

Nota Técnica

Parámetros fermentativos del ensilaje del pasto guinea (*Megathyrsus maximus*) cv. BRS Zuri cosechado en diferentes horarios

Fermentation parameters of guinea grass silage (Megathyrsus maximus) cv. BRS Zuri harvested at different times during the day

RAFAEL MARZALL DO AMARAL, ELIZABETH YACSIRY VEGA-CABEZAS, DORGELI SELENA MOLINA-SANTANA Y CRISTIANO EDUARDO RODRIGUES-REIS

Universidad EARTH, San José, Costa Rica. earth.ac.cr

Resumen

Este estudio investiga la influencia del horario de cosecha (06:00, 09:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas) sobre la calidad del ensilaje del pasto guinea (*Megathyrsus maximus*) cv. BRS Zuri. El pasto fue cosechado a los 45 días de edad de rebrote, se picó y almacenó en microsilos de PVC por 45 días. Se evaluaron parámetros de ensilabilidad en el forraje fresco, así como parámetros fermentativos y nutricionales del ensilaje. La concentración de carbohidratos solubles al momento de la cosecha se incrementó de forma lineal en función de la hora y consecuente exposición a la radiación solar, pasando de 1.07 a 2.07% a las 06:00 h y 18:00 h, respectivamente ($P=0.001$). Los valores más bajos para la pérdida de efluentes, pH y $N-NH_3$ ocurrieron a las 15:00 h, con efectos lineales y cuadráticos significativos ($P\leq 0.05$) para las tres variables. El horario de cosecha influyó en forma cuadrática el contenido de MS del ensilaje, obteniendo 17.14% a las 06:00 h y 22.64% de MS a las 15:00 h ($P\leq 0.001$). La concentración de proteína bruta fue mayor (13.78%) a las 15:00 h y el menor valor se obtuvo a las 06:00 h (10.37%) ($P\leq 0.05$). En las condiciones del estudio, la cosecha del pasto guinea cv. BRS Zuri en horas de la tarde resultó en un ensilaje con mejor calidad en términos sensoriales, fermentativos y nutricionales.

Palabras clave: Calidad de ensilaje; carbohidratos solubles; conservación de forrajes; horario de cosecha; parámetros sensoriales.

Abstract

This study investigates the influence of harvest time during the day (06:00, 09:00, 12:00, 15:00 y 18:00 hours) on the quality of guinea grass (*Megathyrsus maximus*) cv. BRS Zuri silage. The pasture was harvested 45 days after the last cut, chopped and stored in PVC microsilos for 45 days. Fresh forage ensilability parameters, as well as fermentative and nutritional parameters of silage were evaluated. The concentration of soluble carbohydrates increased linearly depending on the the harvest time and consequent exposure to solar radiation, with values ranging from 1.07 to 2.07% between 06:00 and 18:00 h, respectively ($P=0.001$). The lowest values for effluent losses, pH, and $N-NH_3$ were observed at 15:00 h, with significant linear and quadratic effects ($P\leq 0.05$) for the three variables. The harvest time influenced quadratically ($P\leq 0.001$) the DM content of the silage, with 17.14 and 22.64% DM at 06:00 h and 15:00 h, respectively. Crude protein content was also influenced by harvest time, with the highest value (13.78%) at 15:00 h and the lowest at 06:00 h (10.37%) ($P\leq 0.05$). Under the conditions of the study, harvesting guinea grass cv. BRS Zuri grass in the afternoon resulted in a better-quality silage in terms of its sensorial, fermentative, and nutritional characteristics.

Keywords: Forage conservation; harvest schedule; sensorial parameters; silage quality, soluble carbohydrates.

Correspondencia: Rafael Marzall do Amaral, Universidad EARTH,
San José 4442-1000, Costa Rica.
Correo electrónico: rmarzall@earth.ac.cr

Introducción

Los ensilajes de pastos tropicales como *Megathyrsus maximus* y *Cenchrus purpureus* ofrecen ventajas clave con relación a los cultivos ensilados tradicionalmente, como el maíz o sorgo, tales como el alto rendimiento, carácter perene y resistencia a plagas (Jank et al. 2017; Pereira et al. 2017); sin embargo, este potencial es limitado por retos tales como las bajas concentraciones de materia seca (MS) y carbohidratos solubles, que dificultan la fermentación, resultando en una menor calidad del ensilaje.

Algunas estrategias utilizadas tradicionalmente, para mejorar estos parámetros son el pre secado y el uso de aditivos con capacidad de absorción de la humedad, que en algunos casos también aportan carbohidratos al proceso de fermentación. Estos métodos, sin embargo, pueden ser laboriosos en plantas de porte erecto y tallos gruesos, y además traen costos adicionales por la adquisición de los aditivos (Bernardes et al. 2018; Avila et al. 2022).

