



# Ensilados de *Megathyrus maximus*: Efecto del horario de corte y de la inoculación microbiana

René Mauricio Patiño-Pardo<sup>1,2\*</sup> ; Yesid José Benítez-Ríos<sup>1</sup> ; Elkin David Valdés-Vargas<sup>1</sup> .

<sup>1</sup>Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sincelejo, Colombia.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Biodiversidad Tropical

\*Correspondencia: [rene.patino@unisucra.edu.co](mailto:rene.patino@unisucra.edu.co)

Recibido: Febrero 2022; Aceptado: Agosto 2022; Publicado: Septiembre 2022.

## RESUMEN

**Objetivo.** Evaluar el efecto del horario de corte y de la adición de un inóculo microbiano sobre las características fermentativas y nutricionales de ensilados de gramíneas del género *Megathyrus maximus*. **Materiales y métodos.** Los tratamientos fueron conformados por la combinación de los factores tipo de forraje (cultivares Tanzania y Mombasa, y maíz), horario de corte (a.m.-p.m.) y uso de aditivo (con-sin). Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial. **Resultados.** La evaluación sensorial fue aceptable en todos los ensilados, y en los cortados en el horario p.m., el contenido de materia seca tendió a ser mayor ( $p=0.071$ ), al igual que la digestibilidad ( $p<0.02$ ). La adición de inóculo redujo ( $p<0.05$ ) las pérdidas de proteína. El ensilado de Mombasa presentó mayor concentración de materia seca y de componentes fibrosos ( $p<0.001$ ), y el de maíz mayor contenido de carbohidratos solubles ( $p<0.001$ ) y el pH (3.76) más bajo ( $p<0.001$ ). Las pérdidas por fermentación fueron mayores en Mombasa y menores en maíz ( $p=0.003$ ). **Conclusiones.** En términos generales, el corte en horas de la tarde mejora la digestibilidad del ensilado, y la adición de inóculo microbiano reduce las pérdidas de proteína.

**Palabras clave:** Forrajes; fermentación; inóculo; rumiante (Fuente: CAB).

## ABSTRACT

**Objective.** To evaluate the effect of the cutting time and the addition of a microbial inoculum on the fermentative and nutritional characteristics of *grass silage of the genus Megathyrus maximus*. **Materials and methods.** The combination of forage (Tanzania and Mombasa cultivars and corn), cutting time (a.m.-p.m.) and use of additive (with-without) represented the treatments. Was used a completely random design in factorial arrangement. **Results.** The sensory evaluation was acceptable in all silages, and in those cut at p.m., the dry matter content tended to be higher ( $p=0.071$ ), as well as digestibility ( $p < 0.02$ ). The addition of inoculum reduced ( $p<0.05$ ) protein losses. The Mombasa silage presented a higher concentration of dry matter and fibrous components ( $p<0.001$ ), and that of corn had a higher content of soluble carbohydrates ( $p<0.001$ ) and a lower pH (3.76) ( $p<0.001$ ). Fermentation losses were higher in Mombasa and lower in corn ( $p=0.003$ ). **Conclusions.** In general, cutting in the afternoon hours improves the digestibility of the silage, and the addition of microbial inoculum reduces protein losses.

**Keywords:** Forage; fermentation; inoculum; ruminant (Source: CAB).

### Como citar (Vancouver).

Patiño-Pardo RM, Benítez-Ríos YJ, Valdés-Vargas ED. Ensilados de *Megathyrus maximus*: Efecto del horario de corte y de la inoculación microbiana. Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(3):e2654. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2654>



©El (los) autor (es) 2022. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

## INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en Colombia se basa en el pastoreo y su utilización está condicionada, entre otros factores, por las variaciones climáticas (1). En la región Caribe se presentan dos épocas climáticas (lluviosa y seca) de intensidad variable, lo que ocasiona limitaciones en la producción ganadera debido a la variación de la oferta forrajera y composición nutricional (2).

Para suplir la deficiencia forrajera es común que se utilicen forrajes ensilados (3). Además del maíz existen otras posibilidades, como los pastos presentes en las fincas, lo que puede reducir los costos de alimentación. Las gramíneas del género *Megathyrus* han sido usadas para la elaboración de ensilajes debido a los altos rendimientos de materia seca y a su calidad nutricional (4). Sin embargo, se evidencian dificultades en el proceso de ensilado por la baja concentración de materia seca (MS) y de carbohidratos solubles (5), factores que comprometen la calidad nutricional de los ensilados (6) e incrementan su costo. Para minimizar esos problemas se recomiendan porcentajes de humedad inferiores al 78% y de carbohidratos solubles entre 6 y 8% de la MS (7), para obtener concentraciones de ácido láctico mayores a 50 g kg<sup>-1</sup> de MS (8,9,10). Por este motivo, cuando se ensilan forrajes con concentraciones reducidas de estos elementos se recomienda la adición de compuestos ricos en carbohidratos solubles, como la melaza (11,12). Adicionalmente, para producir una mejor fermentación se ha evaluado cosechar en horarios en los que se espera mayor concentración de carbohidratos solubles (13) y usar inóculos microbianos para dominar la fermentación (14).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del horario de corte y de la adición de un inóculo microbiano sobre las características fermentativas y nutricionales de ensilados de gramíneas del género *Megathyrus maximus*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El experimento fue realizado en la granja de la Universidad de Sucre, ubicada en las coordenadas 75°24' Longitud Oeste, 9°12' Longitud Norte, subregión Sabanas. Las pasturas utilizadas se obtuvieron de un banco forrajero de la granja, exceptuando el forraje de maíz (*Zea mays*), que se obtuvo en otra propiedad.

