

Efecto de la suplementación con ensilaje de maíz y yuca en el desempeño productivo y económico del ovino criollo (*Ovis aries*)

Emiro Andrés Suárez Paternina¹, Yacerney Paternina Paternina¹, Liliana Atencio Solano², José Jaime Tapia Coronado², Wilson Andrés Barragán Hernández², Lorena Inés Mestra Vargas²

¹Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), Sede El Carmen de Bolívar, Bolívar, Colombia

²Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Turipaná, Córdoba, Colombia.

³Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación El Nus, Antioquia, Colombia.

*Autor para correspondencia/Corresponding author: esuarez@agrosavia.co

Effect of mayze and cassava silage on the economic and productive performance of hair creole sheep (*Ovis aries*)

Resumen

El presente trabajo evaluó el desempeño productivo y la viabilidad económica de la suplementación de ovinos criollos con ensilajes de maíz y yuca forrajera. Se seleccionaron 12 machos con un peso vivo promedio de $17,6 \pm 3,2$ kg y 8 meses de edad, los cuales fueron aleatorizados en dos grupos: uno suplementado con ensilaje de maíz (D1EM) y otro con una mezcla de ensilaje de maíz y ensilaje de yuca (D2EM+EY) en proporciones iguales. Los animales fueron evaluados durante 52 días, incluidos 10 días de adaptación en el período seco. Se registró el desempeño productivo en ganancia de peso, condición corporal, consumo de ensilaje y coloración de la conjuntiva ocular (como indicador de anemia); además se recolectó información sobre costos e ingresos. Los datos productivos se analizaron mediante una prueba t para muestras independientes. Se observó un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de la suplementación con D2EM+EY, con una mayor ganancia diaria ($0,080 \pm 0,01$ kg/d vs. $0,060 \pm 0,01$ kg/d) y acumulación de peso durante el período de estudio ($3,33 \pm 0,58$ kg vs $2,45 \pm 0,43$ kg), así como una mejor conversión alimenticia (kg:kg, 6,01:1 vs 8,27:1) y un menor grado de anemia. La suplementación con D2EM+EY presentó una relación beneficio-coste de 2,4 y una rentabilidad del período del 72 %, con un costo de producción de USD 0,93 por kg de peso vivo. La suplementación estratégica con ensilaje de maíz y yuca incrementó las ganancias de peso y mantuvo la condición corporal de los animales durante el período de sequía, generando mayores ingresos en relación con los costos de producción.

Palabras clave: alimentación complementaria, cultivos forrajeros, ensilaje, ganancia de peso, periodo seco.

Abstract

This study evaluated the productive performance and economic viability of supplementing Creole lambs with mayze and cassava forage silage. Twelve males ($17.6 \pm$



Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0



Editado por /
Edited by:

María Gabriela Albán

Recibido /
Received:
08/01/2025

Aceptado /
Accepted:
24/03/2025

Publicado en línea /
Published online:
06/08/2025



3.2 kg live weight and 8 months old) were selected and randomized into two groups, one supplemented with maize silage (D1CS) and another with a mixture of maize and cassava silage (D2CS+CaS) in equal proportions. The animals were evaluated for a period of 52 days, including 10 days of adaptation during the dry period. Productive performance in weight gain, body corporal condition, silage intake, and ocular conjunctiva coloration (as an anemia indicator) was recorded. Information on costs and income was also collected. The data was analyzed with an independent sample T-test. The D2CS+CaS increased ($p < 0.05$) daily gain (0.080 ± 0.01 kg/d vs. 0.060 ± 0.01 kg/d) and accumulated weight in the evaluation period (3.33 ± 0.58 kg vs. 2.45 ± 0.43 kg). Additionally, the D2CS+CaS supplementation led to a reduction in feed conversion ratio (kg: kg, 6.01:1 vs. 8.27:1) and a lower degree of anemia. The supplementation of D2CS+CaS resulted in a benefit-cost ratio of 2.4 and profitability of 72 %, with a production cost of US\$ 0.93 per kg of live weight. Strategic supplementation of maize and cassava silage resulted in increased weight gain and the maintenance of optimal body condition during drought conditions, yielding a higher income than production costs.

Keywords: supplementary feeding, feed crops, silage, weight gain, dry season.

INTRODUCCIÓN

En condiciones tropicales es recurrente que se presenten periodos de sequía prolongados, lo cual afecta de manera significativa el desempeño productivo de los rumiantes, debido a la baja disponibilidad y calidad nutricional de los forrajes [1]. Particularmente, en la región caribe colombiana hay cerca de 6,7 millones de hectáreas establecidas en pasturas, en su mayoría naturalizadas, siendo el principal recurso forrajero para la alimentación y producción de ovinos [2]. Sin embargo, los rebaños enfrentan serias limitantes que se relacionan principalmente con la baja productividad y composición nutricional de las praderas, que son afectadas por la estacionalidad de las lluvias, con efecto negativo en los indicadores productivos [2,3].