Algunos investigadores (Guo Gang et al. 2015; Dong Zhihao et al. 2022) han identificado fluctuaciones en la composición de los forrajes a lo largo del día, obteniendo mayores concentraciones de materia seca y de carbohidratos solubles en las plantas cosechadas en horas de la tarde. En ese contexto, la deshidratación parcial de las plantas y el acúmulo de los productos fotosintéticos potencialmente fermentables que ocurren a lo largo del día podrían ser suficientes para mejorar

el proceso fermentativo y obtener un ensilaje de mejor calidad a partir de pastos tropicales tales como la guinea cv. BRS Zuri; sin que esto implique un aumento de los costos de producción, como ocurre con el pre secado o el uso de aditivos secantes. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del horario de cosecha sobre parámetros de ensilabilidad, fermentativos y nutricionales cuando se preparan ensilajes de pasto guinea (*M. maximus*) cv. BRS Zuri.

Materiales y Métodos

Ubicación del estudio y condiciones de crecimiento del forraje

El pasto guinea (*M. maximus*) cv. BRS Zuri fue cultivado en la Unidad Académica de Producción Animal de la Universidad EARTH (10° 12' 45" N y 83° 35' 39" O; con una elevación de 40 m.s.n.m.), ubicada en la provincia de Limón, Costa Rica. Durante el periodo de crecimiento vegetativo (20 de abril a 4 de junio de 2022) la temperatura promedio fue de 25.17 °C, la precipitación acumulada fue de 99.84 mm y la humedad relativa de 80.3%, según datos de la estación meteorológica de la Universidad EARTH. Estas condiciones no difirieron de los valores observados a lo largo de los últimos 3 años. En la Figura 1 se presenta la temperatura y la radiación solar por hora en el día en que se cosechó el pasto y se prepararon los silos.

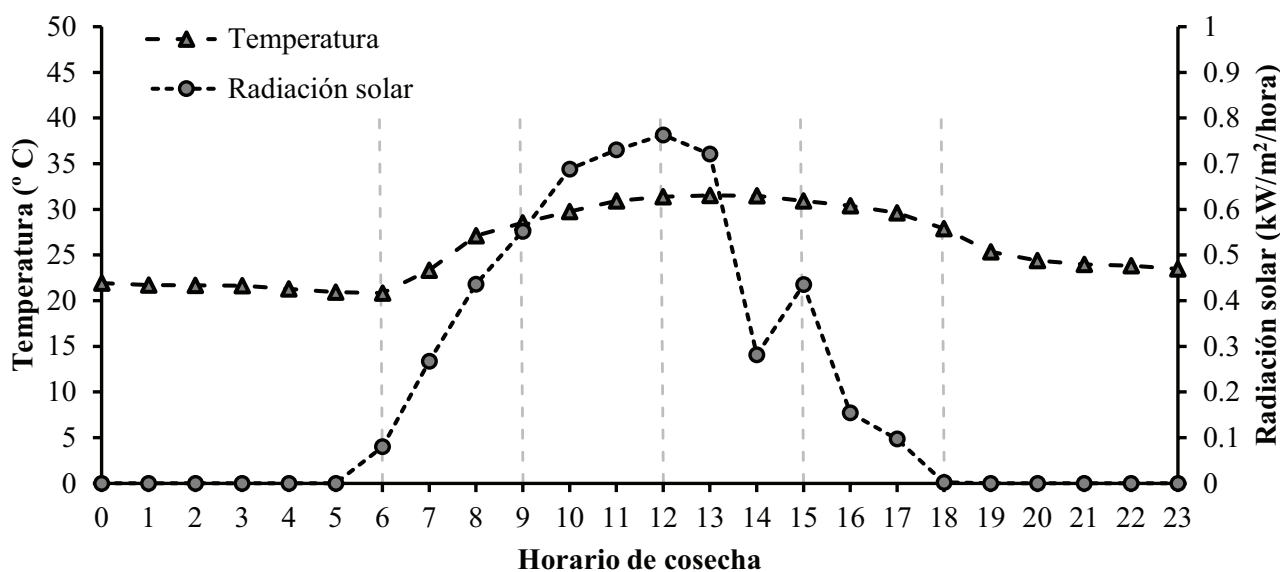


Figura 1. Temperatura (°C) y radiación solar por m² (kW/m²) por hora el día 4 de junio de 2022, fecha de la cosecha del pasto y preparación de los silos. Líneas grises verticales indican los horarios de cosecha.