## Tratamientos y confección de los silos.

Los tratamientos fueron conformados por la combinación de los factores forraje (tres especies), horario de corte (9 a.m. o 5 p.m.) y uso de aditivo microbiano (con o sin). Los forrajes utilizados fueron maíz (*Zea mays*) y los pastos cultivares Tanzania y Mombasa (*Megathyrus maximus*). El forraje de maíz fue incluido como referente, por ser el material de uso común para ensilar en la región. El diseño empleado fue completamente al azar con arreglo factorial 3×2×2, con tres repeticiones, conformando 36 silos. La edad de corte de los pastos fue de 35 días y la del maíz de 60. El corte se realizó para obtener partículas de 2-4 cm. Como aditivo microbiano se utilizó un producto comercial compuesto por especies homofermentativas y heterofermentativas (*Lactobacillus plantarum* >1.17×10<sup>10</sup> UFC/g; *Pediococcus acidilactici* >5.8×10<sup>9</sup> UFC/g; *Enterococcus faecium* >3.2×10<sup>9</sup> UFC/g; *Lactobacillus salivarius* >3.0×10<sup>8</sup> UFC/g). El inóculo se preparó adicionando 6 g del producto en 1000 ml de agua destilada. De esta mezcla se utilizó 1 ml por cada kilogramo de material a ensilar.

El material se almacenó en microsilos de PVC (45 cm de altura y 11 cm de diámetro) adaptados con válvulas de escape. Cada silo se llenó con 3 kg del material con una densidad de 700 kg/m<sup>3</sup>. En cada silo se colocó 1 kg de arena, separada por medio de una tela, para la colecta de efluentes. En todos los ensilados se adicionó melaza al 2%.

## Apertura de los silos y análisis de la composición química.

Los silos fueron abiertos a los 60 días y se realizó una prueba sensorial (15), como se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Método aplicado para la evaluación sensorial de los ensilajes

Indicador	Descripción	%	Máx%
Olor	Agradable (láctico)	54	
	Poco agradable (acético)	36	54
	Desagradable (butírico putrefacto)	18	
Color	Verde, verde amarillento y verde claro	24	
	Verde rojizo, verde pardo y verde oscuro	16	24
	Pardo amarillento, café verdoso y café oscuro.	8	
Textura	Bien definido, se separa fácilmente	22	22
	Jabonoso al tacto, mal definido	11	
<b>Total %</b>			<b>100</b>

Máx% = Máximo por indicador %

Luego de la apertura se tomó una muestra y se colocó en estufa de ventilación forzada (60°C por 48 horas). Enseguida se molió a un tamaño de malla de 1 mm, utilizando un molino tipo Wiley. Se cuantificaron los contenidos de humedad, cenizas, PB y EE (16), y los de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y en detergente ácido (FDA) (17). El contenido de materia orgánica (MO) se calculó a partir de la diferencia entre 100 y el porcentaje de cenizas, el de hemicelulosa mediante la diferencia entre los valores de FDN y FDA, y el de carbohidratos no fibrosos (CNF) con la fórmula  $CNF = 100 - (PB + CENIZAS + FDN + EE)$  (18). Para estimar la concentración de nutrientes digestibles totales (NDT) se utilizó como variable la concentración de FDN (19).

Para calcular de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se empleó una incubadora DAISY II® (17). El inóculo ruminal, donado por un frigorífico comercial de la zona, fue obtenido, de forma controlada, del rumen de dos bovinos recién sacrificados, provenientes de una finca cercana al frigorífico y mantenidos en condiciones de pastoreo. El contenido ruminal se mantuvo en envases herméticos a 39°C sin presencia de aire. Las muestras pre-secadas de los ensilados (0.5 g), previa molienda con malla de 2 mm, fueron colocadas en bolsas de filtración F57. La temperatura de fermentación se mantuvo en 39°C durante 48 h. En cada jarra del equipo, además de las muestras y del inóculo ruminal (400 ml por frasco), previamente filtrado, se colocó saliva artificial (1 g/l). Durante el procedimiento, los frascos se gaseaban con CO<sub>2</sub>. Pasadas 48 h, los sacos se retiraron y se realizó el análisis de FDN (17).

El cálculo de la DIVMS se realizó así:

$$DIVMS, \% \text{ (Base seca)} = \frac{100 - (W3 - (W1 \times C1)) \times 100}{W2 \times MS}$$

Donde:

W1 = Peso de la bolsa

W2 = Peso de la muestra

W3 = Peso final de la bolsa luego de la secuencia *in vitro* y detergente neutro.

C1 = Blanco para para corrección

Para la medición del pH se tomó una muestra de 9 g de ensilado y se maceró en 60 ml de agua destilada, dejando en reposo por 20 minutos, antes de realizar la lectura, usando un equipo portátil (SI ANALYTICS LAB pH). La acidez titulable se determinó con el volumen necesario de NaOH 0.1N para llevar el pH de la solución a 7.

La proporción de material perdido durante el proceso se calculó a partir de la relación entre el peso de las pérdidas (diferencia entre el peso neto del silo en los días 0 y 60) y el peso del material ensilado (día 0).

