

# EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y LAS REACCIONES METABÓLICAS DE OVINOS DE CEBA ALIMENTADOS CON *Brachiaria spp.* EN EL TRÓPICO BAJO DE COLOMBIA, AL DARLES SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS

## EVALUATION OF PRODUCTIVE PERFORMANCE AND METABOLIC REACTIONS OF GRAZING FATTENING SHEEP FED WITH *Brachiaria spp.* IN THE LOWER TROPICS OF COLOMBIA, AFTER USING NUTRITIONAL SUPPLEMENTS

Roa Vega, María Ligia; Navarro Ortiz, César Augusto

María Ligia Roa Vega

mroa@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, Colombia

César Augusto Navarro Ortiz

cesar.navarro@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, Colombia

### Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

ISSN: 2145-6097

ISSN-e: 2145-6453

Periodicidad: Semestral

vol. 14, núm. 2, 2024

riaa@unad.edu.co

Recepción: 25 Septiembre 2022

Aprobación: 14 Febrero 2023

Publicación: 20 Junio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1304312008/>

DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.6232>

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/about>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

**CÓMO CITAR:** Roa, M., y Navarro, C. (2023). Evaluación del desempeño productivo y las reacciones metabólicas de ovinos de ceba alimentados con *Brachiaria spp.* en el trópico bajo de Colombia, al darles suplementos alimenticios. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 14(2), 153 - 170. <https://doi.org/10.22490/21456453.6232>

**Resumen: Contextualización:** los sistemas de producción animal en Colombia se caracterizan por la deficiente disposición y calidad de forrajes, en zonas como el piedemonte llanero, debido a las condiciones edafológicas y climáticas de estas zonas.

**Vacío de conocimiento:** el alimento principal de los ovinos es el pasto, pero múltiples factores interfieren en el aprovechamiento y calidad de nutrientes de este. Por eso se requiere investigar al respecto y determinar cuáles son los suplementos adecuados para complementar los requerimientos nutricionales del animal, y por ende mejorar su desempeño productivo.

**Propósito:** analizar el aporte nutricional de un suplemento alimenticio a la dieta de ovinos en pastoreo con *Brachiariaspp.*, evaluando el desempeño productivo y bioquímica sanguínea de estos.

**Metodología:** el diseño fue completamente al azar y con prueba de comparación de Tukey. Se utilizaron 12 ovinos, resultados del cruce entre ovinos criollos y de la raza Pelibuey, con un peso promedio de  $20.05 \pm 1.0$  kg. La alimentación de los animales consistió en pasto, adicionado con *Brachiaria spp.*, y una suplementación con 100 g de alimento balanceado comercial. Los tratamientos aplicados fueron:

T1: 600 g de ensilado de maíz [EMA], T2: 200 g EMA y 100 g palmiste, T3: 400 g EMA y 100 g de salvado de trigo y T4: 400 g EMA + 200 g de ensilado de *Tithonia diversifolia*. Se analizó la calidad química de los alimentos suministrados y del suelo donde pastoreaban los animales. Las variables evaluadas fueron: ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia y conversión alimenticia, coeficiente de eficiencia proteica y bioquímica sanguínea.

**Resultados y conclusiones:** en T2 se obtuvo la menor [ $P < 0.05$ ] ganancia diaria de peso y peso final, con relación a T1 [234.4 g y 33.6 kg Vs 263.6 g y 36.3 kg respectivamente], así como el menor consumo de materia seca [1678.1 g Vs

1815.8 g respectivamente]. Los demás tratamientos tuvieron un comportamiento similar [ $P > 0.05$ ] en el consumo total de materia seca y proteína. Las concentraciones séricas de proteína, albúmina, glucosa, colesterol, triglicéridos y calcio fueron similares [ $P > 0.05$ ] antes y después de los tratamientos, mientras que la concentración sérica de magnesio, después de la suplementación, fue superior [ $P < 0.05$ ] en T4 con relación a T1 y T2. Los suplementos como EMA, palmiste, salvado de trigo y ensilado de botón de oro tienen un efecto positivo en ovinos de ceba alimentados con pasto y *Brachiaria spp.* en lo referente a consumo de materia seca, aumento de peso y conversión alimenticia.

**Palabras clave:** alimentación, ensilaje, rumiantes, química sanguínea, oxisol, *Brachiaria*.

**Abstract: Contextualization:** animal production systems in Colombia have been characterized by the poor availability and quality of forage, in areas such as the foothills of the plains, due to the edaphological and climatic conditions of these zones.

**Knowledge gap:** the basis of sheep feeding is grass, although multiple factors interfere in the use and quality of nutrients. This is why it is necessary to investigate these matters and determine which are the adequate supplements to fulfill the requirements of the animal, and therefore improve their productive performance.

**Purpose:** to analyze the nutritional contribution of a supplement to the diet of grazing sheep fed with *Brachiaria spp.*, evaluating the productive performance and blood biochemistry of them.

**Methodology:** the design was completely randomized with the Tukey comparison test. A total of 12 sheep were used, crossbreeds between creole and Pelibuey, with an average weight of  $20.05 \pm 1.0$  kg. The animals were fed using grass with *Brachiaria spp.* and a supplementation with 100 g of commercial balanced food. The treatments were:

T1: 600 g of corn silage [EMA], T2: 200 g EMA and 100 g palm kernel, T3: 400 g EMA and 100 g of wheat bran, and T4: 400 g EMA + 200 g of *Tithonia diversifolia* silage. The chemical quality of the food supplied and the soil where the sheep grazed were analyzed. The variables evaluated were weight gain, feed intake, feed efficiency and conversion, protein efficiency ratio and blood biochemistry.