La conservación de forrajes energético-proteicos a través del ensilaje es una de las principales estrategias para afrontar los periodos críticos [4]. En este sentido, el maíz (*Zea mays* L.) se considera el principal recurso forrajero utilizado como ensilaje en sistemas de alimentación de rumiantes en la región caribe colombiana [5, 2], caracterizándose por su alto rendimiento forrajero y aporte energético. Es de resaltar que en la alimentación de rumiantes es fundamental considerar la inclusión de forrajes ricos en proteína o fuentes proteicas para tener un mejor balance nutricional, digestibilidad y aporte de nutrientes [6, 2].

La suplementación con fuentes proteicas concentradas ha sido descrita como una alternativa para afrontar periodos críticos y mejorar el desempeño productivo de ovinos [7, 8]. Sin embargo, el uso de alimentos concentrados puede incrementar los costos de producción [9, 10]. En contraste, se ha demostrado que la implementación de estrategias alimenticias con ensilaje es una opción viable desde el punto de vista económico y productivo en los sistemas de producción ovino [11]. No obstante, además del aporte energético que puede ofrecer el ensilaje de maíz, se requiere suplir las demandas de proteína.



En este sentido, el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) resulta ser una opción relevante en los sistemas de alimentación de rumiantes, debido a su alta producción de masa forrajera caracterizada nutricionalmente por un alto contenido de proteína (20-25 %) y alta digestibilidad [12, 13, 14]. Además, presenta tolerancia a la sequía [15] y adaptación a diversos tipos de suelo [16]. A pesar de esto, la yuca posee glucósidos cianogénicos, los cuales pueden generar intoxicaciones y muerte de los animales. Esta toxicidad puede eliminarse en un 90 % por medio del picado, presecado al sol y la fermentación, garantizando su uso en la alimentación animal [13]. Por otra parte, el ensilaje de maíz es un recurso alimenticio, de amplio uso en sistemas de producción de carne y leche, debido a su alto contenido energético y de nutrientes digestibles, además de su palatabilidad, que mejoran la ingesta de materia seca y el rendimiento general del crecimiento en rumiantes [17, 18, 19].

Asimismo, el ensilaje de maíz y yuca han sido aprovechados como estrategias en la alimentación de ovinos, ya sea de manera individual o en combinación, debido a su potencial para optimizar el aprovechamiento de los recursos forrajeros y mejorar la producción de animales. Diversos estudios han demostrado que su inclusión en la dieta influye positivamente en el comportamiento ingestivo, la tasa de crecimiento, las características cárnicas de la canal y la salud, lo cual es relevante en sistemas de producción ovina [20, 21, 22, 23, 24]. No obstante, sus efectos pueden estar influenciados por factores como el régimen alimenticio, la calidad del ensilado y su composición, así como las diferentes condiciones de producción. Por lo anterior el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño productivo y la viabilidad económica de la suplementación en ovinos criollos con ensilaje de maíz y la mezcla de ensilaje de maíz y yuca forrajera.

METODOLOGÍA

Localización

El trabajo se desarrolló en la Sede El Carmen de Bolívar, perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, ubicada en el departamento de Bolívar (Colombia); localizada a 125 m. s. n. m., con latitud 9,718333 y longitud 75,104583. La zona está clasificada como bosque seco tropical con temperatura promedio de 27,4 °C, humedad relativa de 72 %, tiene un promedio mensual de brillo solar de 234,5 h y una precipitación anual de 1 099 mm. En la zona de estudio, la época de lluvias se extiende de abril a noviembre, donde se acumula aproximadamente el 85 % de la precipitación anual, mientras que la época seca abarca desde noviembre hasta mediados de abril.

Elaboración de ensilaje

El ensilaje de maíz se realizó con la variedad de grano amarillo Agrosavia V-117 [25], mientras que, para el ensilaje de yuca forrajera se utilizó la variedad Agrosavia SM 1511-6 [26], las cuales fueron establecidas de acuerdo con el manejo agronómico descrito por Mejía-Kerguelen et al. [27], con una densidad poblacional de 62 500 y 40 000 plantas ha⁻¹, respectivamente. La cosecha se realizó a los 78 días después de siembra (dds) para maíz y 90 días dds para la yuca, con rendimientos forrajeros aproximados de 32 y 70 t ha⁻¹, respectivamente.



Se utilizó una formaleta metálica de forma circular y desarmable para conservar el forraje con capacidad de almacenamiento de una tonelada [14]. El proceso de elaboración del ensilaje del forraje inició con la extensión en el suelo de un plástico calibre 4 (0,1016 mm), sobre el cual se armó la formaleta. Luego, se picó el forraje con un triturador de forraje (Trapp® TRF-650, Jaraguá do Sul/SC – Brasil) y se depositaron capas de material picado, con un diámetro de partícula aproximado de 2 cm, en capas de 25 cm para facilitar la compactación del material y eliminación del aire presente en el forraje. Este proceso se llevó a cabo hasta completar el volumen de la formaleta alcanzando una densidad de compactación de 400 kg m⁻³. Posteriormente, se desarmó la formaleta y se procedió a cubrir el material con una carpa plástica calibre 6 (0,1524 mm). Finalmente, el plástico se amarró con nylon de polipropileno para garantizar mayor hermetismo al forraje conservado.

