

# Ovinos OPC alimentados con ensilado de *Pennisetum purpureum* suplementados con afrecho de yuca

OPC sheep feed with *Pennisetum purpureum* silage and supplemented with cassava bran

Gastón Castaño Jiménez<sup>1\*</sup> ; Mateo Loaiza Rios<sup>1</sup> .

<sup>1</sup>Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal-Unisarc, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en Nutrición Animal-GINA, Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia.

\*Correspondencia: [gaston.castano@unisarc.edu.co](mailto:gaston.castano@unisarc.edu.co)

Recepción: 18 mayo 2023 | Aprobación: 18 Junio 2023 | Publicación: 1 agosto 2023

## RESUMEN

El uso de subproductos agroindustriales con elevado contenido de almidón, como el afrecho de yuca, es una alternativa para mejorar la calidad de la dieta en ovinos. El objetivo de este estudio fue determinar el consumo, la digestibilidad de nutrientes y la conducta de ingestión de ovinos de pelo criollos colombiano que consumen ensilado de *Pennisetum purpureum* y diferentes niveles de afrecho de yuca. El experimento tuvo una duración de 112 d, divididos en cuatro periodos de 28 d. Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de afrecho de yuca suministrados a ovejas que consumían ensilado de *P. purpureum*: un control donde se suministró ensilado a voluntad, y otros tres a los que adicionalmente se les ofertaron 100, 200 ó 300 g d<sup>-1</sup> de afrecho de yuca. Se emplearon cuatro ovejas de pelo criollo colombiano que fueron asignadas a los tratamientos según un diseño experimental cuadrado latino 4x4x4. El afrecho de yuca afectó el consumo de materia seca, lignina, carbohidratos no fibrosos y materia orgánica (p<0.01); además, la digestibilidad de la materia orgánica (p=0.0443). No se presentó efecto de la inclusión de afrecho de yuca sobre la conducta de ingestión, glucosa en sangre y el peso vivo (p>0.05). Los resultados sugieren que la adición de afrecho de yuca hasta 300 g d<sup>-1</sup> es una alternativa de alimentación para ovejas, ya que aumenta la ingestión de nutrientes, sin afectar la digestibilidad de la dieta, ni el hábito de consumo.

**Palabras clave:** Alimentación de rumiantes; comportamiento alimenticio; consumo de nutrientes; digestibilidad; pasto elefante; subproductos agroindustriales (*CABI Thesaurus*).

## ABSTRACT

The use of agro-industrial by-products with a high starch content, such as cassava bran, is an alternative to improve the quality of the diet in sheep. The aim of this work was to determine consumption, digestibility of nutrients and ingestion behavior of Colombian woolless sheep that consume *Pennisetum purpureum* silage and different levels of cassava bran. The experiment lasted 112 d, divided into four periods of 28 d. The treatments consisted of four levels of cassava bran supplied to sheep that consumed *P. purpureum* silage: a control where silage was supplied *ad libitum*, and another three that were additionally offered 100, 200 or 300 g d<sup>-1</sup> of cassava bran. Four Colombian Creole Hair ewes were assigned to the treatments according to a 4x4x4 latin square experimental design. Cassava bran affected the intake of dry matter, lignin, non-fibrous carbohydrates, and organic matter (p<0.01); in addition, the digestibility of organic matter (p=0.0443). There was no effect of the inclusion of cassava bran on eating behavior, blood glucose and live weight (p>0.05). These

### Como citar (Vancouver).

Castaño-Jiménez G, Loaiza-Rios M. Ovinos OPC alimentados con ensilado de *Pennisetum purpureum* suplementados con afrecho de yuca. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2023; 15(2):e990. <https://doi.org/10.24188/recia.v15.n2.2023.990>

results suggest that the addition of cassava bran up to 300 g d<sup>-1</sup> is a feeding alternative for sheep, since it increases the nutrient intake, without affecting the digestibility of the diet or the consumption behavior.

**Keywords:** Agroindustrial byproducts; digestibility; elephant grass; feeding behavior; nutrient intake; ruminant feeding (*CABI Thesaurus*)

## INTRODUCCIÓN

La producción ovina en Colombia es principalmente de tipo extensivo (1) y se caracteriza por requerir pocos insumos y tener un bajo nivel tecnológico (2). La base genética está constituida por animales criollos de lana y de pelo, con ascendencia europea y africana, respectivamente (1). Los ovinos de pelo criollos colombiano (OPC) se adaptan bien al trópico bajo de Colombia y proveen seguridad alimentaria a los campesinos (3) gracias a sus características de rusticidad, prolificidad y resistencia (1). Los parámetros productivos de los OPC son bajos (4) y es necesario mejorar su productividad (2) a través de estrategias de alimentación (4) que involucren recursos disponibles (2).

La base de la alimentación del ganado se basa en gramíneas (5). El pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) produce gran cantidad de forraje de alta calidad (6) y se adapta muy bien a la zona tropical, pero su gran porcentaje de pared celular puede afectar el consumo y la digestibilidad (7). La elaboración de ensilajes permite contrarrestar las dificultades asociadas a las variaciones en disponibilidad y composición de las gramíneas según la época del año; además, permite mayor aprovechamiento de los recursos locales y disminuye los costos de producción (5).

Una alternativa para mejorar la calidad de la dieta, es suplementar con subproductos agroindustriales para consumo humano (6). El afrecho de yuca (AY) es un subproducto que se obtiene de la extracción del almidón de la yuca (*Manihot sculenta* Crantz) (8) y se emplea en la producción animal (9) debido a su elevado contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF; 781,7 g kg<sup>-1</sup>) (8).