**Results and conclusions:** in T2, the lowest [ $P < 0.05$ ] daily weight gain and final weight was obtained related to T1 [234.4 and 33.6 Vs 263.6 g and 36.3 kg respectively] as well as the lowest consumption of dry matter [1678.1 Vs 1815.8 g respectively]). The other treatments had a similar behavior [ $P > 0.05$ ] in the total consumption of dry matter and protein. Serum concentrations of protein, albumin, glucose, cholesterol, triglycerides, and calcium were similar [ $P > 0.05$ ] before and after treatments, while the serum magnesium concentration after supplementation was higher [ $P < 0.05$ ] in T4 related to T1 and T2. Supplements such as EMA, palm kernel, wheat bran and buttercup silage have a positive effect on sheep fed with grass and *Brachiaria spp.* in terms of dry matter intake, weight gain and feed conversion.

**Keywords:** feeding, silage, ruminants, blood chemistry, oxisol, *Brachiaria*.

## RESUMEN GRÁFICO



Autores

## 1. INTRODUCCIÓN

Los suelos del piedemonte llanero de Colombia son de textura arcillosa, por lo tanto, su drenaje es deficiente. Se clasifican como oxisoles, con un pH ácido o ligeramente ácido, y están altamente saturados de aluminio, lo que afecta la capacidad de intercambio catiónico. Estas condiciones influyen en la cantidad de materia orgánica [MO] presente y en la biodisponibilidad de nitrógeno [N], fósforo [P], potasio [K] y otros minerales como calcio [Ca], magnesio [Mg], azufre [S], cobre [Cu] y zinc [Zn]; en consecuencia, esto influye en los sistemas de producción agrícola y animal (Camacho et al., 2010). Dichos suelos tienen baja fertilidad, pero los géneros de la planta gramínea *Brachiaria spp.* se han adaptado a las condiciones de esta zona, contribuyendo al desarrollo de la producción bovina y ovina ya que sirven como alimento durante el pastoreo de estas especies. No obstante, la productividad es baja, en comparación con otras zonas del país, como consecuencia de la degradación [y desconocimiento de la génesis de sus suelos y características de sus praderas] ocasionada por varios factores, entre los que sobresale la falta de fertilización y mantenimiento de los pastos (Balseca et al., 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó este experimento en el que se suplementó la dieta típica de algunos ovinos del piedemonte llanero, a base de *Brachiaria spp.*, usando forrajes de maíz [*Zea mays*] y botón de oro [*Tithonia diversifolia*]. La razón por la que se realizó este experimento es que, en las regiones con climas tropicales, generalmente las pasturas son deficientes en su contenido nutricional, lo cual se ve reflejado en

bajas ganancias de peso de los animales; por lo tanto, se requiere evaluar otros alimentos que puedan suplir tales deficiencias (Shimada, 2002).

Para la evaluación del experimento, fue necesario realizar análisis bioquímicos a los animales, ya que el perfil proteico [albúmina, globulinas y nitrógeno ureico] de la sangre refleja, en parte, el aporte de proteína en la dieta, incidencias patológicas o procesos de malnutrición; en ese sentido, las proteínas plasmáticas cumplen un papel importante en el mantenimiento de la presión coloidosmótica y del equilibrio ácido-básico (Román, 2021), los cuales son necesarios para el bienestar del animal. Por otra parte, el perfil energético [glucosa, colesterol, triglicéridos y  $\beta$ -hidroxibutirato] también se debe analizar, debido a que este contiene información elemental sobre los procesos vitales celulares en un estado de ayuno y reposo dentro de un ambiente regulado (Gómez et al., 2013); es importante recordar que los animales de producción necesitan esencialmente dos tipos de energía, la de mantenimiento y la de producción (Shimada, 2002). Adicionalmente, son varios los minerales utilizados en las dietas o suplementos para los animales de crianza, como Ca, Mg, P y sodio [Na], los cuales son importantes para los procesos metabólicos y el mantenimiento de tejidos; existen otros minerales, pero estos, dependiendo la zona, pueden adquirirse en el pasto (Roa-Vega et al., 2017).

Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto nutricional de la suplementación con ensilados de maíz, y de *T. diversifolia*, palmiste y salvado de trigo en ovinos alimentados con *Brachiaria spp.*, en el trópico bajo de Colombia, evaluando su ganancia de peso y sus reacciones metabólicas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Lugar de la investigación:** el proyecto se realizó en la finca de la Universidad de los Llanos [vereda Barcelona] en Villavicencio. La altura es de 423 m s. n. m., la temperatura promedio es de 25.5 °C, la humedad relativa está entre un 67 a 83 % y el promedio de lluvia anual es de 4163 mm. El estudio se realizó durante el periodo de transición de clima lluvioso a seco en la zona [octubre a diciembre]. El área total de pastoreo utilizada fue 10000 m<sup>2</sup>.

**Análisis de suelos y nutricionales:** para establecer la relación entre los componentes del suelo y el pasto con la nutrición de los ovinos, se realizaron análisis de las praderas donde pastoreaban los animales [Tabla 1] y, también, se realizaron análisis nutricionales de *Brachiaria spp.* y de los tratamientos que constituyeron el suplemento [Tablas 2y 3]. Las muestras de forrajes y alimentos [seis de cada uno] se analizaron según la metodología de la Association of Official Analytical Chemists AOAC], (2005).

