al.* 2000).

En invierno no se encontró diferencia en la concentración de nitrógeno ureico entre los tres grupos de cabras ($p > .05$). Dentro de cada estación, en primavera, verano y otoño, los grupos de cabras de GES y DES fueron iguales entre sí y mayores que el grupo PROD ($p < .05$). Los grupos de cabras GES y DES de verano tuvieron la mayor concentración de nitrógeno ureico y los grupos de cabras GES, DES y PROD de invierno la menor concentración ($p < .05$) (Tabla 1). El contenido de nitrógeno ureico en el periodo invernal fue el más bajo de todas estaciones con el grupo GES con una media de 31.27 mg dL⁻¹, DES con 30.60 mg dL⁻¹, y PROD con 30.78 mg dL⁻¹. Estos valores estuvieron por arriba de los valores reportados por Chikwanda y Muchenje (2017) (27.69 mg dL⁻¹), son similares a los presentados por Bani-Ismail *et al.* (2008) de 30 mg dL⁻¹, y son superiores a lo reportado por Mellado *et al.* (2020) (17.1 mg dL⁻¹). Las medias de los grupos GES y DES de verano tuvieron valores de 36.93 y 36.33 mg dL⁻¹, las más altas, fueron inferiores a los mostrados por Akkaya *et al.* (2020) con (44.93 mg dL⁻¹), y similares a lo reportado por Brem *et al.* (2011) (31.0 mg dL⁻¹). Los promedios de nitrógeno ureico mostrados en el presente estudio en lo general muestran concentraciones altas por encima de lo reportado por Kaneko *et al.* (2008) de 20 mg dL⁻¹ y Merck (2000) de 25.8 mg dL⁻¹. Esto pudo ser influenciado por la baja disponibilidad de energía en la dieta consumida por las cabras (Meehan *et al.* 2021, Braun *et al.* 2010). Ello se refleja en las bajas concentraciones de glu-

cosa sanguínea mostrada durante el periodo de investigación. La eficiencia en el uso del amoníaco por los microorganismos del rumen depende del balance energético. El amoníaco que no es sintetizado en el rumen es enviado al hígado para convertirlo en urea vía torrente sanguíneo para su reciclado en el rumen o hacia los riñones para su excreción (Abou-Elkhair *et al.* 2020, Alves *et al.* 2014).

Para la variable canónica uno (VC1) la ecuación encontrada fue la siguiente: VC1 = 0.8255433*glucosa - 0.05034658*colesterol - 0.08122954*proteína - 0.80802716*N_ureico con los parámetros sanguíneos en mg dL⁻¹. Para la variable canónica dos (VC2) la ecuación fue: VC2 = -0.42685026*glucosa + 0.12842367*colesterol + 0.44239537*proteína + 0.865696607*N_ureico con los parámetros sanguíneos en mg dL⁻¹.

La categoría de verano y GES con la VC1 presentó el mayor valor de esta variable canónica seguida por la categoría otoño y GES y la categoría verano y DES. La categoría invierno y PROD tuvo el valor más bajo en la VC1 ($p < .05$) (Tabla 2). Para la variable canónica dos (VC2) las categorías verano y DES, verano y PROD y otoño y DES tuvieron los valores más altos de VC2, luego la categoría verano y GES. Los valores más bajos correspondieron en las categorías de invierno GES, DES y PROD ($p < .05$). Las categorías que resultaron iguales en las dos variables canónicas fueron primavera y GES y otoño y GES ($p < .05$) (Tabla 2) lo que indica que esta etapa fisiológica de cabras tuvo un comportamiento similar en primavera y en otoño en los parámetros sanguíneos medidos. PROD fue la más baja en VC1 y VC2 en invierno. Aunque los análisis multivariados generalmente se aplican a estudios morfométricos para categorizar razas de cabras (Susilorini *et al.* 2022, Vargas-López *et al.* 2022), este análisis multivariado arrojó que con los cuatro parámetros sanguíneos medidos las cabras PROD estuvieron en la parte inferior, y las cabras GES fueron iguales en primavera y otoño.