La suplementación con CNF (especialmente almidón) en la dieta de los rumiantes se utiliza para alcanzar los requerimientos energéticos (10). El objetivo de este estudio fue determinar el consumo, la digestibilidad de nutrientes y la conducta de ingestión de ovinos OPC que consumen ensilado de *P. purpureum* y diferentes niveles de AY.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** Los procesos que involucran animales fueron aprobados por el Comité de Bioética de la Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc, Acta 2 de 2014). El estudio se realizó en la granja experimental de Unisarc, localizada en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda, Colombia), a los 4°58'82" N y 75°37'43" O, a 1645 msnm, una temperatura media de 18.6°C y una precipitación media anual de 2620 mm.

**Duración y Tratamientos.** El experimento tuvo una duración de 112 d, divididos en cuatro periodos de 28 d (20 d de acostumbamiento a las dietas experimentales y 8 d para la recolección de muestras). Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de AY en la dieta de ovejas de la raza OPC que consumían ensilado de *P. purpureum*: un control (C) donde los animales recibieron solamente ensilado de *P. purpureum* a voluntad; y otros tres a los que adicionalmente, se les suministró ya sea 100, 200 ó 300 g d<sup>-1</sup> de AY para los tratamientos T100, T200 y T300, respectivamente. El AY se repartió en dos dosis (08:00 y 15:00 h). La composición química del ensilado y del AY empleados en el experimento se pueden apreciar en la Tabla 1.

**Animales y Manejo.** Se utilizaron cuatro hembras ovinas de la raza OPC con dos partos, en gestación, secas y con un peso de 29.1±7.3 kg (media±DE), que fueron asignadas a los tratamientos según un diseño experimental cuadrado latino 4 x 4 x 4 (ovejas x periodos x tratamientos). Las ovejas fueron alojadas en corrales individuales (1.45 x 3.94 m), permanecieron con ensilado y agua a voluntad. El ensilado se repartió en 4 dosis d<sup>-1</sup> (07:00, 10:00, 13:00 y 16:00 h) y para garantizar el consumo a voluntad se suministró la cantidad correspondiente al consumo del día inmediatamente anterior más un 10% (12). Las ovejas recibieron 8 g d<sup>-1</sup> de sal mineralizada (Somex® 4%) que se repartieron en 2 dosis (10:00 y 16:00 h) y cada dosis se mezcló con el ensilado. Se suministró 1 g d<sup>-1</sup> de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como marcador externo para calcular la producción de heces ajustando lo descrito por Karthik (13): el marcador se repartió en 2 dosis (8:00 y 15:00 h) y se mezcló con la AY para los tratamientos T100, T200 y T300, mientras que para el tratamiento control la dosis de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> fue envuelta en una servilleta de papel y se obligó el consumo de la misma.

**Tabla 1.** Composición química del ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) y del afrecho de yuca empleados en el experimento.

Fración	Ensilado de <i>P. purpureum</i>	Afrecho de Yuca
Materia seca, g kg <sup>-1</sup>	189.6	871.1
Proteína cruda, g kg <sup>-1</sup> MS	97.5	20.1
Fibra detergente neutro <sup>1</sup> , g kg <sup>-1</sup> MS	583.4	258.9
Fibra detergente ácido <sup>1</sup> , g kg <sup>-1</sup> MS	416.5	233.4
Lignina, g kg <sup>-1</sup> MS	45.7	77.4
Carbohidratos no fibrosos <sup>1</sup> , g kg <sup>-1</sup> MS	135.0	665.6
Extracto etéreo, g kg <sup>-1</sup> MS	24.4	3.7
Cenizas, g kg <sup>-1</sup> MS	159.8	51.8
TND <sup>2</sup> , g kg <sup>-1</sup> MS	492.1	679.9
pH	3.8	-

<sup>1</sup> Corregidos por NRC (11).<sup>2</sup> Total Nutrientes Digestibles a 1X el consumo de mantenimiento según NRC (11).

Se elaboraron ensilado de *P. purpureum* (con una edad rebrote de 45 d y previo a su inflorescencia) en recipiente plástico (205 L). Para la elaboración de los silos se picó el forraje (2.5 cm) con una picapasto (Trapp® TRF-300), se depositó el 20% del material a ensilar (aproximadamente 23 kg), se pisó para eliminar el aire y se le adicionó el aditivo (aproximadamente 500 mL de solución de melaza en agua 50% -p/v-); este proceso se repitió 5 veces hasta completar el ensilado, momento en el cual se cubrió con plástico y sobre el cual se depositó suficiente arena para permitir el cierre de la tapa y evitar cámaras de aire en el silo. Las canecas con el ensilado permanecieron a exposición de sol y agua hasta que fueron suministrados a los animales.

**Mediciones.** Se pesaron los animales (día 28 de cada periodo) antes de recibir el alimento (06:00 h). En el día 23 de cada periodo, se determinó el tiempo dedicado a la rumia, al consumo y a la inactividad masticatoria durante el día (6:00 y 18:00 h) (14). Para tal efecto, se realizó observación directa la conducta de los animales y se cuantificó a través de cronómetro el tiempo dedicado a cada actividad a intervalos de 2 h.

**Recolección de muestras.** Los días 20, 22, 24 y 26 de cada periodo e inmediatamente después de pesar el ensilado del día (7:00 h) se recolectaron muestras del forraje (aproximadamente 300 g). Las muestras fueron empacadas al vacío en bolsa plástica y conservadas a -20°C. Posteriormente, se deshidrataron en horno de aire forzado (60°C/48 h), molidas a través de un molino Udy® con criba de 1 mm, mezcladas homogéneamente para formar una muestra compuesta que fue almacenada para su posterior análisis químico. Una alícuota (4 g) de ensilado se homogenizó en una licuadora (3 min) con H<sub>2</sub>O d (90 mL), se filtró a través de 2 capas de gasa y se determinó inmediatamente el pH (15) con un potenciómetro (Consort® C931). Se recolectó el desperdicio de ensilado entre el día 21 y 28, se empacó en bolsas plásticas y se conservó a -20°C hasta ser pesado y enviado al laboratorio para determinar la materia seca.