Cosecha y composición nutricional inicial

En el Cuadro 1 se presenta la composición nutricional inicial del pasto en los distintos momentos de cosecha. La cosecha se realizó a los 45 días del último corte y fertilización nitrogenada (50 kg N/ha), en este momento las plantas presentaban una altura promedio de 1.72 ± 0.22 m. El corte se realizó dejando un residuo de aproximadamente 0.30 m, asegurando elevada proporción de hojas. Las plantas de los bordes del área de cultivo se desecharon y los muestreos avanzaron sobre dos hileras paralelas dentro de una misma parcela.

Procesamiento del pasto

El pasto cosechado en los diferentes horarios se picó usando una picadora eléctrica estacionaria. El tamaño de las partículas resultantes se determinó con un Separador de Partículas de Forraje de Penn State ([Heinrichs y Jones 2013](#)), obteniendo 47.77% de partículas mayores a 19 mm, 35.26% entre 8 y 19 mm y 16.97% menores a 8 mm. En seguida se tomaron muestras del material fresco, las que se condujeron al laboratorio para la caracterización inicial y determinación de los parámetros de ensilabilidad. Posteriormente el forraje fue introducido y compactado manualmente en microsilos de PVC con capacidad para almacenar aproximadamente 2,150 kg. Los microsilos contaban con tapa dotada de una válvula para liberación de gases. Después del cierre, los microsilos se ubicaron verticalmente y se mantuvieron sin abrir por un período de 45 días para garantizar que culminara el proceso de fermentación.

Variables estudiadas

Parámetros de ensilabilidad. En las muestras de pasto recién cosechado, se determinó el contenido de materia seca luego de secado a 60 °C por 72 h, en horno de ventilación forzada, hasta alcanzar peso constante. Luego, en las muestras secas, se determinó la concentración de carbohidratos solubles (CS) expresada con base en el porcentaje de la materia seca determinada por el método fenol sulfúrico y colorimetría ([DuBois et al. 1956](#)); la capacidad de amortiguamiento (CA), presentada como miliequivalentes de NaOH por 100 g de MS, se determinó usando la metodología propuesta por Playne y McDonald ([1966](#)). Esta a su vez fue transformada a capacidad de amortiguamiento, expresada en gramos de ácido láctico por kg de materia seca, por medio de la Ecuación 1 propuesta por Clavin et al. ([2017](#)). A partir de esos datos se determinó el coeficiente de fermentación (CF) propuesto por Weissbach y Honig ([1996](#)) (Ecuación 2).

Ecuación 1:

$$CA \text{ (g de ácido láctico/100 g de MS)} = 0.0154 \times CA \text{ (mEq/100 g de MS)} - 0.2115$$

Ecuación 2:

$$CF = \text{Materia seca (\%)} + 8 \times \frac{\text{Carbohidratos solubles (\%)}}{CA \text{ (g de ácido láctico/100 g de MS)}}$$

Cuadro 1. Composición nutricional del pasto *Megathyrus maximus* cv. Zuri cosechado en cinco horarios distintos, previo al proceso de ensilado.

Variables	Horario de cosecha				
	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
Materia seca (%)	18.7	19.6	21.1	21.9	21.0
Proteína bruta (% de la MS)	16.8	18.2	17.5	14.5	16.7
Fibra detergente neutro (% de la MS)	69.4	70.2	68.6	70.4	66.9
Fibra detergente ácido (% de la MS)	38.8	37.9	36.9	40.0	35.2
Extracto etéreo (% de la MS)	3.0	3.7	3.4	3.3	3.4

Parámetros fermentativos. Al cabo de los 45 días se extrajo el ensilaje contenido en los microsilos y se pesó, para determinar el por ciento de pérdidas por lixiviación ([Jobim et al. 2007](#)). El contenido de cada microsilo fue homogeneizado y se procedió a separar en cuatro submuestras para análisis sensoriales, microbiológicos, químicos y bromatológicos.

El análisis sensorial se realizó de acuerdo con la escala descrita por Chaverra y Bernal ([2000](#)) (Cuadro 2).

La estabilidad aeróbica del ensilaje, definida como el tiempo transcurrido desde la apertura del silo hasta que la temperatura del silo sobrepase en 2 °C la temperatura ambiente, se determinó utilizando submuestras de 500 g, monitoreadas por un periodo de 5 días con toma de datos cada 30 minutos, usando registradores automáticos de temperatura (Temperature Data Logger RC-5, Elitech, San Jose, CA).