**Análisis estadístico.** Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, de acuerdo con un diseño completamente al azar en arreglo factorial 3×2×2, incluyendo como fuentes de variación los factores principales y las respectivas interacciones. Valores de probabilidad entre 0.05 y 0.1 fueron considerados como tendencia. Las medias fueron comparadas usando la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Se realizó el análisis de correlación de Pearson. Para estos análisis se utilizó el programa InfoStat (20).

## RESULTADOS

**Evaluación sensorial.** De acuerdo con la evaluación sensorial, todos los materiales ensilados superaron una puntuación de 68.5, por lo que se consideraron como aceptables (Tabla 1).

**Composición nutricional.** En la tabla 2 se aprecian las medias de todas las variables en estudio. Para el contenido de MS se observó una interacción ( $p=0.023$ ) entre los factores forraje y horario, explicada por lo sucedido en el ensilado de Mombasa, en el que se observaron los valores más elevados cuando el material se cosechó en el horario p.m. Entre los ensilados de maíz y de Tanzania no se observaron diferencias. El ensilado de Mombasa presentó mayor ( $p<0.001$ ) proporción de MS (25.2%). La adición de inóculo no afectó ( $p=0.118$ ) el contenido de MS, pero se presentó una tendencia ( $p=0.072$ ) de efecto del factor horario. Se presentaron correlaciones ( $p<0.05$ ) entre el contenido de MS y los valores de EE ( $r=0.44$ ), cenizas ( $r=0.40$ ), materia orgánica ( $r=0.40$ ), pH ( $r=0.40$ ) y acidez titulable ( $r=-0.43$ ). El contenido de MS del ensilado de Mombasa (p.m.) superó en más del 7% al resto.

El contenido de materia mineral y de materia orgánica varió ( $p<0.001$ ) entre ensilados, con interacción ( $p=0.001$ ) entre los factores forraje y horario. El menor contenido de cenizas se observó en maíz, sin diferencias entre los pastos. Se presentaron correlaciones ( $p<0.05$ ) entre el contenido de cenizas y los valores de pH ( $r=0.77$ ), acidez titulable ( $r=-0.93$ ) y pérdidas por fermentación ( $r=0.33$ ).

**Tabla 2.** Medias<sup>1</sup> de la composición nutricional y ensilabilidad de tres especies forrajeras cortadas en horario a.m. o p.m. y adicionadas (Con) o no (Sin) con inóculo homofermentativo

Tratamientos			Variables														
F	H	I	MS %	MO %	MM %	PB %	EE %	FDN %	FDA %	HEM %	CNF %	DIVMS %	NDT %	pH	A.T.	P.E. %	
Z. m	a.m.	Con	17.9 <sup>a</sup>	93.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	8.7 <sup>ab</sup>	1.7 <sup>ab</sup>	68.5 <sup>a</sup>	56.5 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	14.2 <sup>abc</sup>	64.1 <sup>a</sup>	60.7 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.85 <sup>b</sup>	9.7 <sup>a</sup>	
		Sin	18.6 <sup>a</sup>	92.4 <sup>b</sup>	7.6 <sup>a</sup>	8.4 <sup>ab</sup>	2.1 <sup>ab</sup>	64.6 <sup>a</sup>	50.5 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	17.2 <sup>bc</sup>	65.8 <sup>a</sup>	62.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	3.42 <sup>b</sup>	13.6 <sup>a</sup>	
	p.m.	Con	18.5 <sup>a</sup>	92.2 <sup>b</sup>	7.8 <sup>a</sup>	11.9 <sup>b</sup>	1.7 <sup>ab</sup>	67.5 <sup>a</sup>	53.5 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	11.2 <sup>abc</sup>	65.9 <sup>a</sup>	62.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	3.77 <sup>b</sup>	22.7 <sup>ab</sup>	
		Sin	19.7 <sup>a</sup>	91.7 <sup>b</sup>	8.3 <sup>a</sup>	10.0 <sup>ab</sup>	1.9 <sup>ab</sup>	60.7 <sup>a</sup>	44.6 <sup>a</sup>	16.1 <sup>a</sup>	19.1 <sup>c</sup>	68.0 <sup>a</sup>	64.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>b</sup>	21.8 <sup>ab</sup>	
Mom	a.m.	Con	21.5 <sup>ab</sup>	87.7 <sup>a</sup>	12.3 <sup>b</sup>	11.7 <sup>b</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	70.8 <sup>a</sup>	57.0 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	61.7 <sup>a</sup>	58.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	1.05 <sup>a</sup>	29.5 <sup>ab</sup>	
		Sin	21.9 <sup>ab</sup>	87.7 <sup>a</sup>	12.3 <sup>b</sup>	10.5 <sup>ab</sup>	1.3 <sup>a</sup>	71.2 <sup>a</sup>	48.2 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	59.6 <sup>a</sup>	56.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	1.50 <sup>a</sup>	39.1 <sup>b</sup>	
	p.m.	Con	25.6 <sup>ab</sup>	86.7 <sup>a</sup>	13.3 <sup>b</sup>	8.4 <sup>ab</sup>	1.6 <sup>ab</sup>	72.1 <sup>a</sup>	58.2 <sup>a</sup>	13.9 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	61.6 <sup>a</sup>	58.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	1.26 <sup>a</sup>	24.0 <sup>ab</sup>	
		Sin	31.8 <sup>b</sup>	85.4 <sup>a</sup>	14.6 <sup>b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	66.1 <sup>a</sup>	53.2 <sup>a</sup>	12.9 <sup>a</sup>	10.1 <sup>abc</sup>	69.5 <sup>a</sup>	65.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	0.68 <sup>a</sup>	21.9 <sup>ab</sup>	
Tan	a.m.	Con	19.4 <sup>a</sup>	85.8 <sup>a</sup>	14.2 <sup>b</sup>	7.8 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	69.9 <sup>a</sup>	55.0 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	59.3 <sup>a</sup>	56.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	0.84 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	
		Sin	22.4 <sup>ab</sup>	85.6 <sup>a</sup>	14.4 <sup>b</sup>	9.2 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	66.1 <sup>a</sup>	52.6 <sup>a</sup>	13.5 <sup>a</sup>	7.9 <sup>abc</sup>	64.2 <sup>a</sup>	60.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	0.87 <sup>a</sup>	31.8 <sup>ab</sup>	
	p.m.	Con	19.7 <sup>a</sup>	87.1 <sup>a</sup>	12.9 <sup>b</sup>	12.5 <sup>b</sup>	2.0 <sup>ab</sup>	65.7 <sup>a</sup>	49.0 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>ab</sup>	66.4 <sup>a</sup>	62.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	1.36 <sup>a</sup>	30.4 <sup>a</sup>	
		Sin	19.6 <sup>a</sup>	87.1 <sup>a</sup>	12.9 <sup>b</sup>	8.3 <sup>ab</sup>	1.5 <sup>ab</sup>	70.5 <sup>a</sup>	47.5 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	63.5 <sup>a</sup>	60.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	1.27 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	
Valor de P <sup>4</sup>	E.E <sup>3</sup>		2.0	0.5	0.5	1.1	0.3	2.2	5.0	4.0	2.3	2.2	1.9	0.3	0.3	1.62	
	F		0.001	0.001	0.001	0.753	0.650	0.022	0.621	0.589	0.001	0.148	0.147	0.001	0.001	0.004	
	H		0.072	0.203	0.001	0.805	0.949	0.273	0.432	0.711	0.634	0.014	0.014	0.363	0.558	0.794	
	I		0.118	0.119	0.119	0.033	0.276	0.063	0.74	0.223	0.016	0.141	0.141	0.530	0.567	0.475	
	F×H		0.023	0.001	0.001	0.001	0.175	0.693	0.426	0.180	0.540	0.639	0.639	0.037	0.199	0.006	
	F×I		0.686	0.676	0.776	0.931	0.846	0.197	0.694	0.931	0.321	0.837	0.837	0.989	0.909	0.841	
	H×I		0.660	0.612	0.612	0.033	0.334	0.930	0.918	0.858	0.492	0.719	0.719	0.307	0.499	0.002	
	F×H×I		0.303	0.508	0.508	0.256	0.003	0.066	0.894	0.301	0.601	0.028	0.028	0.271	0.219	0.059	