Se colectaron muestras de AY (aproximadamente 200 g) en los días 20, 22, 24 y 26 de cada periodo, se molieron utilizando un molino Udy® con criba de 1 mm y se mezclaron homogéneamente para formar una muestra compuesta. Se recolectó el desperdicio de AY entre el día 21 y 28, se empacó en bolsas plásticas y se conservó a -20°C hasta ser pesado y enviado al laboratorio para determinar la MS.

Se recolectaron dos muestras diarias (08:00 y 15:00 h) de heces entre los días 22 y 27 (16). Las muestras se empacaron en bolsas plásticas y se conservaron a -20°C, posteriormente fueron secadas en horno de aire forzado (60°C/48 h), molidas utilizando un molino Udy® con criba de 1 mm y mezcladas homogéneamente para formar una muestra compuesta de heces por animal.

Se colectaron muestras de sangre proveniente de la vena coxígea a las 16:00 h del día 28 de cada periodo. Una alícuota (5 mL) fue empleada para cuantificar inmediatamente la concentración de glucosa a través de glucómetro.

**Análisis químicos.** Al ensilado, al AY y a las heces se les determinó materia seca (MS), cenizas, proteína cruda (PC) (17), FDN, FDA, lignina (18), carbohidratos no estructurales (CNE) (estimación según 11), extracto etéreo (EE) (17). La materia orgánica (MO) se estimó con la diferencia entre la MS y las cenizas (19). A las heces también se les cuantificó Cr por absorción atómica (20) con un espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu® modelo AA7000.

**Cálculos.** Para determinar el consumo de forraje se utilizó método de oferta y rechazo de MS (12). La producción de heces (g/d) se determinó ajustando lo propuesto por Karthik et al (13) teniendo en cuenta la tasa de recuperación de Cr reportada por Correa et al (21); donde:  $y_{ij(k)}$  es la producción de heces (g MS/d);  $D$  es la dosis del marcador externo (g de Cr  $d^{-1}$ );  $C$  es la concentración del marcador externo en las heces (g de Cr  $g^{-1}$  MS de heces);  $R$  es la tasa de recuperación del Cr (0.794)(21). La concentración de Cr en el  $Cr_2O_3$  fue 50.9 % en base húmeda.

**Digestibilidad aparente.** La digestibilidad aparente se determinó ajustando según lo descrito por Gemechu et al (6):  $DA = 1 - [(CN - EN) \times CN^{-1}]$ ; donde, DA es el coeficiente de digestibilidad aparente para cada fracción ( $g\ kg^{-1}$ ), CN y EN son el consumo y la excreción de nutrientes, respectivamente (g). Los consumos y las excreciones de nutrientes se estimaron multiplicando el consumo de MS y la excreción de MS por la concentración del nutriente en el alimento y en las heces, respectivamente.

**Análisis estadístico.** Los datos se analizaron estadísticamente como un diseño cuadrado latino  $4 \times 4 \times 4$  de acuerdo con el siguiente modelo:  $y_{ij(k)} = \mu + \gamma_i + \lambda_j + \tau_{(k)} + \varepsilon_{ij(k)}$ , donde  $y_{ij(k)}$  es la observación,  $\mu$  es la media general,  $\gamma_i$  es el efecto de la oveja,  $\lambda_j$  es el efecto del periodo,  $\tau_{(k)}$  el efecto fijo del tratamiento y  $\varepsilon_{ij(k)}$  el error aleatorio con media 0 y varianza  $\sigma^2$ . Cuando se presentó efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre alguna de las variables respuesta los modelos resultaron estadísticamente significativos, entonces se procedió con un análisis de comparación de medias a través de la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ). Para el análisis de los resultados se utilizó el programa Statistix versión 8.0 (Copyright© 1985-2003 Analytical Software).

## RESULTADOS

El suministro de AY no afectó el consumo total de alimento en base húmeda, ni de forraje (en base húmeda y seca) ( $p > 0.05$ ). El suministro de AY tuvo un efecto sobre el consumo de MS total ( $p = 0.0050$ ), relativo al PV ( $p = 0.0113$ ) y al peso metabólico ( $PV^{0.75}$ ;  $p = 0.0113$ ). Cuando las ovejas consumieron AY se incrementó el consumo de MS (total, relativo al PV y al peso metabólico) con relación al control (Tukey,  $p < 0.05$ ); no se encontraron diferencias en el consumo de MS de la dieta al comparar los diferentes niveles inclusión de AY (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto de suministrar diferentes niveles de afrecho de yuca (AY) a ovejas de la raza OPC que consumen ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) sobre el consumo de alimento