El recuento del total de mohos y levaduras se realizó en placas de Petri comerciales (3M™ Petrifilm™), para lo cual se utilizaron disoluciones de cada una de las muestras al 10⁻³, 10⁻⁴ y 10⁻⁵ en solución salina (cloruro de sodio al 0.85%), seguida de la inoculación y posterior incubación de las placas Petri por 5 días a 25 °C ([Bird et al. 2015](#)). El recuento de las poblaciones microbianas se realizó como unidades formadoras de colonias por gramo de forraje, y se usó la transformación logarítmica previo al análisis estadístico.

El pH se determinó a partir de una extracción de 20 g de ensilaje fresco, la cual se diluyó en 80 ml de agua destilada y la mezcla se agitó por 20 minutos a una frecuencia de 160 rpm, y luego se dejó en reposo por una hora, para luego filtrar a través de una gasa, y del filtrado se tomó 100 ml en el cual se determinó el pH ([Bernardes et al. 2019](#)). El nitrógeno amoniacal (NH₃-N)

se determinó por el método de Neesler ([Kozłowska et al. 2021](#)), y la lectura por espectrofotometría (HANNA HI801-01; Hanna Instruments Italia Srl).

Parámetros nutricionales

El contenido de materia seca en muestras de forraje fresco y ensilado se determinó secando muestras de aproximadamente 250 g en horno de aire forzado a 60 °C por 72 horas, hasta alcanzar peso constante. La concentración de nitrógeno se determinó con el método de Dumas ([Wendt Thiex 2023](#)), y la proteína bruta (PB) se calculó multiplicando la concentración de N por la constante 6.25. La fibra detergente neutro (FDN) y la detergente ácido (ADF) se determinaron por el método de Van Soest et al. ([1991](#)), a través de la técnica de bolsas filtrantes, utilizando sulfito de sodio, sin la adición de alfa amilasa. El contenido de cenizas se determinó por calcinación en mufla a 550 °C por 3 h y la materia orgánica fue obtenida por diferencia de la MS menos la ceniza. El extracto etéreo se cuantificó según la metodología descrita por Barbosa et al. ([2017](#)).

Diseño experimental y Análisis estadísticos

Los tratamientos consistieron en la cosecha del pasto a las 06:00, 09:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas de un mismo día. Se utilizó un diseño irrestricto al azar considerando cinco tiempos de cosecha, con tres repeticiones para los parámetros de ensilabilidad y cuatro repeticiones (microsilos) para los ensilajes.

La respuesta a los horarios de cosecha en los parámetros de ensilabilidad, fermentativos y nutricionales se ajustaron por medio de análisis de regresión.

Cuadro 2. Parámetros considerados en el análisis sensorial ([Chaverra y Bernal 2000](#)).

Indicadores	Calidad			
	Mala (1)	Regular (2)	Buena (3)	Excelente (4)
Color	Marrón oscuro casi negro o negro.	Verde Oscuro	Verde amarillento, tallos con tonalidad más pálida que las hojas.	Verde aceituno o amarillo oscuro
Olor	Desagradable, a mantequilla rancia.	Fuerte, ácido, semejante al vinagre	Agradable, con ligero olor a vinagre	A miel o azucarado de frutas maduras
Textura	No se puede diferenciar entre hojas y tallos, masa amorfa, jabonosa al tacto, húmeda y brillante.	Las hojas se separan fácilmente de los tallos. Las hojas tienden hacer transparentes y los vasos venosos muy amarillos.	Las hojas se separan fácilmente de los tallos. Las hojas tienden hacer transparentes y los vasos venosos muy amarillos.	El forraje conserva sus contornos continuos, bien definidos. Las hojas permanecen unidas al tallo.

Resultados

Parámetros de ensilabilidad

Los datos relativos a la ensilabilidad son presentados en la Figura 2. La concentración de materia seca presentó una tendencia lineal creciente ($P=0.014$), con su menor valor (18.74%) a las 06:00 horas. La concentración de carbohidratos solubles también tendió a incrementar linealmente en función de las horas de cosecha ($P<0.001$); donde los pastos cosechados a las 15:00 y 18:00 horas presentaron una concentración superior en un 66.35 y 93.45%, respecto a la obtenida en el primer muestreo (06:00 horas). La capacidad de amortiguamiento presentó un efecto cúbico ($P=0.006$), con el valor más bajo a las 15:00 horas y el más alto a las 18:00 horas (37.33 y 85.66 mEq/100g de MS, respectivamente). El coeficiente de fermentación (CF) varió en función de la hora de cosecha presentando un efecto cuadrático ($P=0.004$), siendo el valor más bajo (19.61) a las 6:00 horas y el más alto (24.52) a las 15:00 horas, estando ambos por debajo del rango considerado como crítico que es de 35.0, mientras que aquellos con valores superiores a 45 son considerados de fácil ensilabilidad ([Wang Musen et al. 2020](#)).