Las concentraciones de los metabolitos observadas en el periodo de invierno en los grupos DES, GES, PROD fueron variadas lo cual obedece a que cada etapa fisiológica tiene necesidades de

nutrientes diferentes (Goetsch *et al.* 2010, Posada *et al.* 2012, Chávez y Matías 2018). Se puede observar que las concentraciones menores se presentaron en las cabras en producción dado que son estas las que tienen la mayor demanda de nutrientes, ello a su vez producto de la alta demanda de estos para la síntesis de leche (Oliveira *et al.* 2021).

Los resultados permiten concluir que el periodo crítico nutricional de las tres etapas fisiológicas se encuentra en la temporada de invierno para cabras en pastoreo en esta región, donde las cabras en producción presentaron mayor deficiencia nutricional en este periodo indicado por los niveles de glucosa, colesterol y proteína en la sangre.

Tabla 2. Valores promedio de las variables canónicas uno y dos (VC1 y VC2) obtenidas de los parámetros sanguíneos glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico (mg dL^{-1}) de cabras en tres etapas fisiológicas bajo condiciones de pastoreo.

		VC1 ²	VC2
Invierno	GES ¹	10.94 _c	39.20 _g
	DES	7.54 _f	39.83 _g
	PROD	5.15 _h	40.78 _f
Primavera	GES	13.24 _b	41.74 _e
	DES	9.13 _{de}	43.17 _d
	PROD	9.43 _d	42.06 _e
Verano	GES	14.60 _a	43.89 _{bc}
	DES	10.86 _c	44.77 _a
	PROD	8.53 _e	44.63 _a
Otoño	GES	12.90 _b	41.53 _e
	DES	5.98 _g	44.41 _{ab}
	PROD	6.03 _g	43.35 _{cd}

¹GES = cabras en gestación (último tercio); DES = cabras en desarrollo; PROD = cabras en producción; valores con letras diferentes dentro de una misma columna son estadísticamente diferentes (DMS) ($p < .05$). ² VC1 = $0.8255433 \cdot \text{glucosa} - 0.05034658 \cdot \text{colesterol} - 0.08122954 \cdot \text{proteína} - 0.80802716 \cdot \text{N}_{\text{ureico}}$. VC2 = $-0.42685026 \cdot \text{glucosa} + 0.12842367 \cdot \text{colesterol} + 0.44239537 \cdot \text{proteína} + 0.865696607 \cdot \text{N}_{\text{ureico}}$.

LITERATURA CITADA

- Abdelsattar MM, Vargas-Bello-Pérez E, Zhuang Y, Fu Y, Zhang N (2021) Effects of age and dietary factors on the blood beta-hydroxybutyric acid, metabolites, immunoglobulins, and hormones of goats. *Frontiers in Veterinary Science*. 8: 793427. DOI: 10.3389/fvets.2021.793427.
- Abou-Elkhair R, Mahboub H, Sadek K, Ketkat S (2020) Effect of prepartum dietary energy source on goat maternal metabolic profile, neonatal performance, and economic profitability. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research* 7: 566-574.
- Alves EM, Magalhães DR, Freitas MA, Santos-Ede J dos, Pereira MLA, Pedreira M dos S (2014) Nitrogen metabolism and microbial synthesis in sheep fed diets containing slow release urea to replace the conventional urea. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 36: 55-62.
- Antunović Z, Marić I, Klir Ž, Šerić V, Mioč B, Novoselec J (2019) Haemato-biochemical profile and acid-base status of Croatian spotted goats of different ages. *Archives Animal Breeding* 62: 455-463.
- Anzaldo-Montoya M (2020) Entre la vulnerabilidad y la invisibilidad científica. Estudio sobre los aportes de las ciencias sociales a la investigación sobre ganadería caprina en México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional* 30(55): e20915. DOI: 10.24836/es.v30i55.915.
- Akkaya F, Senturk, Mecitoğlu Z, Kasap S, Ertunc S, Kandemir C (2020) Evaluation of metabolic profiles of Saanen goats in the transition period. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 71: 2127-2134.
- Bani-Ismail ZA, Al-Majali AM, Amireh F, Al-Rawashdeh O F (2008) Metabolic profiles in goat does in late pregnancy with and without subclinical pregnancy toxemia. *Veterinary Clinical Pathology* 37: 434-437.
- Braun JP, Trumel C, Bézille P (2010) Clinical biochemistry in sheep: A selected review. *Small Ruminant Research* 92: 10-18.