<sup>1</sup>Medias con letras diferentes en las columnas difieren según la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ );

<sup>2</sup>MS=materia seca; MO=materia orgánica; MM=materia mineral; PB=proteína bruta; EE=extracto etéreo; FDN=fibra insoluble en detergente neutro; FDA=fibra insoluble en detergente ácido; HEM=hemicelulosa; CNF=carbohidratos no fibrosos; DIVMS=digestibilidad *in vitro* de la MS; NDT=nutrientes digestibles totales; A.T.=acidez titulable (mL NaOH); P.E.=pérdidas al ensilar (%).

<sup>3</sup>Error estándar de la media.

<sup>4</sup>Valores de probabilidad para los efectos de forraje (F): Z.m (maíz - *Zea mays*); Tan (*M. maximus* cv Tanzania); Mom (*M. maximus* cv Mombasa), horario de corte (H), inóculo (I) e interacciones F×H, F×I, H×I y F×H×I

El contenido de PB de los ensilados fue afectado por la adición de inóculo ( $p=0.033$ ), con interacciones entre los factores forraje y horario ( $p=0.033$ ) y horario e inóculo ( $p=0.033$ ). El contenido de PB de los ensilados inoculados fue superior (10.16%) al de los no inoculados (8.79%). Las interacciones se explican por la respuesta diferenciada entre los ensilados de *Megathyrus* y de maíz, ya que en el pasto Mombasa se presentó el mayor valor de PB cuando se aplicó el aditivo, en el horario a.m., suceso no observado en el caso del pasto Tanzania. Por su parte, en el ensilaje de maíz, el mayor contenido se observó en el material inoculado y cortado en la tarde. No se observaron correlaciones ( $p>0.05$ ) entre el contenido de PB y las demás variables.

El contenido de extracto etéreo (EE) no varió, pero se presentó interacción ( $p=0.003$ ) entre los factores en estudio, evidenciada por las diferencias entre los ensilados del cultivar Mombasa sin adición de inóculo, en los dos horarios. Se presentó correlación positiva entre los valores de EE y MS ( $r=0.44$ ;  $p=0.073$ ), DIVMS ( $r=0.40$ ;  $p=0.0073$ ), NDT ( $r=0.40$ ;  $p=0.016$ ) y pH ( $r=0.34$ ;  $p=0.044$ ). Se destaca lo sucedido con el ensilado de Mombasa, en el que el valor más alto ocurrió en el corte p.m. sin adición de inóculo, y el más bajo en el corte a.m.