En el caso de la yuca, el proceso de conservación del forraje fue similar al del maíz, sin embargo, se agregó melaza líquida (subproducto de la caña de azúcar) como aditivo, a razón del 1 % del volumen de forraje a ensilar, disuelta en 5 litros de agua. La solución se aplicó uniformemente con una pulverizadora agrícola de presión, con capacidad de 20 litros. El aprovechamiento del ensilaje de maíz se realizó a los 120 días después de su elaboración, mientras que, el de yuca a los 108 días. Lo anterior, considerando el período mínimo de fermentación y estabilización del material ensilado [28]. La suplementación de los animales se realizó durante la época de mínima precipitación del año, momento en el que disminuye la cantidad y calidad de pastos en esta región de Colombia. .

Área experimental y manejo animal

Los animales permanecieron en un área de 1 ha, establecida principalmente en un 85% en la pastura Agrosavia Sabanera (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) y en un 15 % en Colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus). Esta área se dividió en 6 potreros de 0,16 ha cada uno, con el fin de establecer un sistema rotacional con 4 días de ocupación y 20 días de descanso. Las cercas perimetrales e internas de los potreros se establecieron con malla graduada en acero galvanizado para pastoreo con ovinos. De igual forma, en el módulo de rotación, se instaló un sistema de acueducto interno con hidrantes ubicados estratégicamente para el suministro constante de agua a los animales. Los ovinos pastorearon en horas de la mañana (08:00) y retornaron al aprisco en horas de la tarde (16:00). En el aprisco, los ovinos fueron separados en dos corrales provistos de bebederos y comederos plásticos lineales para el suministro del ensilaje.

Animales y tratamientos experimentales

El estudio se llevó a cabo entre los meses de enero a marzo del año 2023, correspondiente a la época de menos precipitación de la zona. El ensayo tuvo una duración de 52 días, de los cuales 10 días correspondieron al periodo de adaptación. Al inicio de este periodo, los ovinos se identificaron y pesaron. Posteriormente fueron desparasitados (Levamisol® HCL 15 %, 0,5 mg kg⁻¹) y distribuidos en los tratamientos respectivos. Se utilizaron 12 ovinos (*Ovis aries*) criollos de pelo una raza adaptada a las condiciones tropicales, caracterizada por su rusticidad y eficiencia en la producción de carne, con peso y edad promedio de 17,6 ± 3,2 kg y 8 meses, respectivamente, los cuales se distribuyeron aleatoriamente en dos tratamientos consistentes en: ovinos suplementados con ensilaje de maíz (D1EM) y ovinos suplementados con ensilaje de maíz y ensilaje del forraje de yuca (D2EM+EY), empleando una proporción 50:50. Los ovinos fueron suplementados (kg MS⁻¹) a razón del 1 % de su peso vivo.



Calidad nutricional de los forrajes

Se determinó la composición nutricional de la pastura y los ensilajes empleados en la alimentación de los ovinos. La calidad nutritiva del pasto Agrosavia Sabanera se determinó mediante la obtención de muestras compuestas, las cuales se colectaron a través del método de simulación de pastoreo (*hand plucking*). Se colectaron 500 g por muestra las cuales fueron secadas en estufa de ventilación forzada a 60 °C por 48 h. Posteriormente fueron molidas con un molino tipo Willey y enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de Agrosavia. Se determinó la concentración de proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), digestibilidad de la materia seca (DISMS), energía metabolizable (EM), y nutrientes digestibles totales (NDT). De igual forma, se tomaron muestras de los ensilajes para su caracterización nutricional a través de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) [29]. La composición nutricional de los forrajes y dietas empleadas en la suplementación de los ovinos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional de la pastura y ensilajes utilizados en el experimento.

Ítem	Pastura Agrosavia Sabanera n=4	Ensilaje de maíz D1EM n=12	Ensilaje de yuca (EY) n=12	D2 EM+EY n=1
Materia seca total (%)	31,25 ± 4,45	32,25 ± 0,22	27,67 ± 0,15	29,96
Proteína cruda (%)	11,59 ± 0,23	10,50 ± 0,73	18,08 ± 0,84	14,29
Extracto etéreo (%)	1,55 ± 0,05	1,79 ± 0,24	3,25 ± 0,20	2,52
Fibra Detergente Neutro (%)	68,26 ± 0,47	55,13 ± 3,98	38,21 ± 2,67	46,67
Fibra Detergente Ácido (%)	38,63 ± 1,00	24,95 ± 3,71	19,10 ± 2,04	22,03
Lignina (%)	8,60 ± 0,11	5,44 ± 0,88	3,79 ± 0,53	4,62
Hemicelulosa (%)	29,63 ± 0,52	30,19 ± 1,37	19,11 ± 1,02	24,65
Proteína Soluble (%)	39,94 ± 0,85	39,99 ± 1,75	36,88 ± 2,48	38,43
Proteína B (% PC)	53,36 ± 1,10	48,17 ± 2,42	47,83 ± 2,63	48,00
Proteína C (% PC)	5,14 ± 0,96	10,86 ± 0,72	13,15 ± 0,94	12,00
Almidón Total (%)	1,71 ± 0,16	14,74 ± 4,42	9,72 ± 0,61	12,23
Carbohidratos No Estructurales (%)	3,64 ± 0,52	16,65 ± 5,00	14,44 ± 1,30	15,54
Carbohidratos Solubles (%)	1,93 ± 0,37	1,91 ± 0,70	4,71 ± 0,84	3,31
Calcio (%)	0,53 ± 0,02	0,02 ± 0,03	0,99 ± 0,07	0,51
Fósforo (%)	0,25 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,26 ± 0,01	0,24
Nutrientes Digestibles Totales (%)	51,63 ± 0,46	70,41 ± 2,44	62,11 ± 1,09	66,26
Digestibilidad MS (%)	56,60 ± 0,49	76,85 ± 2,62	67,92 ± 1,18	72,39
Energía Metabolizable (Mcal.kg ⁻¹ MS)	1,83 ± 0,02	2,66 ± 0,11	2,29 ± 0,05	2,47