- Brem JJ, Ortiz ML, Trulls HE, Zach A, Brem JC (2011) Perfil energético-nitrogenado en caprinos del nordeste argentino según estaciones en dos años con diferente régimen pluvial. *Revista Veterinaria* 22: 100-104.
- Calamari L, Ferrari A, Minuti A, Trevisi E (2016) Assessment of the main plasma parameters included in a metabolic profile of dairy cow based on Fourier Transform mid-infrared spectroscopy: preliminary results. *BMC Veterinary Research* 12: 1-10. DOI: 10.1186/s12917-015-0621-4.
- Castellanos-Pérez E, Valencia-Castro M, Quiñones-Vera JJ (2002) Goats and the need for range management in Mexico. *Rangelands* 24: 24-27.
- Castillo C, Abuelo A, Hernández J (2016) Usefulness of metabolic profiling in the assessment of the flock's health status and productive performance. *Small Ruminant Research* 142: 28-30.
- Chávez D, Matías JV (2018) Estimación del gasto energético de los caprinos en la península de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* 5: 70-76.
- Chikwanda AT, Muchenje V (2017) Grazing system and floor type effects on blood biochemistry, growth and carcass characteristics of Nguni goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 30: 1253-1260.
- Cosentino C, Colonna M A, Musto M, Dimotta A, Freschi P, Tarricone S, Ragni M, Paolino R (2021) Effects of dietary supplementation with extruded linseed and oregano in autochthonous goat breeds on the fatty acid profile of milk and quality of Padraccio cheese. *Journal Dairy Science* 104 2: 1445-1453.
- Flores-Santiago EJ, Sosa-Montes E, Alejos-de-la-Fuente JI, Germán-Alarcón CG, Hernández-Marín JA, Cadena-Villegas S (2021) Actividad ovárica y prolificidad de cabras sincronizadas con progestágenos y suplementadas con propionato de calcio. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. II: e2975*. DOI: 10.19136/era.a8nII.2975.
- García E (1964) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 1a. Edición. Offset Larrios. México. 71p.
- García RD (2018) Instrumentos que revolucionaron la química: la historia del espectrofotómetro. *Avances en Química* 13: 79-82.
- Grings EE, Zampaligre N, Ayantunde A (2016) Overcoming challenges to utilization of dormant forage in year-round grassing systems. *Journal of Animal Science* 94: 2-14.
- Goetsch AL, Gipson TA, Askar AR, Puchala R (2010) Feeding behavior of goats. *Journal of Animal Science* 88: 361-373.
- Hernández J, Benedito JL, Castillo C (2020) Relevance of the study of metabolic profiles in sheep and goat flock. Present and future: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research* 18(3): e06R01. DOI: 10.5424/sjar/2020183-14627.
- INEGI (2021) Espacio y datos de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espaciodydatos/default.aspx?ag=100360027>. Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2021.
- Isidro-Requejo LM, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Salinas-González H, Vélez-Monroy LI, Chávez Solís AU, Pastor López FJ (2017) Suplementación pre y postparto durante la estación lluviosa en cabras locales del norte de México. *Nova Scientia* 9: 134-153.
- Johnson DE (2000) Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. México. 576p.
- Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (2008) *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6th ed. Academic Press. San Diego, USA. 804p.