En cuanto al contenido de FDN, se presentó efecto del factor forraje ( $p=0.022$ ), correspondiendo el mayor valor al ensilado de Mombasa y el menor al de maíz. Los valores de concentración de FDN se correlacionaron negativamente ( $p<0.05$ )



con los de DIVMS ( $r=-0.74$ ), CNF ( $r=-0.81$ ), NDT ( $r=-0.74$ ) y acidez titulable ( $r=-0.46$ ), y positivamente con los de pH ( $r=0.48$ ). Las concentraciones de FDA y de hemicelulosa no variaron. Cuando se incrementaron los valores de concentración de FDA también lo hicieron los de FDN ( $r=0.58$ ) y los de pH ( $r=0.36$ ), mientras que se presentó una relación negativa ( $p<0.05$ ) con los valores de DIVMS ( $r=-0.36$ ), CNF ( $r=-0.40$ ) y NDT ( $r=0.36$ ).

En el ensilaje de maíz se observó la mayor proporción de CNF. Además de las correlaciones ya mencionadas, entre los valores de CNF y los de FDN, FDA y cenizas, se presentaron, también, correlaciones positivas ( $p<0.05$ ) entre el contenido de CNF y la DIVMS y el contenido de NDT ( $r=0.59$ ), y la acidez titulable ( $r=0.76$ ), y negativa con el valor de pH ( $r=-0.68$ ).

**DIVMS.** Para la DIVMS se encontró efecto del horario de corte ( $p=0.014$ ). A las correlaciones entre los valores de DIVMS y los de EE, FDN, FDA, CNF y NDT, se suman las variables pH ( $r=-0.40$ ) y acidez titulable ( $r=0.38$ ). Por otra parte, el contenido de NDT fue afectado por el horario de corte ( $p=0.014$ ), sin diferencias entre forrajes. Se encontró relación negativa entre los valores de NDT y pH ( $r=-0.40$ ) y positiva entre NDT y acidez titulable ( $r=0.38$ ). El mayor contenido de CNF coincidió con valores más bajos de pH, lo que es una ventaja.

**pH.** El pH de los ensilados fue afectado por el material ensilado ( $p<0.001$ ), con interacción entre los factores horario e inóculo ( $p=0.037$ ). La interacción se debió a lo ocurrido en los ensilados de Mombasa y maíz, los cuales difirieron entre sí. El ensilado de maíz, cortado en la mañana e inoculado, presentó el menor pH (3.7) y el ensilado de Mombasa, cortado en la tarde presentó el mayor valor (5.4), sin diferencias en los demás tratamientos. Los ensilados de Mombasa y Tanzania presentaron un valor idéntico de pH (4.83). El incremento en la concentración de MS, EE, FDN, FDA y cenizas, se asoció con valores más elevados de pH; mientras que los valores más bajos de pH se asociaron al incremento en las concentraciones de MO, DIVMS, CNF, NDT y acidez titulable ( $r=-0.86$ ). La acidez titulable fue afectada solamente por el factor forraje ( $p<0.001$ ), observándose el valor más alto (3.71) para maíz.

**Pérdidas.** Las pérdidas durante el proceso de ensilado variaron entre los forrajes ( $p=0.0038$ ), con interacciones ( $p<0.01$ ) entre los factores

forraje y horario, y horario e inóculo. Las pérdidas más bajas se presentaron en el ensilado de maíz, y las mayores en Mombasa (858.7 g MS). El horario de corte y la adición de inóculo no presentaron efectos. Las interacciones se explican por el comportamiento diferenciado de cada forraje, en especial por la magnitud de las pérdidas observadas en el ensilado de Mombasa cortado en la mañana sin adición de inóculo, y por la respuesta del cultivar Tanzania en los horarios a.m. y p.m. En el horario de corte a.m., se observaron pérdidas menores cuando se adicionó el inóculo, mientras que en el horario p.m. se observó el efecto contrario, es decir pérdidas más reducidas sin la adición de inóculo, mientras que, en el caso del maíz, las diferencias, aunque menores, se debieron más al horario de corte.

## DISCUSIÓN

Los tratamientos evaluados permitieron la obtención de ensilados con una valoración sensorial satisfactoria. En este sentido, a pesar de no haber sido realizada directamente con animales, constituye un criterio importante para evaluar la calidad de un ensilado, ya que el método empleado puntúa, negativamente, aspectos asociados con presencia de daños en el ensilado (15).

En el caso del contenido de MS, varios estudios han demostrado que las gramíneas presentan variaciones en la concentración de ciertos compuestos a lo largo del día, lo que influye sobre la composición nutricional (21), con variaciones entre especies C3 y C4 (13, 22). Aunque las variaciones se explican, principalmente, por el incremento en el contenido de carbohidratos solubles, otros componentes como FDN y proteína, podrían afectar el contenido de MS, como ocurrió en este estudio. Lo anterior explica la presencia de interacción entre los factores forraje y horario, ya que en el ensilado de Mombasa la magnitud de la diferencia entre los horarios evaluados se presentó diferente a la ocurrida con Tanzania y maíz, e donde las diferencias fueron menos notorias.

En condiciones de la región Caribe de Colombia, se evaluó la variación la concentración de compuestos solubles en algunas especies de *Panicum*, *Cynodon* y *Brachiaria* (23), notándose variaciones diurnas en *Cynodon*, pero no en Mombasa, lo cual difiere con los hallazgos del presente estudio, aunque esos materiales no eran ensilados. En trópico alto (Nariño, Colombia), se observaron diferencias

horarias en la concentración de sólidos solubles en dos variedades de Ryegrass, siendo mayores en el horario 15:00 h en comparación con las 07:30 (22).