La energía digestible fue estimada mediante la metodología de Church et al. (1992), por lo cual fue necesario evaluar las digestibilidades de los tratamientos; durante cinco días, cuando los ovinos estuvieron bien adaptados a las dietas, se midió el consumo de materia seca y producción de heces, las cuales fueron enviadas al laboratorio para realizar un análisis proximal; con estos datos se calcularon los coeficientes de digestibilidad [COD] de la proteína, extracto no nitrogenado [ENN], fibra cruda [FC] y grasa, aplicando las fórmulas de las ecuaciones 1y 2. Primero se calcularon los nutrientes digestibles totales [NDT] [ecuación 1] y, posteriormente, se calculó la energía digestible [ED] expresada en megacalorías por kilogramo de materia seca [ecuación 2].

$$\% \text{ NDT} = (\% \text{ Prot} * \text{COD}) + (\% \text{ ENN} * \text{COD}) + (\% \text{ FC} * \text{COD}) + (\% \text{ Grasa} * \text{COD}) \quad [\text{ecuación 1}]$$

$$1 \text{ Kg NDT} = 4,4 \text{ Mcal ED/Kg MS} \quad [\text{ecuación 2}]$$

**Animales y tratamientos:** se utilizaron 12 ovinos machos [resultado del cruce entre ovinos criollos y de la raza Pelibuey] con un peso inicial de  $20.05 \pm 1.0$  kg, de 4 meses de edad, los cuales se alimentaron en pastoreo con *Brachiaria spp*, y su dieta se suplementó con 100 g de ración balanceada comercial, distribuidos en cuatro tratamientos:

T1: 600 g de ensilado de maíz [EMA], T2: 200 g de EMA y 100 g palmiste, T3: 200 g de EMA y 100 g de salvado de trigo, T4: 400 g de ensilado de EMA y 200 g de ensilado de botón de oro [*Tithonia diversifolia*]. Todos los tratamientos tuvieron disponibilidad de agua y sal mineralizada compuesta por los siguientes minerales: cloruro de sodio 27.0 %, fósforo 8.0 %, calcio 12.0 %, azufre 9.1 %, magnesio 0.8 %, zinc 9 500 ppm, cobre 3200 ppm, yodo 120 ppm, cobalto 60 ppm y selenio 50 ppm. Los animales, previamente a la fase experimental, se encontraban bajo pastoreo con *Brachiaria spp* y recibían alimento balanceado comercial de manera esporádica. El pastoreo se realizó en promedio a los 38 días de rebrote.

TABLA 1.  
Análisis de suelo de las praderas de pastoreo con *Brachiaria spp*

Componente	Valor	Componente	Valor
pH	$4.61 \pm 0.20$	Na [Meq/100 g]	$0.03 \pm 0.01$
NT [%]	$0.48 \pm 0.07$	B [ppm]	$5.35 \pm 2.04$
MO [%]	$1.67 \pm 0.57$	Cu [ppm]	$1.55 \pm 0.55$
P [ppm]	$12.61 \pm 3.42$	Mn [ppm]	$1.28 \pm 0.50$
Al [Meq/100 g]	$1.51 \pm 0.33$	Fe [ppm]	$64.79 \pm 18.9$
K [Meq/100 g]	$0.20 \pm 0.04$	Zn [ppm]	$4.98 \pm 4.25$
Ca [Meq/100 g]	$0.99 \pm 0.33$	S [ppm]	$4.70 \pm 1.15$
Mg [Meq/100 g]	$0.19 \pm 0.16$		

Autores.

Nota: Valores promedio de seis muestras, Análisis: Laboratorio de Suelos de UNILLANOS. pH: potencial de hidrogeniones, NT: nitrógeno total, MO: materia orgánica, P: fósforo, MO: materia orgánica, Al: aluminio, K: potasio, Ca: calcio, Mg: magnesio, Na: sodio, B: boro, Cu: cobre, Mn: manganeso, Fe: hierro, Zn: zinc, S: azufre.



TABLA 2.  
Composición nutricional de los tratamientos suministrados  
a los ovinos de ceba en pastoreo con *Brachiaria spp*

Nutriente [%]	<i>Brachiaria spp</i>	T1	T2	T3	T4
MS	18.3 ± 2.71	36.75 ± 1.17	50.25 ± 0,17	49.50 ± 0.33	36.25 ± 2.50
PC	7.14 ± 0,12	14.23 ± 0.12	13.94 ± 0.14	13.86 ± 0.05	13.81 ± 0.03
NT	1.14 ± 0.7	2.27 ± 0.9	2.23 ± 0.8	2.21 ± 1.1	2.20 ± 0.09
FDN	64.72 ± 2.36	84.26 ± 1.81	84.98 ± 0.44	75.85 ± 1.69	74.87 ± 1.19
FDA	44.24 ± 1.23	26.41 ± 1.12	41.32 ± 0.67	25.44 ± 2.34	39.83 ± 2.24
MO	90.8 ± 2.68	93.51 ± 0.13	94.38 ± 0.05	92.70 ± 0.09	92.26 ± 0.03
Ca	0.165 ± 0.02	0.65 ± 0.03	0.45 ± 0.01	0.46 ± 0.01	0.6 ± 0.05
Mg	0.12 ± 0.02	0.18 ± 0,02	0.15 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.26 ± 0.04
ED [Mcal/kg]	2.72 ± 0.51	3.08 ± 0.44	3.12 ± 0.57	3.11 ± 0.62	3.09 ± 0.61

Autores.

Nota: Valores promedio de seis muestras, Análisis: Laboratorio de Nutrición Animal de UNILLANOS.  
MS: materia seca, PC: proteína cruda, NT: nitrógeno total, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, MO: materia orgánica, Ca: calcio, Mg: magnesio, ED: energía digestible. Dieta base: pastoreo + 100 g de alimento balanceado comercial, T1: 600 g ensilado de maíz [EMA], T2: 200 g EMA + 100 g palmiste, T3: 200 g EMA + 100 g salvado de trigo, T4: 400 g EMA + 200 g ensilado de botón de oro.

TABLA 3.  
Cantidad de materia seca [g] en los tratamientos suministrados  
a los ovinos de ceba en pastoreo con *Brachiaria spp*

Tratamiento	CC	EMA	Palmiste	ST	EBO	Total
T1	100	150	-	-	-	250
T2	100	50	100	-	-	250
T3	100	50	-	100	-	250
T4	100	100	-	-	50	250

Autores.