n: Corresponde al número de análisis. Fuente: Elaboración propia



Desempeño animal

Los animales se pesaron al inicio y cada 14 días hasta el final del ensayo, con báscula electrónica portátil (MDBM-300, Bogotá D.C.). A partir de esta información se determinó la ganancia de peso total (GDPT) y la ganancia diaria (GDP) mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Ganancia diaria de peso (GDP)} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Número de días}}$$

Condición corporal

Para la evaluación de la condición corporal, se utilizó una escala de 1 a 5, teniendo en cuenta la metodología propuesta por Felice [30] al inicio y, posteriormente, cada 14 días, hasta el final del ensayo.

El consumo de ensilado se determinó por diferencia entre la cantidad de alimento suministrado y el sobrante.

Grado de anemia

Cada 14 días se realizó la inspección del color de la mucosa de la conjuntiva ocular de los ovinos, utilizando como referencia la carta guía Famacha®. Esta técnica se basa en la evaluación visual del color de la mucosa ocular, lo que permite determinar el grado de anemia, que puede ser causada por parásitos gastrointestinales, utilizando una escala de cinco colores: rojo (1); rojo pálido (2); rosado (3); rosado pálido o blanco rosado (4) y blanco (5) [31]. En esta escala, el grado 1 corresponde a ausencia de anemia y el grado 5 indica anemia grave.

Análisis económico

Para determinar la viabilidad económica de la suplementación con los distintos ensilajes, se empleó la metodología propuesta por Agreda [32], que contempla el registro de los costos directos, representados por el costo incurrido en la producción de los ensilajes y la mano de obra, mientras que los ingresos fueron dados por la comercialización de los kilogramos de carne en pie producidos en el periodo. A partir de ello, se determinó la utilidad neta, rentabilidad, relación beneficio-costos, punto de equilibrio y el costo de producción por unidad de producto. Los valores se presentan en dólares norteamericanos (USD) a una tasa representativa del mercado COP 4.345 [33].

Análisis estadístico

La información se colectó y almacenó en una hoja de cálculo para su posterior análisis. Debido al tamaño de muestra pequeño, $n < 20$ [34, 35], se utilizó una prueba T para medias independientes mediante el método de *bootstrapping* ($n = 10\,000$) con el objeto de obtener p-valores robustos ante situaciones de no normalidad y heterogeneidad de varianzas [36].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desempeño animal

No se detectaron diferencias ($p > 0,05$) entre las dietas con relación al consumo diario de ensilaje y condición corporal. No obstante, los ovinos suplementados con D2EM+EY obtuvieron una ganancia diaria y acumulada de peso significativamente mayor ($p < 0,05$), superando en un 25,5 % a los alimentados con la dieta D1EM. Asimismo, se registró efecto ($p < 0,05$) del tipo de ensilaje en la conversión alimenticia y en la coloración de la conjuntiva ocular con menor grado de anemia en animales suplementados con D2EM+EY (Tabla 1).

Tabla 2. Desempeño productivo de ovinos criollos de pelo suplementados con ensilaje de maíz y yuca.

Variable	D1EM	D2EM+EY
Peso inicial (kg)	17,93 ± 3,39	17,35 ± 3,29
Peso final (kg)	20,38 ± 3,17	20,68 ± 3,45
Días experimentales	42	42
Consumo de ensilaje diario (kg en base húmeda)	0,479 ± 0,02 a	0,474 ± 0,02 a
Ganancia peso periodo (kg)	2,45 ± 0,43 b	3,33 ± 0,58 a
Ganancia diaria de peso (kg)	0,060 ± 0,01 b	0,080 ± 0,01 a
Conversión alimenticia (kg)	8,27 ± a	6,01 ± b
Condición corporal (1-5)	3,0 a	3,0 a
Grado de anemia	2,0 a	1,0 b

El mejor desempeño de los animales suplementados (medida por la ganancia diaria de peso y por la conversión alimenticia) se obtuvo con el tratamiento D2EM+EY. Estos resultados pueden atribuirse a un mayor aporte de nutrientes por la dieta ofrecida (Tabla 2). Al respecto, varios autores aseguraron que al mejorar la relación energía-proteína de la dieta, se promueve una mayor actividad ruminal con lo cual se aumenta la degradabilidad de la materia orgánica ingerida y el aporte de nutrientes, favoreciendo así el desempeño productivo de los animales [3, 6, 2]. Dentro de la producción animal, la alimentación es uno de los factores de mayor importancia ya que esta incide directamente en el crecimiento y desarrollo de los animales, asimismo, en el margen de rentabilidad de los sistemas [37, 38, 39].