Ítem	Nivel de AY, $g\ d^{-1}$				CV <sup>1</sup>	ESM <sup>2</sup>	RC <sup>3</sup>	p-value <sup>4</sup>
	0	100	200	300				
<b>Ensilado</b>								
<i>Base húmeda</i>								
$g\ d^{-1}$	5045	5491	5173	4929	6.5	167	0.98	0.2004
$g\ kg^{-1}\ PV^{-1}$	162.7	181.9	168.1	160.6	7.2	6.0	0.89	0.1543
<i>Materia seca</i>								
$g\ d^{-1}$	966	1019	972	931	5.6	27	0.98	0.2517
$g\ kg^{-1}\ PV^{-1}$	30.6	34.4	31.7	30.2	7.3	1.2	0.86	0.1440
$g\ kg^{-1}\ [PV^{0.75}]^{-1}$	72.2	79.8	74.4	70.8	6.4	2.4	0.90	0.1315
<b>Ensilado+AY</b>								
<i>Base húmeda</i>								
$g\ d^{-1}$	5045	5591	5373	5229	6.3	167	0.98	0.2290
$kg^{-1}\ PV^{-1}$	162.7	185.4	174.8	170.6	7.0	6.0	0.89	0.1627
<i>Materia seca</i>								
$g\ d^{-1}$	966 <sup>b</sup>	1106 <sup>a</sup>	1146 <sup>a</sup>	1192 <sup>a</sup>	4.9	27	0.98	0.0050
$kg^{-1}\ PV^{-1}$	30.6 <sup>b</sup>	37.4 <sup>a</sup>	37.6 <sup>a</sup>	38.9 <sup>a</sup>	6.8	1.2	0.91	0.0113
$g\ kg^{-1}\ [PV^{0.75}]^{-1}$	72.2 <sup>b</sup>	86.8 <sup>a</sup>	88.1 <sup>a</sup>	91.2 <sup>a</sup>	6.0	2.5	0.93	0.0072

<sup>1</sup>Coefficiente de variación. <sup>2</sup>Error estándar de la media. <sup>3</sup>R-cuadrado.

<sup>4</sup>Promedios con superíndices con letras diferentes representan diferencias según la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ).

El AY afectó el consumo total de lignina ( $p = 0.0009$ ), CNE ( $p < 0.0001$ ) y MO ( $p = 0.0026$ ), pero no el de otras fracciones del alimento (PC, FDN, FDA y EE;  $p > 0.05$ ). El consumo diario de lignina fue menor cuando los animales recibieron el tratamiento control, el de las ovejas del T300 fue mayor en comparación a T100 (Tukey,  $p < 0.05$ ) pero no frente a T200. El consumo de CNF incrementó de manera lineal con el nivel de AY (Tukey,  $p < 0.05$ ). Cuando las ovejas consumieron AY se incrementó el consumo de MO con relación al control (Tukey,  $p < 0.05$ ), pero no se encontraron diferencias al comparar los diferentes niveles inclusión de AY (Tabla 3).

**Tabla 3.** Efecto de suministrar diferentes niveles de afrecho de yuca (AY) a ovejas de la raza OPC que consumen ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) sobre el consumo de diferentes fracciones del alimento

Ítem	Nivel de AY, g d <sup>-1</sup>				CV <sup>3</sup>	ESM <sup>4</sup>	RC <sup>5</sup>	p-value <sup>6</sup>
	0	100	200	300				
<b>Proteína cruda</b>								
Ensilado, g d <sup>-1</sup>	89	104	93	91	10.9	5	0.97	0.2415
Ensilado+AY, g d <sup>-1</sup>	89	106	96	96	10.6	5	0.97	0.2280
<b>FDN</b>								
<i>Ensilado</i>								
g d <sup>-1</sup>	557	589	575	540	6.9	19	0.97	0.3803
g (kg PV) <sup>-1</sup>	17.8	20.0	18.6	17.6	7.3	0.7	0.88	0.1522
g kg <sup>-1</sup> [PV <sup>0.75</sup> ] <sup>-1</sup>	41.9	46.3	43.6	41.3	6.8	1.5	0.90	0.1734
<i>Ensilado+AY</i>								
g d <sup>-1</sup>	557	612	620	607	6.7	20	0.97	0.2168
g kg <sup>-1</sup> PV <sup>-1</sup>	17.8	20.8	20.1	20.0	7.4	0.7	0.88	0.1090
g kg <sup>-1</sup> [PV <sup>0.75</sup> ] <sup>-1</sup>	41.9	48.1	47.1	46.6	6.8	1.6	0.90	0.1116
<b>FDA</b>								
<i>Ensilado</i>								
g d <sup>-1</sup>	406	430	414	399	5.5	11	0.98	0.3464
g kg <sup>-1</sup> PV <sup>-1</sup>	13.0	14.6	13.5	12.8	7.3	0.5	0.72	0.1410
g kg <sup>-1</sup> [PV <sup>0.75</sup> ] <sup>-1</sup>	30.6	33.9	31.6	30.2	6.6	1.0	0.81	0.1542
<i>Ensilado+AY</i>								
g d <sup>-1</sup>	406	452	458	465	5.6	13	0.98	0.0563
g kg <sup>-1</sup> PV <sup>-1</sup>	13.0	15.4	14.9	15.0	7.9	0.6	0.75	0.0871
g kg <sup>-1</sup> [PV <sup>0.75</sup> ] <sup>-1</sup>	30.6	35.6	35.0	35.3	7.0	1.2	0.81	0.0732
<b>Lignina</b>								
Ensilado, g d <sup>-1</sup>	43.1	45.3	45.1	42.5	7.6	1.7	0.96	0.5914
Ensilado+AY, g d <sup>-1</sup>	43.1 <sup>c</sup>	52.0 <sup>b</sup>	58.6 <sup>ab</sup>	62.7 <sup>a</sup>	6.4	1.7	0.97	0.0009
<b>CNE<sup>1</sup></b>								
Ensilado, g d <sup>-1</sup>	120	119	110	110	8.5	4.9	0.98	0.3524
Ensilado+AY, g d <sup>-1</sup>	120 <sup>d</sup>	175 <sup>c</sup>	222 <sup>b</sup>	279 <sup>a</sup>	5.8	5.8	0.99	<0.0001
<b>Extracto etéreo</b>								
E Ensilado, g d <sup>-1</sup>	23.1	25.9	22.7	23.0	7.6	0.9	0.98	0.1346
Ensilado+AY, g d <sup>-1</sup>	23.1	26.2	23.3	24.0	7.4	0.9	0.98	0.1565
<b>Materia orgánica<sup>2</sup></b>								
Ensilado, g d <sup>-1</sup>	807	858	817	781	5.7	23	0.98	0.2313
Ensilado+AY, g d <sup>-1</sup>	807 <sup>b</sup>	941 <sup>a</sup>	983 <sup>a</sup>	1029 <sup>a</sup>	5.0	23	0.98	0.0026

<sup>1</sup>Carbohidratos no estructurales, estimación según NRC (11). <sup>2</sup>Materia orgánica, estimación: (10,19). <sup>3</sup>Coefficiente de variación.