CC: alimento balanceado comercial, EMA: ensilado de maíz [EMA], ST: salvado de trigo, EBO: ensilado de botón de oro, Dieta base: pastoreo + 100 g de alimento balanceado comercial, T1: 600 g de EMA con 25 % de materia seca [MS], T2: 200 g EMA con 25 % de MS + 100 g palmiste, T3: 200 g EMA con 25 % de MS + 100 g salvado de trigo, T4: 400 g EMA con 25 % de MS + 200 g ensilado de botón de oro con 25 % de MS.

El periodo experimental fue de 60 días. Los animales se pesaron cada 10 días y se recolectó el alimento rechazado para calcular el consumo diario. Se evaluó la ganancia de peso diaria [GDP], la conversión [CA], la eficiencia alimenticia [EA] y el coeficiente de eficiencia proteica [CEP]. Además, se calcularon los requerimientos de materia seca [MS] utilizando el modelo del Nutrient Requirement National Research Council [NRC], (2007) con base a un consumo de MS diaria en promedio del 5 % del peso del animal, con 14 % de proteína y 3.1 Mcal de ED/kg de MS.

Para establecer el consumo promedio de pasto en la pradera [1160 g de MS ovino<sup>-1</sup>] cada día, durante cinco días, se tomó información de seis ovinos con un promedio de 27.3 kg, los cuales se dejaron diariamente

en parcelas de 4 m<sup>2</sup> consumiendo exclusivamente forraje. Se calculó la cantidad de forraje antes de entrar y después de salir de la parcela [cada 24 horas], teniendo en cuenta que el consumo promedio de MS diaria de un ovino de ceba es del 5 %, según el NRC (2007). Como los pesajes se hicieron cada 10 días, se calculaba el consumo de forraje de acuerdo con el peso de cada periodo; así se determinó que el consumo de forraje fue en promedio de 85.5 ± 0.5 % del requerimiento en MS, es decir 4,25 % del peso vivo del animal, quedando la suplementación del 14.5 ± 0.9 % [0,75 % del peso vivo del animal] para completar el 100 % del requerimiento de MS. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$C = M - Mf + gMI \quad \text{[ecuación 3]}$$

*C* es el forraje consumido [kg/ha], *M* es la biomasa al inicio del pastoreo [kg/ha], *Mf* es la biomasa al final del pastoreo [kg/ha], *MI* es la biomasa del área de exclusión en período de pastoreo [kg/ha] y *g* es el factor de corrección de biomasa (Mejía, 2002). Para obtener el promedio de aumento diario de peso [ecuación 4], se resta el peso inicial [*Pi*] del final [*Pf*] y se divide la diferencia por el número de días, restando el tiempo final (*tf*) del inicial (*ti*) (Di Marco, 2006).

$$GDP = Pf - Pi / tf - ti \quad \text{[ecuación 4]}$$

Para calcular la conversión [ecuación 5] y eficiencia alimenticia [ecuación 6] se adaptaron las ecuaciones establecidas por Mendoza y Ricalde (2016), y el coeficiente de eficiencia proteica [ecuación 7] se estimó con la ecuación de Visbal et al. (2013).

$$CA = CMS / GDP \quad \text{[ecuación 5]}$$

$$EA = (GDP / CMS) * 100 \quad \text{[ecuación 6]}$$

$$CEP = GDP / PCI \quad \text{[ecuación 7]}$$

*CA* es la conversión alimenticia, *CMS* es el consumo de materia seca, *GDP* es la ganancia diaria de peso, *EA* es la eficiencia alimenticia, *CEP* es el coeficiente de eficiencia proteica y *PCI* es la proteína cruda ingerida.

**Análisis bioquímico en suero sanguíneo:** mediante venopunción yugular se tomó una muestra sanguínea [10 ml] a todos los ovinos, bajo los respectivos tratamientos, antes de iniciar y al finalizar el periodo experimental, para valorar los perfiles metabólicos (proteína, albúmina, glucosa, colesterol, triglicéridos, urea, calcio y magnesio). El suero sanguíneo se obtuvo centrifugando [usando un equipo Gemmy KHT-240®] las muestras a 2800 rpm durante 5 minutos, posteriormente se mantuvo en congelación a -20 °C hasta su procesamiento [Figura 1]. Para esto se usaron los respectivos reactivos [proporcionados por BioSystems®], y,

siguiendo las respectivas indicaciones del inserto, se usaron los equipos necesarios para la determinación de química sanguínea [Mindray BA-88 A, Lab-Companion BW-20H®].

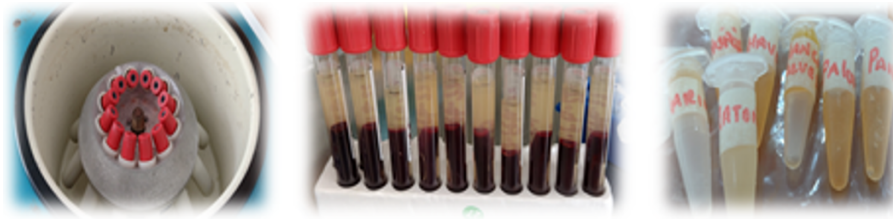


FIGURA 1.

Centrifugación para obtención de suero en viales para determinación de metabolitos sanguíneos. Laboratorio Clínico de UNILLANOS.

Autores.