Resultados similares fueron encontrados por Baracaldo-Martínez et al. [40] al evaluar la GDP de ovinos en el departamento de Córdoba donde se reportaron ganancias entre 0,080 y 0,132 kg d⁻¹ para ovinos criollos en crecimiento. Dichos valores coinciden con los registrados en nuestro experimento al suplementar con ensilaje mixto de yuca y maíz. Sin embargo, siguen siendo inferiores a las ganancias de 0,120 kg d⁻¹ comunicados por Sánchez-Frómata et al. [11] al suministrar ensilaje de maíz más concentrado a los ovinos. Por otro lado, la GDP alcanzada en el presente estudio supera los 0,076 kg d⁻¹ descritos por Aguirre et al. [6] para ovinos Corriedale × Poll Dorset alimentados con ensilaje de maíz-alfalfa, así como las ganancias de 0,064 kg d⁻¹ reportados por Maza et al. [3] al emplear un balanceado alternativo.



El índice de conversión de alimento a partir del ensilaje fue menor ($p < 0,05$) en los animales suplementados con la dieta D2EM+EY, los cuales requirieron 6,0 kg de suplemento para producir un kilogramo de peso, mientras que, los animales suplementados con la dieta D1EM requirieron un 27,4 % más de suplemento para generar una unidad de producto. Dichos resultados pueden relacionarse con la naturaleza del suplemento, ya que la dieta D2EM+EY presentó un mayor contenido de proteína en el forraje y menor contenido de FDN y lignina en comparación con la dieta D1EM. Al respecto, Suárez-Paternina et al. [41] manifestaron que dietas con un menor contenido de FDN y carbohidratos estructurales presentan una mayor proporción de componentes solubles y altamente fermentables, lo cual favorece la degradación ruminal y tasa de pasaje de la materia orgánica ingerida.

La suplementación con D1EM y D2EM+EY no generó ($p > 0,05$) cambios en las reservas corporales de los ovinos, registrando una puntuación de 3 puntos en ambos grupos. Resultados similares entre ovinos suplementados con dietas energético-proteicas han sido reportados por Suárez-Paternina et al. [41]. En contraste, para el grado de anemia, los ovinos alimentados con D2EM+EY presentaron una valoración de 1 (mucosas color rojo) mucho mejor a la observada en la mucosa de los animales suplementados con D1EM. Al respecto, Torres-Acosta et al. [42] señalaron que la suplementación energético-proteica incrementó en los ovinos la resiliencia contra nematodos gastrointestinales, así como también mejoró el desempeño productivo de los animales.

Viabilidad económica de la suplementación con ensilajes

En la Tabla 2, se presenta el consumo de ensilaje en cada uno de los tratamientos durante el periodo experimental, lo cual representó el principal egreso dentro de los costos (Tabla 3). En este contexto, la suplementación de ovinos criollos con ensilaje de maíz y de yuca se considera rentable desde el punto de vista técnico y económico, debido a que los ingresos estimados de la comercialización en pie de los animales fueron superiores a los egresos. Sin embargo, los mayores retornos económicos fueron observados en los animales alimentados con la dieta D2EM+EY, debido a mayor ganancia de peso y menor costo en la alimentación de los animales. El margen de ingreso del periodo fue de USD 13,43 (Tabla 3) en los ovinos alimentados con la D2EM+EY, siendo superior en un 67,7 % al registrado por los ovinos alimentados con la dieta D1EM. De igual forma, se observó una mayor relación beneficio-costos en el tratamiento D2EM+EY, que fue de 2,4, indicando que por cada dólar invertido en el costo de la suplementación se pueden recuperar USD 0,00032. Por otra parte, al relacionarse los costos de producción con los kilogramos de carne producidos durante el periodo, se generó a un menor costo la unidad de producto, siendo 29,0 % menor al costo unitario registrado por el tratamiento D1EM. Finalmente, en la dieta D2EM+EY se destinó el 41,9 % de los kilogramos producidos para equilibrar el nivel de inversión.

Tabla 3. Costo de la suplementación (USD) con ensilajes para ovinos durante el periodo experimental.

ítem	D1EM	D2EM+EY
Costo alimento/kg	0,043	0,037
Costo suplementación periodo	6,47	5,55
Mano de obra	12,99	12,99
Total costos	19,46	18,54
Ganancia de peso periodo (kg)	14,88	19,98
Costo comercial kg en pie	1,60	1,60
Ingreso Neto Total	23,81	31,97
Ingreso Neto Periodo	4,35	13,43
Relación B/C	0,7	2,4
Rentabilidad periodo (%)	22,24	72,30
Punto de equilibrio (kg)	12,2	11,6
Costo de producción kg en pie	1,31	0,93

Los indicadores económicos registrados en el tratamiento D2EM+EY demostraron ser competitivos frente a experiencias en la región Caribe colombiana que han reportado costos de producción de kg de peso vivo entre USD 0,90 y USD 1,20 [9]. Asimismo, nuestros resultados, tanto en la suplementación con ensilaje de maíz como la mixta (maíz-yuca), registraron mayor rentabilidad que la presentada por Sánchez-Frómeta et al. [11] de 12,2 % al suplementar ovinos con ensilaje de maíz más concentrado.