<sup>4</sup>Error estándar de la media. <sup>5</sup>R-cuadrado.

<sup>6</sup>Promedios con superíndices con letras diferentes representan diferencias según la prueba Tukey (p<0.05).

Se presentó un efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la MO (p=0.0443); la cual fue mayor para el T300 en comparación con el control (Tukey p<0.05), pero no frente a los demás tratamientos. La digestibilidad de las demás fracciones del alimento no se afectó por la inclusión de AY (Tabla 4).

**Tabla 4.** Efecto de suministrar diferentes niveles de afrecho de yuca a ovejas de la raza OPC que consumen ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) sobre la digestibilidad de la dieta (g kg<sup>-1</sup>).

Fracción de alimento	Nivel de Afrecho de yuca, g d <sup>-1</sup>				CV <sup>1</sup>	ESM <sup>2</sup>	RC <sup>3</sup>	p-value <sup>5</sup>
	0	100	200	300				
<b>Materia seca</b>	511.8	565.9	577.5	592.2	5.9	1.6	0.88	0.0549
<b>Proteína cruda</b>	585.0	608.8	593.8	547.9	7.5	2.1	0.85	0.3296
<b>FDN</b>	478.9	510.1	497.0	498.0	9.1	2.3	0.57	0.8081
<b>FDA</b>	467.7	504.1	480.5	503.2	7.3	1.8	0.83	0.4561
<b>Hemicelulosa</b>	484.6	502.0	488.6	464.4	23.3	5.6	0.78	0.9706
<b>Celulosa</b>	523.2	571.1	450.0	582.0	7.3	2.0	0.83	0.2775
<b>EE</b>	698.0	751.3	736.0	728.9	5.7	2.1	0.81	0.3945
<b>CNE<sup>1</sup></b>	746.4	816.5	839.5	859.8	6.2	2.5	0.84	0.0772
<b>MO<sup>2</sup></b>	547.6 <sup>b</sup>	597.4 <sup>ab</sup>	604.2 <sup>ab</sup>	616.9 <sup>a</sup>	4.6	1.3	0.88	0.0443

<sup>1</sup>Carbohidratos no estructurales, estimación según NRC (11). <sup>2</sup>Materia orgánica, estimación: (19). <sup>3</sup>Coefficiente de variación.

<sup>4</sup>Error estándar de la media. <sup>5</sup>R-cuadrado. <sup>6</sup>Promedios con superíndices con letras diferentes representan diferencias según la prueba Tukey (p<0.05).

No se presentó efecto la inclusión de AY sobre las diferentes actividades masticatorias diurnas (consumo, rumia e inactividad), ni en el ciclo de la rumia (duración y número de masticaciones ( $p>0.05$ ; Tabla 5).

**Tabla 5.** Efecto de suministrar diferentes niveles de afrecho de yuca a ovejas de la raza OPC que consumen ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) sobre conducta masticatoria diurna.

Ítem	Nivel de Afrecho de yuca, g d <sup>-1</sup>				CV <sup>1</sup>	ESM <sup>2</sup>	RC <sup>3</sup>	p-value <sup>4</sup>
	0	100	200	300				
<b>Actividad, min</b>								
Consumo	140	171	158	168	26.8	21	0.63	0.7477
Rumia	113	138	130	126	17.2	11	0.89	0.4224
Inactividad	467	411	432	427	13.1	28	0.78	0.5841
<b>Ciclo de rumia</b>								
Duración, seg	38	35	35	36	15.6	3	0.70	0.8257
Masticaciones, n	47	45	48	49	14.1	3	0.77	0.9087

<sup>1</sup>Coefficiente de variación. <sup>2</sup>Error estándar de la media. <sup>3</sup>R-cuadrado. <sup>4</sup>Promedios con superíndices con letras diferentes representan diferencias según la prueba Tukey ( $p<0.05$ ). No se presentó efecto de la inclusión de AY sobre la glucosa en sangre y el peso vivo ( $p>0.05$ ; Tabla 6).

**Tabla 6.** Efecto de suministrar diferentes niveles de afrecho de yuca a ovejas de la raza OPC que consumen ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) sobre glucosa en sangre y el peso vivo.

Ítem	Nivel de Afrecho de yuca, g d <sup>-1</sup>				CV <sup>1</sup>	ESM <sup>2</sup>	RC <sup>3</sup>	p-value <sup>4</sup>
	0	100	200	300				
Glucosa sangre, mg dl	50.7	71.6	59.0	70.8	14.9	4.7	0.82	0.0540
Peso, kg	31.1	29.6	30.6	31.4	5.0	0.8	0.98	0.4415

<sup>1</sup>Coefficiente de variación. <sup>2</sup>Error estándar de la media. <sup>3</sup>R-cuadrado.

<sup>4</sup>Promedios con superíndices con letras diferentes representan diferencias según la prueba Tukey ( $p<0.05$ ).