**Análisis estadístico:** se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos [T1, T2, T3 y T4] y tres réplicas por tratamiento, tomando como unidad experimental cada animal [4 x 3 = 12]. La información se analizó con el software SSPS versión 22. Se verificó la normalidad de las variables [ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, coeficiente de eficiencia proteica] mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y, posteriormente, se realizó un análisis de varianza [ANOVA] y pruebas de comparación múltiple de Tukey para establecer diferencias entre tratamientos con una significancia de 5 %. Dado que algunas variables no cumplieron con los supuestos de normalidad en la distribución, pero sí con la homogeneidad en las varianzas [eficiencia alimenticia, conversión alimenticia y coeficiente de eficiencia proteica], estas se analizaron mediante test de Kruskal-Wallis. El modelo estadístico fue el siguiente [ecuación 8]:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

[ecuación 8]

$Y_{ij}$  es la variable de respuesta [ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, coeficiente de eficiencia proteica] de los ovinos sometidos a los tratamientos [suplementaciones nutricionales];  $\mu$  es la media general;  $t_i$  es el efecto de la suplementación [T1, T2, T3 y T4];  $\varepsilon_{ij}$  es el error experimental de la  $i$ - unidad experimental.

Por otra parte, las variables de química sanguínea de los ovinos [proteínas plasmáticas totales, albúmina, glucosa, colesterol, triglicéridos, urea, calcio, magnesio y sodio] se analizaron bajo un ANOVA de medidas repetidas, tomando como factores el tratamiento y el periodo de muestreo. Se realizó la prueba de Mauchly para verificar la esfericidad de los datos [homogeneidad]. La comparación de medias se realizó mediante prueba de Bonferroni, igualmente, con una significancia del 5 %. Para estimar el efecto de la suplementación sobre los parámetros bioquímicos en sangre se utilizó el siguiente modelo [ecuación 9]:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

[ecuación 9]

$Y_{ij}$  = es la variable aleatoria que mide la respuesta del sujeto experimentado en el  $i$ -esimo individuo [metabolitos séricos] que recibió el  $j$ -esimo tratamiento [suplementación nutricional];  $\mu$  = es el promedio general,  $\alpha_i$  = el efecto del tiempo,  $\beta_j$  = el efecto del tratamiento, y  $\varepsilon_{ij}$  = es la cantidad de variación no explicada por el factor, también conocida como error del experimento o variación residual.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis nutricionales:** las gramíneas que más se encuentran en la zona del trópico bajo de Colombia son especies que pertenecen al género *Brachiaria*, las cuales se han adaptado a suelos ácidos y poco fértiles, aunque debido esta baja fertilidad en los suelos la calidad nutritiva de estos pastos no es adecuada para suplir las necesidades nutricionales del ganado, especialmente por su deficiencia en proteína, lo cual influye en la ganancia de peso y en el consumo voluntario de los animales (Laiton-Medina et al., 2021).

Con relación a lo anterior, en los periodos de lluvia se ha observado que la proteína cruda y la digestibilidad de materia seca y orgánica para los animales alimentados con *Brachiaria* disminuyen en 43.0, 12.4 y 11.7 % respectivamente, en comparación a los valores detectados en el periodo seco; de forma similar, la fibra aumenta en un 7.6 %, lo mismo el calcio, en el periodo lluvioso, mientras que el P, un elemento muy importante para la calidad nutricional del pasto, disminuye (Ramírez et al., 2017). El contenido de Ca foliar fue inferior en un 41.1 % [ $0.165 \pm 0.02$  % Vs  $0.28$  %] al encontrado en *Brachiaria* de otras zonas del país, indicando que el forraje del piedemonte llanero es deficiente en Ca con relación al pasto *Brachiaria* de suelos clasificados como fluvisoles (Ramírez et al., 2009). Por otro lado, el Mg del pasto amargo en este trabajo estuvo relativamente bajo [ $0.12 \pm 0.02$ ] [Tabla 2]; esta variabilidad, hace prever la necesidad de utilizar diferentes especies forrajeras.

**Respuesta productiva con ovinos de ceba:** entre los tratamientos se evidenció que T2 obtuvo las menores [ $P < 0.05$ ] ganancias diarias de peso y peso final con relación a T1 [234.4 y 33.6 Vs 263.6 g y 36.3 kg respectivamente], los demás tratamientos T3 y T4 fueron similares [ $P > 0.05$ ] a T1 y T2 [Tabla 4]; de igual manera, se observó un comportamiento similar con las variables consumo diario total de la MS y proteína. Es de anotar que los pesos finales promedio de todos los tratamientos, en este trabajo, fueron superiores en un 14.7 % [ $34.6 \pm 1.18$  kg] a los registrados en ovinos de ocho meses pertenecientes un sistema de producción en Colombia (29.1 kg) (Camargo, 2018). La conversión del consumo total de MS, eficiencia alimenticia y conversión del consumo de suplemento fueron similares [ $P > 0.05$ ], aunque se observó numéricamente una mejor eficiencia al convertir la MS y proteína a peso en T1 [1:6.89 y 14.52% y 1:0.9] comparado con T4 [1:7.58, 13.20 % y 1:1.1 respectivamente] [Tabla 4].

Por otro lado, se observa una buena eficiencia de los suplementos [EMA, palmiste, salvado de trigo y ensilado de botón de oro] en la ganancia de peso, obteniéndose un valor de conversión promedio en todos los tratamientos de 1:1.025 [Tabla 4]. Este valor de la relación es bastante favorable, lo cual indica que los ovinos respondieron adecuadamente a la suplementación en los cuatro tratamientos, con lo cual presentaron una mayor capacidad de consumo de la ración (Cárdenas et al., 2015).

Hay que señalar que debido a que los animales [antes del periodo experimental] estuvieron en condiciones de pastoreo, con suplementación de alimento balanceado comercial de manera esporádica, y que posiblemente hubo algún tipo de restricción o limitación nutricional, el posible efecto de crecimiento compensatorio que pudo presentarse debido a la mayor disponibilidad de nutrientes (Macedo y Arredondo, 2008) fue controlado con la suplementación base en todos los tratamientos [alimento balanceado comercial], por lo cual las diferencias en los desempeños productivos son atribuidos exclusivamente a las suplementaciones nutricionales experimentales.