- Lerma-Reyes I, Mendoza-Martínez GD, Rojo-Rubio R, Mejía M, García-Lopez JC, Lee-Rangel HA (2018) Influence of supplemental canola or soybean oil on milk yield, fatty acid profile and postpartum weight changes in grazing dairy goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 31: 225-229.
- Liotta L, Bionda A, Quartuccio M, De Nardo F, Visalli R, Fazio E (2021) Thyroid and lipidic profiles in nicastrese goats (*Capra hircus*) during pregnancy and postpartum period. *Animals* 11: 2386. DOI: 10.3390/ani11082386.
- Meehan D J, Cabrita A, Maia M, Fonseca A (2021) Energy: protein ratio in ruminants: insights from the intragastric infusion technique. *Animals* 11: 2700. DOI: 10.3390/ani11092700.
- Mellado M, Rodríguez IJ, Alvarado-Espino A, Véliz FG, Mellado J, García JE (2020) Comunicación corta: respuesta reproductiva a la suplementación concentrada de cabras de raza mixta en pastizales. *Sanidad y Producción Animal Tropical* 52: 2737-2741.
- Merck (2000) *El Manual Merck de veterinaria*. Océano Grupo Editorial. España. 2736p.
- Meza-Herrera CA, Romero-Rodríguez CA, Nevárez-Dominguez A, Flores-Hernández A, Cano-Villegas O, Macías-Cruz U, Mellado M, Calderón-Leyva G, Carrillo-Moreno D, Véliz-Deras FG (2019) The *Opuntia* effect and the reactivation of ovarian function and blood metabolite concentrations of anestrus goats exposed to active males. *Animals* 9(8): 550. DOI: 10.3390/ani9080550.
- Oliveira TS, Rodrigues MT, Fernandes AM (2021) Energy requirements and efficiency of Alpine goats in early lactation. *Animal* 15: 100140. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100140.
- Pambu-Gollah R, Cronje PB, Casey NH (2000) An evaluation of the use of blood metabolite concentrations as indicators of nutritional status in free ranging indigenous goats. *South African Journal of Animal Science* 30: 115-120.
- Posada SL, Noguera RR, Bedoya O (2012) Perfil metabólico de cabras lactantes de las razas Saanen y Alpina. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 24. Article 182. <http://www.lrrd.org/lrrd24/10/posa24182.htm>. Fecha de consulta: 25 de junio de 2022.
- SAS (2002) *Statistical analysis system, Institute Inc. SAS/STAT User's Guide*. Version 9.1th edn. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
- SIAP (2020) Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/744952/Inventario_2021_caprino.pdf. Fecha de consulta: 18 de junio de 2021.
- Silva JL, Guim A, Carvalho FFR, Mattos CW, Garcia DA, Silva ERR, Pereira Neto JD, Vasconcelos JLA (2015) Metabolic profile of lactating goats fed integral mango meal. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 16: 885-892.
- Susilorini TE, Kuswati, Wahyuni RD, Surjowardojo P, Suyadi (2022) Production of feed crops for local dairy goats using an integrated farming system. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science* 44: 344-354.
- Vargas-López S, Bustamante-González A, Ramírez-Bribiesca JE, Torres-Hernández G, Larbi A, Maldonado-Jáquez JA, López-Tecpoyotl ZG (2022) Rescue and participatory conservation of Creole goats in the agrosilvopastoral systems of the Mountains of Guerrero, Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo* 54: 153-162.
- Zabaleta J, Pérez ML, Riera M, Nieves L, Vila V (2012) Concentración de glucosa y triglicéridos en el suero sanguíneo de cabras de la raza canaria durante el período de transición. *Revista Científica* 12: 225-230.