En evaluaciones realizadas con Mombasa cosechado en diferentes edades (24), entre ellas 35 días, que coincide con la de esta investigación, se observó una concentración de MS de 19.75%, valor menor al observado en este estudio. Por otra parte, en ensilados de pasto Tanzania con adición de diferentes inóculos bacterianos, no se observaron efectos de estos sobre el contenido de MS, el cual estuvo cercano a 29% (25), porcentaje superior al observado en el presente estudio, en donde el promedio para Tanzania fue de 20.27%, situación que puede ayudar a explicar la presencia de interacción entre los factores forraje y horario. Para maíz, el contenido de MS observado (18.67%), aunque normal para esa edad, no se considera el más recomendable, por las posibles complicaciones fermentativas (26,27,28).

Con relación al contenido de materia mineral y de materia orgánica, que varió entre ensilados y con presencia de interacción, se nota que la concentración de materia mineral del ensilado de maíz se encuentra entre los rangos normales (28). Las concentraciones de materia mineral, observada en los ensilados de Tanzania y Mombasa, son superiores a los reportados por algunos autores (29 y 30), los cuales encontraron concentraciones medias de 7,19 y 10,6%, respectivamente en estas mismas gramíneas. El pasto Mombasa presentó el valor máximo cuando fue cortado en la tarde, lo cual explicó la interacción entre los factores forraje y horario. El elevado contenido de cenizas en los pastos se puede considerar como un factor limitante para el descenso del pH (31), lo cual se verificó con la presencia de correlación significativa entre estas dos variables, además de la capacidad tampón y acidez titulable.

El mayor contenido de PB se asoció a los tratamientos con adición del inóculo, notándose el efecto de manera más sostenida en el ensilado de Mombasa, indicando menores pérdidas de compuestos nitrogenados. Similares resultados fueron expuestos por Bumbieris et al (25), quienes, al evaluar la inoculación con *Lactobacillus plantarum* y *Pediococcus pentosaceus* en ensilados del pasto Tanzania, registraron menores pérdidas nitrogenadas, resultado que se atribuyó a la inhibición de las bacterias responsable de este proceso

(32). Los ensilados de maíz y de Tanzania presentaron contenidos de PB semejantes en los horarios a.m. y p.m., pero en Mombasa, los mayores porcentajes de PB se presentaron en el material cortado en la mañana, lo que explica la interacción entre los factores horario de corte e inóculo.

Para el contenido de EE se destaca lo sucedido con el ensilado de Mombasa, en el que el valor más alto ocurrió en el corte p.m. sin adición de inóculo, y el más bajo en el corte a.m. El valor medio para Tanzania (1.93%) fue superior al observado (1.45%) en un estudio en donde se evaluaron diferentes dosis de aditivos bacterianos y de enzima (30). En otro experimento (33), se encontraron porcentajes de EE promedio de 1.82%, que son próximos a los valores de 2.07% observados para ese forraje. A pesar de ser especies del mismo género, Tanzania y Mombasa parecen diferir en la forma como cambia la concentración diurna de ciertos componentes químicos de la planta, aunque en general las variaciones en la concentración de ácidos grasos son menores (34).

El contenido de FDN fue mayor en el pasto Mombasa, mientras que para el maíz se registró la menor concentración (65.3%), la cual se considera normal para plantas de 60 días de edad (35). Las correlaciones entre los valores de DIVMS y los de EE, FDN, FDA, CNF, NDT, pH y acidez titulable se deben tener en cuenta a la hora de evaluar este tipo de ensilados. En un estudio en el que se evaluó la influencia de la concentración de MS y la densidad del silo de maíz, se encontró también una fuerte correlación ( $r=-0.79$ ) entre el contenido de CNF y el de FDA (36), sin embargo, las concentraciones de CNF del maíz fueron muy superiores, ya que sobrepasaron el 40%, a diferencia del 15.4% del presente trabajo. También en maíz, se observaron valores mínimos de 20.5% (37), o rangos entre 7.53% y 54.28% (28), indicando la alta variabilidad de esta característica. A pesar de que la concentración de CNF no fue afectada por el horario de corte, sí se presentó mayor digestibilidad (DIVMS) en los materiales cortados en horas de la tarde. La no diferencia entre los forrajes evaluados indica la viabilidad técnica de los ensilados de los pastos Mombasa o Tanzania, ya que tampoco se presentaron diferencias entre los contenidos de PB.

Para ensilado de maíz se observan valores de pH fluctuando entre 3.7 y 4.2, para plantas con 30 - 40% de MS (38). En evaluaciones

con ensilados de Mombasa se observó un valor promedio de pH de 4.82 (37), después del día 45 de ensilado, valor semejante al observado en este estudio, ya que el valor promedio para ese cultivar fue de 4.83. La presencia de interacción entre los factores horario e inóculo se explica, especialmente, por la respuesta diferenciada entre los dos cultivares de *Megathyrus*, y sus características en términos de composición nutricional, ya que la mayoría de las variables se correlacionaron, positiva o negativamente, con el pH final de los ensilados al momento de la apertura. Aunque se esperaba que la adición del inóculo presentara efectos sobre el pH, no se puede inferir con certeza al respecto, debido a que los silos fueron abiertos después del día 60 de ensilado, y podrían haberse presentado efectos sobre la dinámica fermentativa en los estados más tempranos del proceso. Aunque no se evidenciaron efectos claros de la adición de inóculo sobre las pérdidas por fermentación se debe tener en cuenta, por resultados previos, que la adición de inóculo es una técnica que se aplica en los ensilajes para mejorar la calidad del ensilaje y reducir los costos a partir de la disminución de las pérdidas de MS (32).