Durante la estación seca del año, la escasez en la oferta y la calidad del forraje compromete la rentabilidad del sistema ovino. Sin suplementación, los indicadores económicos de la producción resultan negativos, con bajos márgenes de rentabilidad que oscilan del 0,4 al 4,2 % [43]. Frente a este panorama, nuestros resultados muestran que la suplementación con ensilaje de maíz-yuca constituye una alternativa técnica y económicamente viable para sostener el desempeño productivo del ovino criollo, aún frente a sequías cada vez más intensificadas por la variabilidad y el cambio climático.

CONCLUSIONES

La suplementación estratégica con ensilaje de maíz y de yuca incrementó las ganancias de peso y mantuvo la condición corporal de los animales durante el período de sequía. Esta alternativa alimenticia se presenta como una opción rentable y ambientalmente sostenible, dado que minimiza la dependencia de insumos externos en las fincas y promueve el uso de recursos forrajeros adaptados y de fácil implementación por parte de pequeños y medianos productores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por apoyar y financiar el desarrollo



del proyecto “Plan de vinculación para variedades de maíz” con diferentes mercados potenciales para uso de pequeños y medianos productores, que permitió la elaboración del presente artículo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Definición y montaje del diseño en laboratorio: Emiro Suárez, Yacerney Paternina y José Jaime Tapia.

Colecta de información y preparación de bases de datos: Emiro Suárez, Yacerney Paternina y Lorena Mestra.

Análisis estadístico de la información: Wilson Barragán, Emiro Suárez, Liliana Atencio y José Jaime.

Todos los autores participaron activamente en la recopilación de información, la redacción y la revisión final del manuscrito.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en el presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Barros e Silva, T. M., García Leal de Araújo, G., Vinhas Voltolini, T., Ávila Queiroz, M. A., Yamamoto, S. M., Nunes Lista, F., Costa Gois, G., Alves de Moraes, S., Sena Campos, F., Rocha Santos, M. C (2022). Productive performance of sheep fed buffel grass silage in replacement of corn silage. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 408-421. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5381>
- [2] Suárez Paternina, E., Maza Ángulo, L., Barragán Hernández, W., Aguayo Ulloa, L., & Vergara Garay, O. (2022). Características de la canal y perfil de ácidos grasos de la carne de corderos criollos suplementados con semilla de algodón y maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1), 97-114. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5342>
- [3] Maza Angulo, L., Bustamante Yanez, M., Simanca Sotelo, J. C., Ruiz Ortiz, M., Montaña Flórez, G., Vergara Garay, O. (2015). Efecto de la suplementación sobre la ganancia de peso y rendimiento en canal de corderos Sudán. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 283-286. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n1.2015.448>
- [4] Gruber, T., Fliegerová, K., Terler, G., Resch, R., Zebeli, Q., & Hartinger, T. (2024). Mixed ensiling of drought-impaired grass with agro-industrial by-products and silage additives improves the nutritive value and shapes the microbial community of silages. *Grass and Forage Science*, 79(2), 179-197. <https://doi.org/10.1111/gfs.12669>
- [5] Mejía Kerguelén, S. L., Suárez Paternina, E. A., Tapia Coronado, J. J., & Atención Solano, L. M. (2020). *Sorgo dulce forrajero Corpoica J17-18 (Sorghum bicolor): alternativa forrajera para la alimentación de bovinos en la región Caribe*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7404005>
- [6] Aguirre, L., Cevallos, Y., Herrera, R., & Escudero, G. (2016). Utilización de ensilaje de maíz y alfalfa en la alimentación de ovinos mestizos en pastoreo. *Ciencias Veterinarias y Agropecuarias*, 6(1), 76-82. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/64>
- [7] Suárez-Paternina, E., Maza-Angulo, L., Aguayo-Ulloa, L., Vergara-Garay, O., Barragán-Hernández, W., & Bustamante-Yáñez, M. (2020). Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz en el desempeño productivo y calidad de la carne de ovinos. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1604>
- [8] Mestra-Vargas, L.I., Santana-Rodríguez, M.O. & Aguayo-Ulloa, L.A. (2022). Respuesta productiva de corderos suplementados con oleaginosas en condiciones de Caribe Húmedo colombiano. *Nutrición animal tropical*, 16(1), 1-30. <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutritional/article/view/50178>
- [9] Mestra-Vargas, L. I., Martínez-Reina, A. M., & Santana-Rodríguez, M. O. (2019). Caracterización técnica y económica de la producción de carne ovina en Córdoba, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 871-884. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43760145017>
- [10] Muñoz-Osorio, G. A., Aguilar-Caballero, A. J., Sarmiento-Franco, L. A., Wurzingler, M., & Cámara-Sarmiento, R. (2016). Technologies and strategies for improving hair lamb fattening systems in tropical regions: a review. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(8), 267-277. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282016000200267&script=sci_arttext&tlang=en
- [11] Sánchez-Frómata, C., Curbelo-Rodríguez, L. M., Pérez-Peréz, A., Albornoz-Rodríguez, O., & Hernández-Viera, W. (2023). Comportamiento de algunos indicadores productivos y económicos de corderos Pelibuey con ensilaje de maíz (*Zea mays* L.). *Revista de Producción Animal*, 35(1), 41-50. <https://www.redalyc.org/journal/7624/762478459006/html/>
- [12] Salcedo, É., Gómez, W. R., Arreaza, L. C., Rivero, E. T. (2014). *Cultivos forrajeros para conservación y alimentación bovina en el sur del departamento del Atlántico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-bac-20.500.12324-1927/Description>
- [13] Pereira da Silva, T.G., Guim, A., de Lima Costa 1, C.R., da Silva Memdes, C.H., Auto Lopes, L., Oliveira Cavalcante, E., dos Santos Nascimento, J.C., Leal Viana, B. (2019). Concentração de ácido cianídrico na maniçoba in natura e conservada. *Revista Agrária Acadêmica*, 2(4), 119-124. <https://doi.org/10.32406/V2N42019/119-124/AGRARIACAD>
- [14] Suárez-Paternina, E. A., Mestra-Vargas, L. I., Paternina-Paternina, Y., Salcedo-Carrascal, E., Luna-Castellanos, L. L., & Araújo-Vásquez, H. (2022). *Yuca para la alimentación animal en la región Caribe: manejo, conservación y uso eficiente*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405651>