**Parámetros metabólicos en el suero sanguíneo:** los valores de proteína, albúmina, glucosa, colesterol, triglicéridos, urea, calcio, magnesio y sodio no se vieron afectados [ $P > 0.05$ ] por la suplementación realizada con los respectivos tratamientos [Tabla 5]. Estos valores fueron similares a los encontrados por Bustamante et al. (2022), quienes realizaron una inclusión de botón de oro y pasto elefante, con suplemento de alimento balanceado comercial, en una proporción de 60:40; sin embargo, la concentración de proteínas plasmáticas fue más baja con la inclusión de forraje con botón de oro, por lo cual estos autores concluyeron que a mayor cantidad de forraje disminuye el desempeño o rendimiento del animal en general. Dicha situación también

se observó en el presente estudio, puesto que la inclusión de ensilaje de maíz en las raciones de ovinos no afectó dicho parámetro.

TABLA 4.  
Producción en los ovinos de ceba en pastoreo en *Brachiaria spp* y suplementación alimenticia

Variable	T1	T2	T3	T4
Peso inicial (kg)	20.5	19.5	19.6	20.6
Peso total (kg)	36.3 <sup>a</sup>	33.6 <sup>b</sup>	34.4 <sup>ab</sup>	34.1 <sup>ab</sup>
Ganancia diaria de peso (g)	263.6 <sup>a</sup>	234.4 <sup>b</sup>	246.2 <sup>ab</sup>	225.0 <sup>ab</sup>
Consumo diario de MS de pasto (g)	1565.8 <sup>a</sup>	1428.1 <sup>b</sup>	1468.6 <sup>ab</sup>	1455.1 <sup>ab</sup>
Consumo diario de MS de suplemento (g)	250.0	250.0	250.0	250.0
Consumo diario total de MS (g)	1815.8 <sup>a</sup>	1678.1 <sup>b</sup>	1718.6 <sup>ab</sup>	1705.1 <sup>ab</sup>
Consumo diario total de proteína (g)	258.4 <sup>a</sup>	233.9 <sup>b</sup>	238.2 <sup>ab</sup>	235.5 <sup>ab</sup>
Conversión alimenticia (relación CT/GP)	6.89	7.16	6.98	7.58
Eficiencia alimenticia (%)	14.52	13.97	14.33	13.20
Conversión del suplemento (relación CS/GP)	0.9	1.1	1.0	1.1
CEP (relación CP/GP)	0.980 <sup>ab</sup>	0.998 <sup>ab</sup>	0.968 <sup>b</sup>	1.046 <sup>a</sup>

Autores.

Letras diferentes en la misma fila son significativas [ $P < 0,05$ ]. MS: materia seca, CT: consumo total, CS: consumo suplemento, CP: consumo de proteína, GP: ganancia de peso, CEP: coeficiente de eficiencia proteica, Dieta base: pastoreo + 100 g de alimento balanceado comercial, T1: 600 g ensilaje de maíz [EMA], T2: 200 g EMA + 100 g palmiste, T3: 200 g EMA + 100 g salvado de trigo, T4: 400 g EMA + 200 g ensilaje de botón de oro.

Al finalizar el ensayo, los valores de urea sanguínea fueron superiores [ $P < 0,05$ ] en T2 y T3, y los de colesterol en T3, lo cual puede estar influenciado por el contenido de proteína y grasa de los tratamientos [Tabla 5]. La urea está relacionada con el metabolismo de proteínas [lo cual ocurre especialmente en el hígado] y tiene varias rutas en rumiantes, entre ellas el reciclaje a nivel ruminal, en la que los microorganismos la usan junto con carbohidratos para la producción de proteína microbiana (Arias-Islas et al., 2020); por lo tanto, altos niveles de proteína cruda permiten una mayor actividad de las bacterias ruminales para el aprovechamiento y la síntesis de nutrientes.

Las concentraciones de magnesio al final del ensayo fueron superiores [ $P < 0,05$ ] en T2 y T4, y las de sodio en T4 [Tabla 5]. En algunos estudios se ha evidenciado que una baja concentración de Mg y alta en potasio, en los forrajes disponibles para los animales, puede interferir en su absorción causando deficiencias (Castillo-López & Domínguez-Ordóñez, 2019), lo cual no se observó en el presente estudio. Otros factores que podrían influir en las variaciones de la respuesta animal son el estado fisiológico del animal y las condiciones ambientales en las que se encuentren, debido a que están relacionadas directamente con su funcionamiento hepático y procesos de termorregulación, lo cual se presume que no afectó el presente estudio puesto que todas las suplementaciones se realizaron en una misma época del año y con animales de levante. Con relación a esto, Román (2021) encontró que los animales en época de invierno tienden a aumentar las concentraciones de metabolitos como glucosa, colesterol, proteína total y urea.