## DISCUSIÓN

El inadecuado manejo nutricional es un factor que limita el desempeño productivo en los países en desarrollo (9). Es necesario mejorar la productividad de los OPC (2) a través de estrategias de alimentación (4) que involucren recursos disponibles (2) como el AY (9). El AY es un subproducto agroindustrial (8) que contiene elevada concentración de CNF (8) y ayuda a alcanzar los requerimientos energéticos (10). Este estudio pretendía documentar el efecto de incluir varios niveles de AY en la dieta de ovinos OPC que consumen ensilado de *P. purpureum* esperando que mejorara la digestibilidad y el consumo de nutrientes, sin afectar la conducta de ingestión. Se encontró que los niveles de AY empleados en esta investigación no afectaron el consumo de forraje, ni la conducta de ingestión, pero incrementó el consumo de CNF y la digestibilidad de la MO; todo lo cual es benéfico para el sistema de producción de OPC, ya que al mejorar el desempeño productivo de los animales.

El *P. purpureum* puede proveer una importante cantidad de forraje de elevada calidad en los sistemas de producción con prácticas de manejo adecuadas (6), pero su contenido de pared celular puede afectar el consumo y la digestibilidad (7). La concentración de PC (97.5 g kg<sup>-1</sup> MS) de *P. purpureum* empleado en este estudio es similar a lo reportado en la literatura (87.5 g kg<sup>-1</sup> MS, 6) (94.4-107.3 g kg<sup>-1</sup> MS, 7), pero la de FDN (583.4 g kg<sup>-1</sup> MS) fue menor (721.4 g kg<sup>-1</sup> MS, 6) (701.6-731.1 g kg<sup>-1</sup> MS, 7). Estas diferencias pueden ser explicadas por factores como el clima, el suelo, las prácticas agrícolas y el fenotipo (22). La fibra se asocia a la edad de corte (7) y la concentración de FDN en el pasto empleado en este estudio se encuentra dentro del rango de un alimento de calidad moderada (450-650 g kg<sup>-1</sup> MS, 22), lo cual sugiere que el pasto empleado en esta investigación no se cosechó una edad avanzada.

El AY tiene baja concentración de proteína (8), pero es una buena fuente de energía debido al contenido de CNF (9). El contenido de PC del AY empleado en este estudio (20.1 g kg<sup>-1</sup> MS) concuerda con lo reportado por algunos autores (24 g kg<sup>-1</sup> MS, 23), pero es ligeramente inferior a lo reportado por otros (60.6 g kg<sup>-1</sup> MS, 8). La concentración de CNF (665.5 g kg<sup>-1</sup> MS) es inferior a lo reportado en la literatura (898.7 g kg<sup>-1</sup> MS, 8) (924 g kg<sup>-1</sup> MS, 23). Estas diferencias pueden ser atribuidas al proceso de extracción del almidón de yuca y los valores confirman que el AY es una fuente importante de CNF.

La inclusión de AY provocó un incremento en el consumo de MS, sin afectar el consumo de forraje. La inclusión CNF en la dieta puede disminuir la degradación de la fracción fibrosa de la dieta y disminuir el consumo de MS (10), lo cual no fue el caso para este estudio. Además, no se generó efecto de sustitución por parte del AY. El consumo de MS relativo al peso vivo (30.6-38.9 g kg<sup>-1</sup> PV) estuvo dentro del rango reportado en dietas para ovejas (31.1-38.9 g kg<sup>-1</sup> PV, 12) (3.35-4.25 g kg<sup>-1</sup> PV, 13). Un consumo de MS de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup> PV se considera apropiado para ovinos (12).

Los consumos relativos al peso del control (30.6 g kg<sup>-1</sup> PV y 72.2 g kg<sup>-1</sup> PV<sup>0.75</sup>) fueron similares a los reportados por Carvalho et al (23) cuando suministraron ensilado de *P. purpureum* (33.1 g k<sup>-1</sup> PV y 72.2 g kg<sup>-1</sup> PV<sup>0.75</sup>). Las ovejas son sensibles a los sabores (14) y los ensilados con pH inferior a 4.2 se asocian con adecuada producción de ácido láctico y buen consumo por parte de los animales (5), lo cual indica que el proceso de ensilado fue adecuado y no afectó el consumo de forraje.

Similar a este estudio, Carvalho et al (23) encontraron un incremento en el consumo relativo de MS al suministrar ensilado mixto de *P. purpureum* y AY (15% de AY). El aumento en el consumo de MS se asocia al incremento en el consumo de almidón que estimula el crecimiento microbiano en el rumen(10), aunque en esta investigación no se incrementó el consumo de forraje. El aumento en el consumo de MS también se puede explicar por el tamaño partícula y la degradación del AY en el rumen, pues un menor tamaño de partícula y mayor degradación aumenta la tasa de pasaje.

No se encontraron diferencias en el consumo de MS entre los tratamientos que recibieron AY. Los consumos relativos al peso reportados por de Carvalho et al (23) al incluir el AY en la dieta (38.5 g k<sup>-1</sup> PV y 86.9 g kg<sup>-1</sup> PV<sup>0.75</sup>) son similares a los encontrados en este estudio cuando se suministró AY (37.4-38.9 g k<sup>-1</sup> PV y 86.8-91.2 g kg<sup>-1</sup> PV<sup>0.75</sup>). La inclusión AY que realizaron Carvalho et al (78 g kg<sup>-1</sup> MS, 23) fue similar a la del T100 (78.7 g kg<sup>-1</sup> MS), pero inferior al de T200 (151.8 g kg<sup>-1</sup> MS) y T300 (219.0 g kg<sup>-1</sup> MS). Estos resultados sugieren que inclusiones de AY de 78 g kg<sup>-1</sup> MS son suficientes para incrementar el consumo de MS; sin embargo, inclusiones mayores no aumentan el consumo (tampoco lo disminuyen).