- [15] da Costa Ribeiro Barboza, S., de Oliveira, J. S., de Carvalho Souza, M. T., de Lima Júnior, D. M., Lima, H. B., & Guerra, R. R. (2019). Ovinos submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 1689-1697. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01863-9>
- [16] Ceballos, H., de la Cruz, G., & Gabriel, A. (2012). Cassava taxonomy and morphology. *Cassava in the third millennium: modern production, processing, use, and marketing systems*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 15-28.
- [17] Abdel-Fattah, A. F., Saleem, A. K., & Ibrahim, M. Y. (2022). Impact of different feeding strategies on welfare, milk yield and productive performance in Egyptian dairy sheep and goat. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 7(2), 40-48. <https://doi.org/10.22271/veterinary.2022.v7.i2a.414>
- [18] Basso, F. C., Rabelo, C. H., Lara, E. C., Siqueira, G. R., & Reis, R. A. (2018). Effects of *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 and forage: Concentrate ratio on the growth performance of finishing feedlot lambs fed maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, 244, 104-115. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840118300312>
- [19] Khan, N., Yu, P., Ali, M., Cone, J., & Hendriks, W. (2014). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(2), 238-252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
- [20] Khejournart, P., Meenongyai, W., & Juntanam, T. (2022). Cassava pulp added to fermented total mixed rations increased tropical sheep's nutrient utilization, rumen ecology, and microbial protein synthesis. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9(4), 754-760. <https://doi.org/10.5455/javar.2022.i645>
- [21] Oliveira, A. P. D., Bagaldo, A. R., Loures, D. R. S., Bezerra, L. R., Moraes, S. A., Yamamoto, S. M., Araujo, FL., Cirne, L.G. & Oliveira, R. L. (2018). Effect of ensiling gliricidia with cassava on silage quality, growth performance, digestibility, ingestive behavior and carcass traits in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 241, 198-209. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.05.004>
- [22] Rabelo, C. H. S., Lara, E. C., Basso, F. C., Härter, C. J., & Reis, R. A. (2018). Growth performance of finishing feedlot lambs fed maize silage inoculated with *Bacillus subtilis* and lactic acid bacteria. *The Journal of Agricultural Science*, 156(6), 839-847. <https://doi.org/10.1017/s0021859618000679>
- [23] Souza, C. M., Oliveira, R. L., Voltolini, T. V., Menezes, D. R., Dos Santos, N. J. A., Barbosa, A. M., Silva, TM., Pereira, E.S. & Bezerra, L. R. (2018). Lambs fed cassava silage with added tamarind residue: Silage quality, intake, digestibility, nitrogen balance, growth performance and carcass quality. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.007>
- [24] Suárez, E., Paternina, Y., Atencio, L., Tapia, J., Mejía, S., & Maza, L. (22 de Noviembre de 2023). *Desempeño productivo de corderos criollos suplementados con forrajes energético-proteicos*. [Presentación]. Primer congreso Latinoamericano One Health, Montería, Colombia.
- [25] Tapia Coronado, J. J., Atencio Solano, L. M., Ramirez Duran, J., Osorio Guerrero, K. V., Castillo Sierra, J., & Mejía Kerguelén, S. (2022). Situación actual y avances tecnológicos para mejorar la productividad del cultivo de maíz en Colombia. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1). <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2585>
- [26] Mejía Kerguelén, S. L., Pérez Cantero, S., Suárez Paternina, E. A., Atencio Solano, L. M., & Tapia Coronado, J. J. (2020) *Corpoica SM 1511-6 y Corpoica SM2081-34: variedades de yuca de alta producción de forraje y valor proteico*. Bogotá, p 8. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.folded138>
- [27] Mejía-Kerguelén, S., Cuadrado-Capella, H., Rivero-Espitia, T. (2013). *Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe Colombiana*. 2 ed. (CORPOICA), 77 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13440>
- [28] Xin, Y., Chen, C., Zhong, Y., Bu, X., Huang, S., Tahir, M., Du, D., Liu, W., Yang, W., Li, J., Wu, Y., Ahang, Z., Lian, Z., Xiao, Q. & Yan, Y. (2023). Effect of storage time on the silage quality and microbial community of mixed maize and faba bean in the Qinghai-Tibet Plateau. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1090401>
- [29] Ariza-Nieto, C., Mayorga, O. L., Mojica, B., Parra, D., & Afanador-Tellez, G. (2018). Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26(1), 44-52. <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>
- [30] Felice, M. (2013). *Condición corporal de ovinos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