Parámetros fermentativos

Los parámetros sensoriales de color y olor de los ensilajes estuvieron influenciados de forma cuadrática ($P\leq 0.05$) por los horarios de cosecha, siendo los mejores puntajes obtenidos para los ensilajes de los pastos cosechados a las 12:00 h y 15:00 h (Cuadro 3). El ensilaje del pasto cosechado a las 15:00 h obtuvo la mejor calificación para el olor, considerado agradable y con ligero olor a vinagre. Independientemente del horario de cosecha, el proceso fermentativo fue suficientemente eficiente para preservar la estructura del material, los contornos se mantuvieron continuos y bien definidos, recibiendo todas las muestras la calificación 4.

Los horarios de cosecha no afectaron los recuentos de mohos y levaduras (Cuadro 3), presentando valores similares para todos los horarios ($P>0.05$), lo que sugiere que no hubo diferencias en la estabilidad aeróbica de los ensilajes. Los bajos valores observados para estas variables permitieron que la temperatura de los ensilajes, después de la apertura del silo y consecuente exposición al aire, no sobrepasase en $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ la temperatura ambiental al cabo de 120 h después de abierto el silo, lo que demuestra que estos tuvieron una estabilidad elevada.

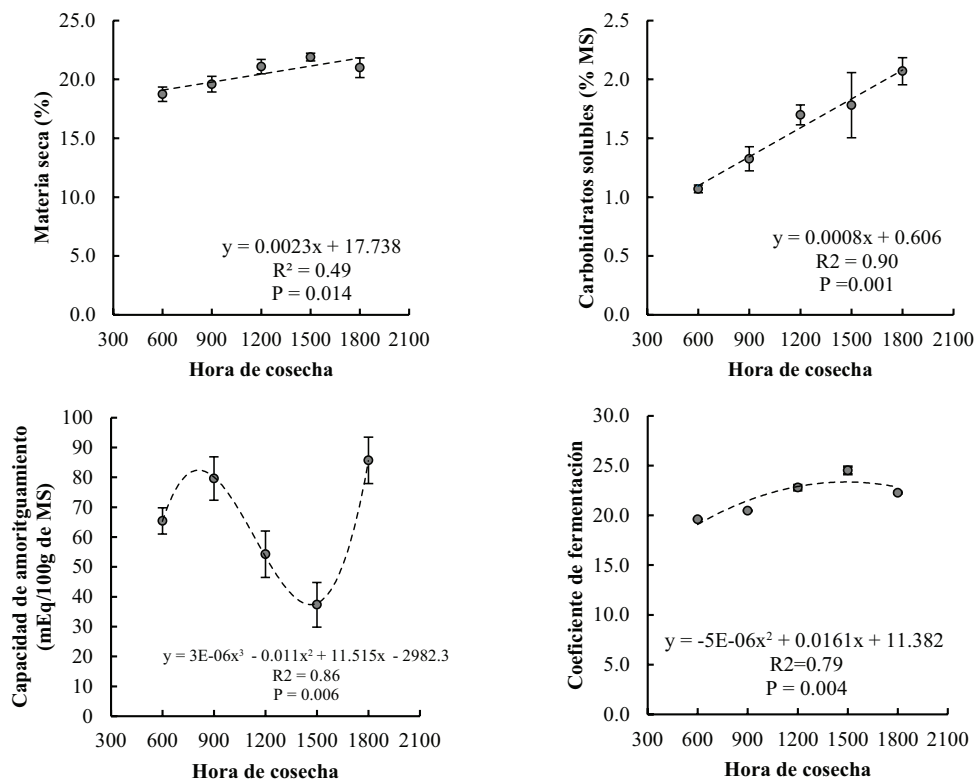


Figura 2. Contenidos de materia seca, carbohidratos solubles, capacidad de amortiguamiento y coeficiente de fermentación del pasto *Megathyrus maximus* cv. Zuri cosechado a diferentes horas del día. Las barras verticales indican el error estándar de la media.

Cuadro 3. Parámetros sensoriales y recuento microbiano del ensilaje del pasto *Megathyrsus maximus* cv. Zuri cosechado a diferentes horas del día.