TABLA 5.  
Perfiles metabólicos al inicio y final del periodo de suplementación

Metabolito	Periodo	Tratamiento			
		T1	T2	T3	T4
Proteína [g/dL]	Inicio	6.0 ± 0.4	5.9 ± 1.9	6.4 ± 0.3	6.9 ± 1.0
	Final	6.6 ± 0.7	6.9 ± 1.2	7.0 ± 2.3	7.8 ± 2.2
Albúmina [g/dL]	Inicio	3.2 ± 0.2	2.8 ± 1.2	3.4 ± 0.8	3.5 ± 0.6
	Final	2.9 ± 1.0	3.0 ± 0.1	2.9 ± 0.3	3.2 ± 0.7
Glucosa [mg/dL]	Inicio	81.2 ± 16.7	75.2 ± 8.3	81.0 ± 6.3	68.7 ± 6.3
	Final	66.1 ± 10.6	65.4 ± 2.2	73.9 ± 10.1	69.3 ± 12.1
Colesterol [mg/dL]	Inicio	74.4 ± 14.6	52.3 ± 22.3	48.6 ± 9.0 <sup>b</sup>	66.6 ± 16.9
	Final	69.8 ± 15.2	90.1 ± 11.3	85.3 ± 3.7 <sup>a</sup>	73.6 ± 17.8
Triglicéridos [mg/dL]	Inicio	41.5 ± 17.5	28.6 ± 2.0	38.2 ± 14.9	32.1 ± 14.8
	Final	38.4 ± 13.1	71.0 ± 22.4	42.5 ± 4.1	61.4 ± 28.1
Urea [mg/dL]	Inicio	9.0 ± 1.8	6.9 ± 1.8 <sup>b</sup>	6.8 ± 2.1 <sup>b</sup>	5.5 ± 1.2
	Final	12.4 ± 3.9	11.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	14.6 ± 0.9 <sup>a</sup>	17.4 ± 6.9
Calcio [mg/dL]	Inicio	9.5 ± 1.7	8.6 ± 1.3	9.3 ± 2.3	10.7 ± 3.9
	Final	10.7 ± 0.4	11.1 ± 2.0	14.6 ± 7.2	10.2 ± 0.9
Magnesio [mg/dL]	Inicio	1.8 ± 0.3	1.4 ± 0.2 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.5	1.6 ± 0.2 <sup>b</sup>
	Final	2.0 ± 0.7	2.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	2.9 ± 0.6	2.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
Sodio [mmol/L]	Inicial	134.4 ± 19.8	141.3 ± 34.3	132.6 ± 28.8	109.7 ± 6.5 <sup>b</sup>
	Final	123.5 ± 22.0	133.0 ± 16.0	147.2 ± 21.0	136.3 ± 9.6 <sup>a</sup>

Autores.

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas [ $P < 0.05$ ] entre periodos de muestreo. Dieta base: pastoreo + 100 g de alimento balanceado comercial, T1: 600 g ensilaje de maíz [EMA], T2: 200 g EMA + 100 g palmiste, T3: 200 g EMA + 100 g salvado de trigo, T4: 400 g EMA + 200 g ensilaje de botón de oro.

En este trabajo la materia orgánica [MO] en el suelo fue baja [1.67 %], se puede afirmar que la planta provee al animal el 100 % de estos compuestos, por lo tanto, los pastos tienen que hacer transformaciones biológicas eficientes del N y el anhídrido carbónico, para proveer su propio crecimiento y hacer el respectivo aporte al animal [Tablas 1, 2 y 3, Figura 2]. En estas condiciones experimentales el N fue deficiente, aunque las concentraciones plasmáticas de proteínas totales [PT], albúmina y urea estuvieron dentro los rangos considerados como normales para la especie [6.45 g/dl 3.1 g/dL y 10,5 mg/dL respectivamente] (Meyer y Harvey, 2000), lo cual demuestra la gran capacidad metabólica de los rumiantes.

De manera similar metabolitos energéticos como glucosa y el colesterol [72.6 y 70.1 mg/dl respectivamente] estuvieron dentro de los rangos normales de referencia, al igual que el Ca; el Mg estuvo alto con relación a tales valores [0.54 y 0.22 mg/dL respectivamente], puesto que los rangos de este mineral están entre 0.12 y 0.18 mg/dl, representando un 10 % más de Mg [Figura 2]. Estos resultados confirman el efecto de la suplementación con alimentos y la sal mineralizada. Por otra parte, el contenido de proteína de los forrajes y alimentos tienen una alta correlación con la MO y K de los suelos, lo que permite afirmar que, a mayor contenido de MO en suelo se obtiene mejor valor nutritivo en pastos (Apráez et al., 2012).

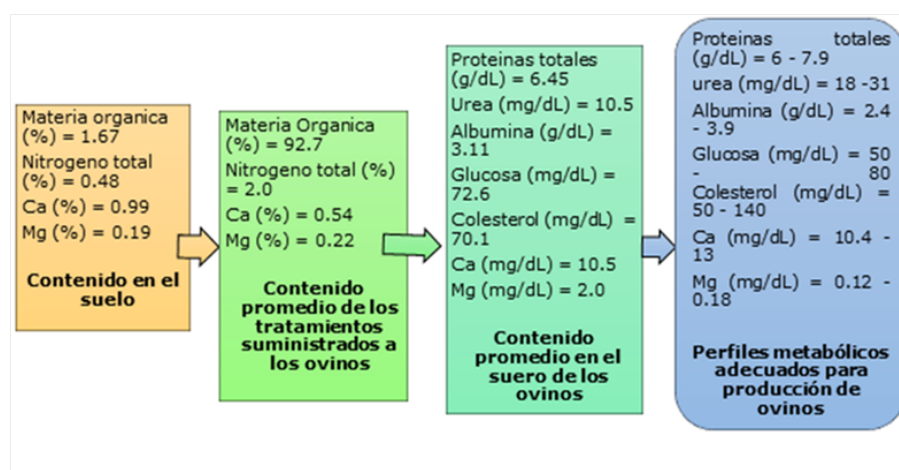


FIGURA 2.

Relación de minerales del suelo con el contenido de materias primas y lo requerido por los ovinos. Valores de referencia considerados normales para química sanguínea (Meyer y Harvey, 2000).

Autores.