Como conclusión, se destaca que la adición de inóculo bacteriano redujo las pérdidas de componentes nitrogenados en los ensilados, lo que representa un efecto benéfico, y el corte de los forrajes en horas de la tarde propició una mayor digestibilidad de la materia seca y mayor concentración de NDT, lo que significa

una mejora en la calidad nutricional de los ensilados debida a la variación horaria de la composición química de los forrajes, en especial en el caso de los carbohidratos no fibrosos. También se resalta, como variable asociada a los parámetros de ensilabilidad, la concentración de materia mineral, ya que sus valores se correlacionan positivamente con los valores de pH y los de pérdidas de MS. Se confirma el papel fundamental que tiene la concentración de carbohidratos no fibrosos sobre la calidad final de los ensilados, lo que se evidenció a partir de la correlación positiva entre los valores de esta variable con los de pH y de acidez. A pesar de las respuestas diferentes de los materiales evaluados al horario de corte o a la adición de inóculo, se concluye que los pastos Mombasa y Tanzania pueden ser ensilados con resultados satisfactorios, aunque con características de ensilabilidad menores a las del maíz.

### Conflicto de intereses

Los autores manifestamos que no hay conflicto de intereses.

### Agradecimientos

A la Universidad de Sucre por el apoyo para la ejecución de la investigación, al personal del Laboratorio de Nutrición Animal de la Institución y a los miembros del Semillero de Investigación INNOVAR que colaboraron en diversas acciones durante la ejecución de la investigación.

## REFERENCIAS

1. Torregrosa L, Reza S, Suárez E, Espinosa M, Cuadrado H, Pastrana I, Mejía S, et al. Producción de carne en pasturas irrigadas y fertilizadas de *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II en el valle del Sinú. *Corpoica Cienc. Tecnol Agropecu.* 2015; 16(1):31-139. [http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol16\\_num1\\_art:391](http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:391)
2. Tapia-Coronado JJ, Atencio-Solano LM, Mejía-Kerguelen SL, Paternina-Paternina Y, Cadena-Torres J. Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas forrajeras para las sabanas secas del caribe en Colombia. *Agron Costarricense.* 2019; 43(2):45-60. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i2.37943>.
3. Bernardes TF, Daniel JLP, Adesogan AT, Tremblay GF, Bélanger G, Cai Y. Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *J Dairy Sci.* 2018; 101(5):401-419. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13703>
4. Wichai S, Soyong K. Lactic acid bacteria and enzyme production in silage of guinea grass (*Panicum maximum*). *Bulg. J. Agric. Sci.* 2017; 23(1):86-91. <https://www.agrojournal.org/23/01-12.html>
5. Dongxia L, Kuikui N, Yingchao Z, Yanli L, Fuyu Y. Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 2019; 32(5):665-674. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0085>.

6. Kung L. Silage fermentation and additives. Arch Latinoam Prod Anim. 2018; 26(3-4):61-66. [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/2677/1219](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2677/1219)
7. Singh N, Kumar B, Singh P, Kumar A, Singh P. Qualitative assessment of silage prepared at farmer's field in Tarn Taran District of Punjab. Indian J Anim Nut. 2017; 34(3):357-360. <https://doi.org/360.10.5958/2231-6744.2017.00058.5>
8. Kaewpila C, Gunun P, Kesorn P, Subepang S, Thip-Uten S, Cai Y, Pholsen S, Cherdthong A, Khota W. Improving ensiling characteristics by adding lactic acid bacteria modifies in vitro digestibility and methane production of forage-sorghum mixture silage. Sci Rep. 2021; 11(1968):9. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81505-z>
9. Dong M, Li Q, Xu F, Wang S, Chen J, Li W. Effects of microbial inoculants on the fermentation characteristics and microbial communities of sweet sorghum bagasse silage. Sci Rep. 2020; 10(837):9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57628-0>
10. Neto AB, Reis RH, Cabral LS, Abreu JG, Sousa DP. Nutritional value of sorghum silage of different purposes. Cienc Agrotec. 2017; 41(3):288-299. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017413038516>
11. Andrade SJT, Melotti L. Efeito de alguns tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum). Braz J Vet Res Anim Sci. 2018; 41(6):409-415. <https://doi.org/10.1590/S1413-95962004000600009>
12. Yitbarek M, Tamir B. Silage Additives: Review. Open J Appl Sci. 2014; 4(5):258-274. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026>
13. Leite de Oliveira FC, Sánchez JMD, Vendramin JMB, Lima CG, Luz PHC, Rocha CO, Pereira LET, Herling R. Diurnal vertical and seasonal changes in non-structural carbohydrates in Marandu palisade grass. J Agric Sci. 2018; 156(3):457-464. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000394>
14. Blajman J, Páez R, Vinderola C, Lingua M, Signorini M. A meta-analysis on the effectiveness of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria for corn silage. J Appl Microbiol. 2018; 125:1655-1669. <https://doi.org/10.1111/jam.14084>
17. Ojeda F, Cáceres O, Esperance M. Conservación de forrajes. Editorial Pueblo y Educación: La Habana, Cuba; 1991.
16. AOAC. Official methods of analysis. 18th Edition. AOAC International: Washington DC; 2005.
17. Geron VLJ, Cabral Da Silva L, Trautmann-Machado RJ, Zeoula LM, Oliveira BE, Garcia J, Gonçalves MR, Aguiar SRP. Avaliação do teor de fibra em detergente neutro e ácido por meio de diferentes procedimentos aplicados às plantas forrageiras. Semina: Ciências Agrárias. 2014; 35(3):1533-1542. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1533>
18. Arzate-Vásquez GL, Castrejón-Pineda FA, Rosiles-Martínez R, Carrillo-Pita S, Angeles-Campos S, Vargas-Bello-Pérez E. Effects of genus and growth stage on the chemical and mineral composition of tropical grasses used to feed dairy cows. Cien Inv Agr. 2016; 43(3):476-485. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000300013>
19. Cappelle ER, Filho SCV, Silva JFC, Cecon PR. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. Rev Bras Zootec. 2001; 30(6):1837-1856. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>
20. Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, González M, Tablada M, Robledo C. InfoStat, Software estadístico, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba; 2020.
21. La Guardia R, Dereck M. Seasonal and diurnal relationship of forage nutritive value and mass in a tall fescue pasture under continuous stocking. Grassl Sic. 2019; 65(3):162-170. <https://doi.org/10.1111/grs.12231>
22. Urbano-Estrada MF, Cardona-Iglesias JL, Castro-Rincón E. Evaluación de sólidos solubles en recursos forrajeros del trópico alto en el departamento de Nariño. CES Med Vet Zootec. 2020; 15(2):8-22. <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.15.2.1>
23. Suárez-Paternina E, Reza-García S, Cuadrado-Capella H, Pastrana-Vargas I, Espinosa-Carvajal M, Mejía-Kerguelén S. Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú. Cienc Tec Agrop. 2015; 16(2):181-188. <https://doi.org/10.21930/rcta.vol16-num2>