Variables	Horario de cosecha					Valor P		
	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	Lineal	Cuadrática	E.E.
Parámetros sensoriales								
Color	3.0	3.0	3.9	3.6	3.1	0.214	0.007	0.10
Olor	2.5	2.8	2.9	3.1	2.8	0.052	0.009	0.06
Textura	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	-	-	0.00
Recuento microbiano								
Mohos (\log_{10} UFC/g de MF ¹)	0.0	2.3	1.2	0.0	0.0	0.405	0.235	0.19
Levaduras (\log_{10} UFC/g de MF)	3.1	3.0	4.5	0.0	2.9	0.431	0.743	0.26

¹MF=Materia fresca

La Figura 3 resume los datos obtenidos para pérdida de efluentes, pH final y nitrógeno amoniacal. El ensilaje de los pastos cosechados a las 12:00 y 15:00 h presentaron menores pérdidas de efluentes, con pérdidas inferiores a 1.6%, valores sustancialmente inferiores a los 9.9% de pérdidas del pasto cosechado a las 06:00 h. El pH del ensilaje de los pastos cosechados después de las 12:00 h fue menor al obtenido en forrajes cosechados en horas de la mañana ($P \leq 0.05$), resultando en valores de 4.52 y 4.67, para los pastos cosechados a las 15:00 h y 18:00 h, respectivamente. Así mismo, los pastos cosechados antes del mediodía presentaron mayor degradación de la proteína, con valores de N-NH₃ que sobrepasaron el 14%, que se considera como crítico (Kung et al. 2018).

Parámetros nutricionales

Se detectó un efecto cuadrático ($P < 0.01$) para los cambios en la concentración de materia seca de los ensilajes en función de la hora en que se cosechó el forraje para ser ensilado. Los pastos cosechados en las horas de la mañana resultaron en ensilajes con inferior concentración de MS (Cuadro 4); ésta tendió a incrementar hasta las 15:00 h (22.6%), para luego declinar. La concentración de proteína en función de la hora de cosecha también presentó una tendencia cuadrática, alcanzando el valor más alto (13.8%) a las 15:00 h. Las concentraciones de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, materia orgánica y cenizas no fueron influenciadas por los horarios de cosecha ($P > 0.05$); en cambio, la concentración del extracto etéreo alcanzó su valor más alto a las 9:00 h (6.7%) para luego tender a declinar ($P < 0.01$).

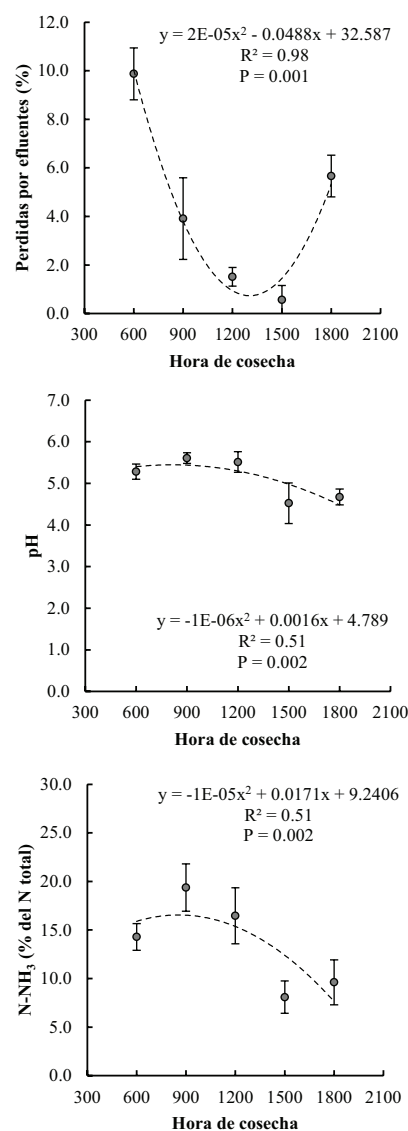


Figura 3. Pérdidas por efluentes, pH y contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) del ensilaje del pasto *Megathyrsus maximus* cv. Zuri cosechado a diferentes horas del día. Las barras verticales indican el error estándar de la media.

Cuadro 4. Parámetros nutricionales del ensilaje *Megathyrus maximus* cv. Zuri cosechado a diferentes horas del día.