Sikiru et al (9) suplementaron con AY y desechos del procesamiento del pescado a ovejas que consumían cáscara de yuca y encontraron que la suplementación incrementó el peso vivo. El consumo de AY con relación al peso vivo reportado por estos autores (9 y 15 g kg<sup>-1</sup> PV) fue mayor al encontrado en el presente estudio (3.0, 6.9 y 8.7 g kg<sup>-1</sup> PV para los tratamientos T100, T200 y T300, respectivamente). Esto muestra el potencial de inclusión que tiene el AY en ovinos.

Se presentó una tendencia (p=0.0549) del efecto del suministro de AY sobre la digestibilidad de la MS, dicha tendencia mostró un incremento lineal con la inclusión de AY. La digestibilidad aparente de la MS (511.8-592.2 g kg<sup>-1</sup>) fue similar a lo reportado por algunos autores en dietas para ovinos (545-586 g kg<sup>-1</sup>, 19) (600 g kg<sup>-1</sup>, 24), pero menor a lo reportado por otros (747-759 g kg<sup>-1</sup>, 10) (617.0-657.8 g kg<sup>-1</sup>, 12) (640.4-711.4 g kg<sup>-1</sup>, 25). Estas diferencias se asocian a la calidad de la dieta. La baja concentración de PC de las dietas experimentales frente a las reportadas en otros estudios (130-172 g kg<sup>-1</sup> MS) (10,12,25) puede explicar la baja digestibilidad de la MS. La proteína es una fuente de N para los microorganismos del rumen y afecta su crecimiento; de tal manera, un bajo suministro de proteína limita la población microbiana y la digestibilidad de la dieta (25). El nivel de PC en esta investigación cumple con los requerimientos para mantenimiento (mínimo el 80 g kg<sup>-1</sup> MS) (26). Sería importante evaluar la suplementación de AY mezclado con una fuente de proteína, que podría tener un efecto aditivo y benéfico sobre la digestibilidad.

La inclusión de AY afectó la digestibilidad de la MO, pero no afectó la de otras fracciones del alimento (PC, EE, CNE, FDN, FDA, hemicelulosa y celulosa). Un incremento en el consumo de CNF limita las bacterias celulíticas y reduce la digestibilidad de la fibra(10), lo cual no fue el caso para este estudio.

La digestibilidad aparente de la MO (547.6-616.9 g kg<sup>-1</sup>) es similar a lo reportado en algunos estudios (545-586 g kg<sup>-1</sup>, 19) (586.8-629.0 g kg<sup>-1</sup>, 12) pero menor a otros (754-767 g kg<sup>-1</sup>, 10) (669.1-733.6 g kg<sup>-1</sup>, 25). La digestibilidad de la MO se correlaciona con la digestibilidad de la MS (25). En este sentido, la menor digestibilidad de la MO frente a otras investigaciones también puede estar relacionada con la baja concentración de PC de las dietas experimentales como se explicó anteriormente.

La digestibilidad aparente de los CNF (746.4-859.8 g kg<sup>-1</sup>) es similar a lo reportado en dietas para ovinos (853.8-879.2 g kg<sup>-1</sup>, 12). Un incremento del consumo de CNF y una ausencia de efecto sobre la digestibilidad de esta fracción, indican mejoramiento en la densidad energética de dieta con la adición de AY.

Un aumento en el consumo de CNF puede disminuir el tiempo de rumia, lo cual se asocia con acidosis ruminal. Los resultados de este estudio indican que la inclusión de AY hasta 219.0 g kg<sup>-1</sup> MS no afecta el tiempo dedicado a la rumia, lo cual es benéfico para el animal.

La inactividad masticatoria fue la principal conducta diurna, las ovejas permanecieron el 57-65% del día sin consumir, ni rumiar. Esto puede ser debido a que el ritmo circadiano regula el hábito de consumo. El tiempo dedicado a la inactividad masticatoria puede estar controlado por el miedo a la predación; durante el día, las ovejas permanecen en un comportamiento que mantiene buenos niveles de vigilancia (14).

El suministro de AY generó una tendencia a incrementar la concentración de glucosa en sangre. Esto puede ser debido al incremento del consumo de CNF, lo cual estimula producción de ácido propiónico en el rumen. El propiónico es el principal precursor de glucosa en rumiantes (24) y una mayor producción de glucosa, tiene impacto positivo sobre el desempeño de los animales.

La suplementación con CNF en rumiantes se emplea con el fin de alcanzar los requerimientos de energía para mantenimiento y producción (10). Estos resultados indican que el AY mejora la densidad energética de dieta y de almidón degradable en el rumen, sin afectar la digestibilidad, ni el comportamiento de consumo, lo cual es beneficioso para producción y el medio ambiente.

En conclusión, los resultados sugieren que la adición de AY hasta 300 g d<sup>-1</sup> es una alternativa de alimentación para ovejas, ya que aumenta la ingestión de nutrientes, sin afectar la digestibilidad de la dieta, ni el hábito de consumo.

### Agradecimientos

Al grupo de Investigación en Nutrición Animal de Unisarc por el apoyo en la recolección de los datos.