24. Vasconcelos WA, Santos EM, Zanine AM, Pinto TF, Lima WC, Edvan RL, et al. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. Rev Bras Saúde Prod Anim. 2009; 10(4):874-884. [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-brasileira-de-saude-producao-animal/10-\(2009\)-4/valor-nutritivo-de-silagens-de-capim-mombaca-panicum-maximum-jacq-colh/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-brasileira-de-saude-producao-animal/10-(2009)-4/valor-nutritivo-de-silagens-de-capim-mombaca-panicum-maximum-jacq-colh/)
25. Bumbieris Junior VH, Horst EH, Guimarães VAP, Massaro Junior FL, Moraes GJ, Meza DAR, Galbeiro S. Effect of microbial inoculants on the chemical composition and aerobic stability of Tanzania guinea grass silages. S Afr J Anim Sci 2021; 51(1):81-87. <https://doi.org/10.4314/sajas.v51i1.9>
26. Borreani G, Tabacco E, Schmidt RJ, Holmes BJ, Muck RE. Factors affecting dry matter and quality losses in silages. J Dairy Sci. 2018; 101(5):3952-3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
27. Ferraretto LF, Shaver RD, Luck BD. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. J Dairy Sci. 2018; 101(5):3937-3951. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728>
28. Zardin PB, Velho JP, Jobin CC, Alessio DRM, Haygert-Velho IMP, Concei o GM, et al. Chemical composition of corn silage produced by scientific studies in Brazil – A meta-analysis. Semina: Ci nc Agr r. 2017; 38(1):503-512. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n1p503>
29. Melo MJA, Backes AA, Fagundes JL, Melo MT, Silva GP, Freire APL. Características fermentativas e composi o química da silagem de capim Tanzânia com aditivos. Bol Ind Anim. 2016; 73(3):189-197. <https://doi.org/10.17523/bia.v73n3p189>
30. Gandra JR, De Oliveira ER, Takiya CS, Del Valle TA, Araki HMC, Silveira K, et al. Microbial inoculant and an extract of *Trichoderma longibrachiatum* with xylanase activity effect on chemical composition, fermentative profile and aerobic stability of guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) silage. J Anim Feed Sci. 2017; 26:339-347. <https://doi.org/10.22358/jafs/80776/2017>
31. Kung JR L, Shaver RD, Grant RJ, Schmidt RJ. Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. J Dairy Sci. 2018; 101(5):4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
32. Muck R, Nadeau EMG, McCallister TA, Contreras-Govea FE, Santos Mc, Kung Jr L. Recent advances and future uses of silage additives. J Dairy Sci. 2018; 101(5):3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
33. Patiño RM, G mez R, Navarro OA. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. CES Med Vet Zootec. 2018; 13 (1):17-30. <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.2>
34. Gregorini P, Soder KJ, Sanderson MA. A snapshot in time of fatty acids composition of grass herbage as affected by time of day. Prof Anim Sci. 2008; 24(6):675-680. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30921-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30921-9)
35. Amador L, Bochini C. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. Rev Agron Mesoam. 2000; 11(1):171-177.3. URL: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v11n01\\_171.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v11n01_171.pdf)
63. Krüger AM, Lima PMT, Filho ALA, Moro JG, Carvalho IG, Abdalla AL, Jobim CC. Dry matter concentration and corn silage density: Effects on forage quality. Trop Grassl. 2020; 8(1):20-27. [https://doi.org/10.17138/tgft\(8\)20-27](https://doi.org/10.17138/tgft(8)20-27)
37. Oliveira IL, Lima LM, Casagrande DR, Lara MAS, Bernardes TF. Nutritive value of corn silage from intensive dairy farms in Brazil. Rev Bras Zootec. 2017; 46(6):494-501. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000600004>
38. Kung L, Shaver R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. Focus on Forages. 2016; 3(13):1-5. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2016/10/Fermentation2.pdf>