- [31] Batch, G., Hansen, J.W., Krecek, R.C., Van Wyk, J.A. & Vatta, A. (2001). *Sustainable approaches for managing haemonchosis in sheep and goats*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (p. 90). FAO. https://www.researchgate.net/publication/288266753_Sustainable_approaches_for_managing_haemonchosis_in_sheep_and_goats
- [32] Agreda, V. (1990). *Metodología para Análisis económico de sistemas de producción*. Rispal. San José de Costa Rica.
- [33] Banco de la República de Colombia. (2025, Marzo 31). *Tasa de cambio del peso colombiano*. Banco de la República de Colombia. <https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/#/informacionSerie/1/Tasa%20de%20cambio%20del%20peso%20colombiano/Tasa%20de%20Representativa%20del%20Mercado%20%28TCRM%29>
- [34] Ko, M. J., & Lim, C. Y. (2021). General considerations for sample size estimation in animal study. *Korean Journal of Anesthesiology*, 74(1), 23-29. <https://doi.org/10.4097/kja.20662>
- [35] Rost, D. H. (1991). Effect strength vs. statistical significance: a warning against the danger of small samples: a comment on Gefferth and Herskovits's article "Leisure activities as predictors of giftedness". *European Journal of High Ability*, 2(2), 236-243. <https://doi.org/10.1080/0937445910020212>
- [36] Johnston, M. G., & Faulkner, C. (2021). A bootstrap approach is a superior statistical method for the comparison of non-normal data with differing variances. *The New Phytologist*, 230(1), 23-26. <https://www.jstor.org/stable/27001227>
- [37] Rodríguez-Castillo, J., Moreno-Medina, S., Hernández-Hernández, J., Robles-Robles, M., Rodríguez-Castañeda, E. (2017). El indicador CASI en la rentabilidad ovina. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 41,764-777. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14153918010>
- [38] Lins Lima, N.L., de Freitas Ribeiro, C.R., Menezes de Sá, H.C., Leopoldino Júnior, I., Lima Cavalcanti, L.F. Valadares Santana, R.A., Furusho-Garcia, I.F., Garcia Pereira, I. (2017). Economic analysis, performance, and feed efficiency in feedlot lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*.46(10). <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001000005>
- [39] Paternina-Acosta, C., Ruiz-Meza, J., & Hernández-Mendo, O.H. (2021). Análisis y reducción de costos alimenticios asociados a la producción láctea de un sistema bovino semiespecializado, mediante el uso de la metodología AHP. *Revista CTA Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1699
- [40] Baracaldo-Martínez, R. A., Torres-Cruz, M. Z., & Grajales-Lombana, H. A. (2022). Estructura poblacional e indicadores de desempeño en sistemas de producción de ovinos en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 27(s). https://www.researchgate.net/publication/363508700_Estructura_poblacional_e_indicadores_de_desempeno_en_sistemas_de_produccion_de_ovinos_en_Colombia
- [41] Suárez-Paternina, E. A.; Maza-Angulo, L. A.; Barragán-Hernández, W.; Patiño-Pardo, R.; Bustamante-Yañez, M. de J. & Vergara-Garay, O. (2018). Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz molido sobre el consumo y el desempeño productivo de ovinos de pelo colombiano. *Revista MVZ Córdoba*, 23. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262020000200024
- [42] Torres-Acosta, F., Sandoval-Castro, C.A., González-Pech, P.G., Mancilla-Montelongo G., Ortega, A., Aguilar-Caballero, A., Santos-Ricalde, R., Sarmiento-Franco, L.A., Ramos-Bruno, E., Torres-Fajardo, R.A., Méndez, A. (2021). Interacción entre la nutrición y los nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes pastoreando la selva baja caducifolia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24,1-18.
- [43] Suárez-Paternina, E. A., Maza-Angulo, L. A., & Bustamante-Yañez, M. (2017). Suplementación energético-proteica sobre el desempeño productivo y características fisicoquímicas de la carne de ovinos criollos (*Ovis aries*) en pastoreo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30, 182.