Variables	Horario de cosecha					Valor P		
	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	Lineal	Cuadrática	E.E.
Materia seca (% de la MF ¹)	17.1	19.8	20.2	22.6	20.3	0.001	0.000	0.43
Proteína bruta (% de la MS)	10.4	10.8	11.1	13.8	12.3	0.002	0.005	0.34
FDN (% de la MS)	69.1	72.0	70.6	66.3	69.1	0.345	0.600	0.83
FDA (% de la MS)	41.8	46.1	41.4	37.3	39.9	0.111	0.296	2.89
Materia orgánica (% de la MS)	87.8	83.5	85.7	87.8	84.1	0.491	0.782	0.62
Extracto etéreo (% de la MS)	6.3	6.7	6.3	5.7	4.6	0.001	0.003	0.21

¹MF=Materia fresca

Discusión

Parámetros de ensilabilidad

La concentración más baja de materia seca en las primeras horas del día puede atribuirse a la presencia del rocío nocturno que queda adherido a la parte externa de la planta, pero debe ser más importante aún el efecto de secado a medida progresan las horas diurnas, como consecuencia de la transpiración de las plantas, producto del incremento en temperatura. Un efecto similar de la hora del día sobre el contenido de materia seca fue reportado por Dong Zhihao et al. (2022) en el híbrido de *Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*, quienes encontraron 2.2 unidades en por ciento más cuando el forraje se cosechó a las 15:00 vs. 07:00 h. Las bajas concentraciones de materia seca de los pastos, en el momento de la preparación del ensilaje, tienen implicaciones negativas en el proceso, pues fermentaciones indeseables conducen a pérdidas de materia seca, destrucción de hemicelulosa, celulosa, carbohidratos solubles, proteínas y resultan en un mayor pH final, con una concentración de ácido láctico reducida (Yahaya et al. 2020; Chen Rong et al. 2022; Dong Zhihao et al. 2022).

El incremento en la concentración de carbohidratos solubles en el ensilaje como producto de demoras en la hora de cosecha (Figura 2) confirma lo reportado por Dong Zhihao et al. (2022), trabajando con el híbrido de *S. bicolor* × *S. sudanense* cosechado a las 07:00 h, 12:00 h y 17:00 h, con concentraciones crecientes de 7.8, 10.6 y 13.9% de carbohidratos solubles, respectivamente. También Guo Gang et al. (2015) obtuvieron un incremento de 24.7% en la concentración de carbohidratos solubles en el pasto Napier (*C. purpureus*) cosechado a las 18:00 h respecto al cosechado a las 08:00 h. Este efecto es el

resultado del proceso fotosintético, que en gramíneas tropicales corresponden principalmente a la síntesis de glucosa y acumulación de sacarosa (Volenec y Nelson 2020). La variación observada en este estudio en la concentración de carbohidratos solubles en función de la hora de cosecha debe corresponder al almacenamiento de corto plazo de estos compuestos durante el día y a la utilización de estos en las diferentes rutas metabólicas que aportan glucosa para la respiración celular (Hopkins y Hüner 2008).

La capacidad de las plantas para resistir la reducción del pH está influenciada por diversos factores, incluyendo la presencia de ácidos orgánicos, sulfato, nitratos y la concentración de proteínas (Buxton y O'Kiely 2003). Además, se ha observado una variación diurna en esta capacidad de amortiguamiento, como lo demostraron Guo Gang et al. (2015), quienes encontraron resultados más altos durante las horas de la tarde. Los resultados obtenidos por esos autores fueron más consistentes en comparación con los del presente estudio, quizás por el período corto de sombra que ocurrió entre las 13:00 y las 15:00 h, perceptible por la brusca reducción en la radiación solar (Figura 1), lo cual puede haber influido en este parámetro, ya que durante estas horas los procesos fotosintéticos tienden a disminuir alterando la composición de las plantas.

Investigando opciones para mejorar el proceso fermentativo del ensilaje en el pasto *M. maximus* cv. Mombaça, Tomaz et al. (2018) encontraron que la altura de la cosecha no solo influyó en el valor nutricional, sino también en la concentración de carbohidratos solubles y materia seca, lo que les llevó a concluir que la cosecha del pasto Mombaça a una altura de 130 cm resultó en un coeficiente de fermentación de 31.0, mejor al encontrado en este estudio, pero todavía por debajo del mínimo recomendado que es de 35.

Parámetros fermentativos

El incremento observado en la concentración de materia seca y de carbohidratos solubles como resultado de la demora en el horario de cosecha (Figura 2) parece fue suficiente para mejorar los parámetros fermentativos, favoreciendo la multiplicación de los microorganismos deseables y la colonización del sustrato ([Guo Gang et al. 2015](#)), resultando en ensilajes de mejor calidad sensorial y química.

De acuerdo con Bernardes et al. (2018) los ensilajes de pastos tropicales tienden a ser de menor calidad que los preparados con forrajes de zona templada, esto por las bajas concentraciones de ácido láctico y mayores valores finales de pH. Esto se reflejó en el olor final de los ensilajes, que presentaron olores ligeros a vinagre debido a la presencia del ácido acético, el cual es volátil y está presente en mayor proporción en ensilajes de pastos tropicales.