#### 4. CONCLUSIONES

En la alimentación de ovinos, basada en el pastoreo, influye la composición química del suelo porque aporta los nutrientes a los pastos, por lo cual se observó que un bajo contenido de materia orgánica en el suelo, donde pastoreaban los animales, condiciona la producción, debido a que las plantas tienen mayor dificultad para suplir los nutrientes. Para compensar una relación nutricional inadecuada entre el suelo, la planta y el animal, debido a las condiciones de los suelos oxisoles del piedemonte llanero, se utilizaron diversos suplementos como ensilado de maíz, palmiste, salvado de trigo y ensilado de botón de oro, observándose un efecto positivo en ovinos de ceba que se alimentaban con *Brachiaria spp.*, en lo referente a ganancias de peso, con conversiones promedio de todos los tratamientos de 1:1.025. En ese sentido, la mejor eficiencia proteica [relación del consumo de proteína con respecto a la ganancia de peso] se observó con el suplemento simultáneo de ensilado de *Z. mays* y *T. diversifolia*. El efecto benéfico de la suplementación también se observó en los parámetros metabólicos de los ovinos, puesto que los mismos estuvieron dentro los rangos normales establecidos para esta especie, indicando que sus requerimientos fueron cubiertos.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de los Llanos por facilitar los recursos para la realización del proyecto denominado “Relación nutricional suelo-planta-animal en dos sistemas de producción con rumiantes en el trópico utilizando ensilaje como suplemento”, del cual derivan los resultados que se plasmaron en este trabajo de investigación.

#### LITERATURA CITADA

Apráez, J. E., Gálvez, A., Tapia, E., Jojoa, L., León, J., Zambrano, D., Zambrano, H. R., Obando, V. y Aux, Y. (2012). Determinación de los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de no intervención. *Livestock Research for Rural Development*, 24(3), <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24042.htm>

- Arias-Islas, E., Morales-Barrera, J., Prado-Rebolledo, O., y García-Casillas, A. (2020). Metabolismo en rumiantes y su asociación con analitos bioquímicos sanguíneos. *Abanico Veterinario*, 10(1), 1-24. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.15>
- Association of Official Analytical Chemists [AOAC]. (2005). *Official methods of Analysis [18th Edition]*. AOAC International.
- Balseca, D. G., Cienfuegos, E. G., López, H. B., Guevara, H. P., y Martínez, J. C. (2015). Nutritional value of Brachiarias and forage legumes in the humid tropics of Ecuador. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(1), 57-63. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000100006>
- Bustamante, M. J., Maza, L. A., Rugeles, C. C., Simanca, J. C., Patiño, R. M. y Vergara, O. D. (2016). Determinación del perfil metabólico durante el periodo gestación-lactancia en hembras ovinas de pelo en Córdoba, Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 57(2), 114-124. <http://ve.scielo.org/pdf/rfvcv/v57n2/art05.pdf>
- Camacho, J. H., Luengas, C. y Leiva, F. (2010). Análisis multivariado de propiedades químicas en oxisoles con diferentes niveles de intervención agrícola. *Acta Agronómica*, 59(3), 273-274. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/17655/18484](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/17655/18484)
- Camargo, D. A. (2018). Suplementación estratégica para mejor la producción de ovejas en trópico bajo colombiano. [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. *Ciencia Unisalle*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/360/>
- Cárdenas, J., Maza, A. y Cardona J. (2015). Comportamiento productivo de terneros lactantes suplementados con maíz más torta de algodón en el departamento de Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 7(2), 171-178. <https://doi.org/10.24188/recia.v7.n2.2015.261>
- Castillo-López, E. y Domínguez-Ordóñez, M. G. (2019). Factors affecting the ruminal microbial composition and methods to determine microbial protein yield. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(1), 120-148. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4547>
- Church, D. C., Pond, W. G. y Pond, K. R. (1992). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. (2ª Ed). Editorial Limusa.
- Di Marco, O. N. (2006). Crecimiento de vacunos para carne. Fundación Argentina.
- Gómez, O. J., Londoño, L. F. y Madrid P. V. (2013). El perfil metabólico como herramienta de monitoreo de la salud, la producción y la fertilidad en el hato lechero del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. *Revista Lasallista de Investigación*, 10(1), 38-48. <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/rldi/article/view/422>
- Macedo, R. y Arredondo, V. (2008). Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo. *Archivos de Zootecnia*, 57(218), 219-228.
- Mejía, J. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*, 12(3), 56-63. <https://doi.org/10.15174/au.2002.283>
- Mendoza, G. D. y Ricalde, R. (2016). Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Meyer, D. y Harvey, J. (2000). *El laboratorio en medicina veterinaria: Interpretación y diagnóstico* (2ª ed.). Intermédica.
- Laiton-Medina, J. F., Hurtado-Nery, V. L. y Granados, J. E. (2021). Evaluación de tres especies de *Brachiaria spp* con pastoreo rotacional para cebs bovina. *Orinoquia*, 25(1), 15-22. <https://doi.org/10.22579/20112629.652>
- National Research Council [NRC]. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>
- Ramírez, J. L., Vega, M., Acosta, I. L. y Verdecia D. (2009). Caracterización nutritiva de las especies *Brachiariadecumbens* e híbrido en un suelo fluvisol de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 21(2). <http://www.lrrd.org/lrrd21/2/rami21023.htm>
- Ramírez, J. L., Zambrano, D. A., Campuzano, J., Verdecia, D. M., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J. y Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63651420007.pdf>



- Roa-Vega, M. L., Ladino-Romero, E. A. y Hernández-Martínez, M. C. (2017). Indicadores de bioquímica sanguínea en bovinos suplementados con *Cratylia argentea* y *Saccharomyces cerevisiae*. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 144-151. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1951>
- Román, N. E. (2021). Perfil metabólico en ovinos de pelo del departamento de Córdoba. [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. Biblioteca digital. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4668>
- Shimada, M. A. (2002). *Nutrición Animal*. Editorial Triallas.
- Visbal, T. E., Morillo, M., Altuve, D., Aguirre, P. y Medina, A. L. (2013). Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(2), 141-146. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000200008>

## ENLACE ALTERNATIVO

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/6232> (html)

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/6232/6114> (pdf)