### REFERENCIAS

1. Ortiz Y, Martínez M, Kübler I, Ariza MF, Castro S, Infante J. Diversidad genética del Ovino Criollo de Pelo Colombiano mediante el uso del marcador molecular de tipo polimorfismos de nucleótido simple (SNP). Rev Investig Vet Perú. 2021; 32(1):e19487. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i1.19487>
2. Mestra LI, Santana MO, Rios DAL, Mejia LJ, Ortiz CR, Paternina SE. Caracterización de sistemas de alimentación de ovinos en el departamento de Córdoba, Colombia. Arch Zootec. 2020; 69(268):432–443. <https://doi.org/10.21071/az.v69i268.5391>
3. Flórez JM, Hernández M de J, Bustamante M de J, Vergara OD. Caracterización morfoestructural e índices zoométricos de hembras Ovino de Pelo Criollo Colombiano “OPC” Sudán. Rev MVZ Cordoba. 2020; 25(3):e1379. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1379>
4. Suárez E, Maza L, Aguayo L, Vergara O, Barragán W, Bustamante M. Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz en el desempeño productivo y calidad de la carne de ovinos. Rev UDCA Actual Divul Cient. 2020; 23(2) <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1604>
5. Quiñones JD, Cardona JL, Castro E. Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino. Revista de Investigaciones Altoandinas - J High Andean Res. 2020; 22(3):285–301. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.662>
6. Gemechu T, Girma M, Eshetu M. Carcass and non-carcass yield characteristics of horro sheep fed Elephant Grass (*Pennisetum purpureum*) ensiled with different proportion of Dolichos Lablab (*Lablab purpureus*). Asian J Sci Technol. 2021; 12(2):11553–11560.
7. Lista FN, Emerenciano JV, Almeida JC de C, Deminicis BB, Rocha DR da, Difante G dos S. Nutritive value and anatomical characterization from *Pennisetum purpureum* genotypes. Acta Sci Biol Sci. 2020; 42:e53064. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v42i1.53064>
8. Betancourt JA, Núñez LA, Castaño GA. Suministro de ensilaje de *Tithonia diversifolia* sólo o mezclado con afrecho de yuca en la dieta de pollos de engorde. Tropical Subtrop Agroecosys. 2017; 20(2):203–213.

9. Sikiru A, Yousuf M, Ademola SG. Growth performance, carcass characteristics and hematological parameters of West African Dwarf lambs fed cassava bran plus fish processing waste. *J Agroalimentary Processes Technol.* 2015; 21(2):156–161.
10. Mibach M, Demarco CF, Barbosa AA, Oliveira L de, Corrêa MN, Pino FAB del, et al. Sweet potato flour as a replacement for ground corn as an energetic concentrate. *Ciência Rural.* 2021; 51(10):e20200838. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200838>
11. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle [Internet]. 7th ed. Washington, D.C.: National Academies Press; 2001. <https://doi.org/10.17226/9825>
12. de Albuquerque Í, Garcia G, Vinhas T, Helder J, Germano R, Costa G, et al. Saline water intake effects performance, digestibility, nitrogen and water balance of feedlot lambs. *Anim Prod Sci.* 2020; 60(13):1591. <https://doi.org/10.1071/AN19224>
13. Karthik D, Suresh J, Reddy YR, Sharma GRK, Ramana J v., Gangaraju G, et al. Farming systems in sheep rearing: impact on growth and reproductive performance, nutrient digestibility, disease incidence and heat stress indices. *PLoS One.* 2021; 16(1):e0244922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244922>
14. Moyo M, Adebayo RA, Nsahlai IV. Effects of diet and roughage quality, and period of the day on diurnal feeding behaviour patterns of sheep and goats under subtropical conditions. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2019; 32(5):675–90. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0901>
15. Shi J, Diao Q, Li F. Effects of different bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole-plant corn silage. *African J Agricul Res.* 2012; 7(2):164–169. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1594>
16. da Silva LAS, Santos SA, de Carvalho GGP, Leite LC, dos Santos Pina D, de Oliveira Nascimento C, et al. Diurnal variations and time to reach steady state of external markers used to estimate fecal excretion in sheep. *Trop Anim Health Prod.* 2021; 53(6):539. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02976-w>
17. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg (Maryland): AOAC International; 2010.
18. van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 1991; 74(10):3583–3697. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
19. Mito MC, Ítavo LC v., Ferreira CCB, Dias AM, Petit H v., Reis FA, et al. Evaluation of internal and external markers to estimate faecal output and feed intake in sheep fed fresh forage. *Anim Prod Sci.* 2019; 59(4):741. <https://doi.org/10.1071/AN16567>
20. Williams CH, David DJ, Iismaa O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J Agric Sci.* 1962; 59(3):381–385. <https://doi.org/10.1017/S002185960001546X>
21. Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. *Lives Res Rural Develop.* 2009; 21(4):e59.
22. Maleko D, Mwilawa A, Msalya G, Pasape L, Mtei K. Forage growth, yield and nutritional characteristics of four varieties of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) in the west Usambara highlands, Tanzania. *Sci Afr.* 2019; 6:e00214. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00214>
23. Carvalho JN de, Pires AJV, Silva FF da, Veloso CM, Santos CL dos, Carvalho GGP de. Desempenho de ovinos mantidos com dietas com capim-elefante ensilado com diferentes aditivos. *Rev Bras Zootec.* 2009; 38(6):994–1000. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000600004>
24. Orlandi T, Stefanello S, Mezzomo MP, Pozo CA, Kozloski G v. Impact of a tannin extract on digestibility and net flux of metabolites across splanchnic tissues of sheep. *Anim Feed Sci Technol.* 2020; 261:114384. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114384>

25. Banu H, Umami N, Astuti A, Muhlisin M, Suwignyo B, Rahman M, et al. Performance and *in vivo* digestibility of three varieties of napier grass in thin-tailed sheep. *Pertanika J Trop Agric Sci*. 2022; 45(2):505–517. <https://doi.org/10.47836/pjtas.45.2.11>
26. Tasse A, Parakkasi A. Leguminous tree *Bauhinia purpurea* L, leaf as feed alternative on sheep performance. *Adv Biol Sci Res*. 2022; 20:226–229. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220309.046>