Las horas de exposición al sol permitieron incrementos significativos en la concentración de materia seca y de los carbohidratos solubles. Este punto está ampliamente discutido en la literatura, especialmente en investigaciones que evalúan la operación de secado parcial o marchitamiento y sus consecuencias en el proceso fermentativo ([Wan Jiang Chun et al. 2021](#); [Chen Rong et al. 2022](#)). El aumento en la concentración de materia seca, en función de los horarios de cosecha, fue suficiente para reducir las pérdidas por efluentes llegando a un valor mínimo de 0.57% a las 15:00 h.

Solamente el pH de los ensilajes con los pastos cosechados a las 15:00 h (4.52) y 18:00 h (4.67) (Figura 3) estuvo dentro de los rangos establecidos por Kung et al. (2018) (pH 4.30–4.70) para ensilajes de pastos. Los pH obtenidos fueron suficientes para minimizar la degradación del forraje y la multiplicación de microorganismos no deseables. Como consecuencia de la reducción en el pH, los únicos ensilajes que tuvieron concentraciones de N-NH₃ dentro de los rangos establecidos como aceptables por Kung et al. (2018) (8 a 12 % de N-NH₃) fueron los ensilajes de los pastos cosechados a las 15:00 y 18:00 h (8.08 y 9.61%, respectivamente), todos los demás superaron los 14.2% N-NH₃ del N total (Figura 3). Franco y Rinne (2023) trabajando con las gramíneas de zona templada, pastos Timothy (*Phleum pratense*) y Festuca (*Festuca pratensis*),

observaron mayores concentraciones de amoníaco (NH₃) en los pastos con menor concentración de materia seca, lo cual se ha atribuido a que una reducción lenta del pH permite la actividad de los clostridios, los cuales realizan la degradación de las proteínas de las plantas a NH₃ ([McDonald et al. 1991](#); [Franco y Rinne 2023](#)).

Parámetros nutricionales

Las variaciones en la composición nutricional de los ensilajes como resultado de los horarios de cosecha se explican por cambios en la composición de las plantas al momento de cosecha y su efecto respectivo sobre el proceso fermentativo. Las variables nutricionales MS, PB y EE en los ensilajes fueron las únicas influenciadas por los horarios de cosecha de los forrajes. Los contenidos de materia seca inicial y final estuvieron directamente relacionados e influenciaron las pérdidas por lixiviación. Las mayores concentraciones de PB encontradas en los ensilajes de pastos cosechados a las 15:00 y 18:00 h (13.8 y 12.3%, respectivamente) están relacionadas con los procesos metabólicos diurnos y nocturnos de las plantas, los cuales redundan en el proceso fermentativo cuando son ensilados. Buxton y O'Kiely (2003) sugieren que las proteínas de las plantas tienden a degradarse durante el periodo nocturno y a sintetizarse nuevamente a lo largo del día, lo que genera su acumulación. Además, las condiciones fermentativas observadas en los horarios de la tarde (Figura 3) resultaron en una menor degradación de las proteínas, permitiendo así su preservación.

Posibilidad de aplicación de los resultados

Los hallazgos de esta investigación evidencian los beneficios de cosechar en horas de la tarde los pastos que se van a ensilar. Sin embargo, deben considerarse otros factores que inciden en la realización de la cosecha y la elaboración del silo. Por ejemplo, es importante tener en cuenta elementos climáticos, como los horarios habituales de las lluvias y las previsiones meteorológicas. Además, los horarios de la mano de obra también son importantes, ya que mover la cosecha a horas de la tarde podría requerir ajustes en los horarios laborales, la contratación de horas extras o de trabajadores externos, dependiendo del manejo individual de cada unidad de producción.

Conclusiones

Cosechar el pasto BRS Zuri (*Megathyrsus maximus*) en horas de la tarde resulta en ensilajes de mejor calidad en aspectos fermentativos y nutricionales. El incremento en el contenido de materia seca y la acumulación de carbohidratos solubles en el pasto a ser ensilado resultaron en menores pérdidas por efluentes, menor pH, menor degradación de la proteína y mayor concentración final de proteína bruta.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada con financiamiento del programa académico de la Universidad EARTH, proyecto 22043.

Referencias

(Nota de los editores: Enlaces verificados el 10 de enero de 2025).

- Avila AS de; Zambom MA; Faccenda A; Neres MA; Muxfeldt L; Schneider CR; Stum MM; Dri R; Schneider PR. 2022. Effects of adding agro-industrial by-products and bacterial inoculant at ensiling on nutritional quality and bacterial colonization of Tifton 85 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] silages. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 10(3):204–213. doi: [10.17138/TGFT\(10\)204-213](https://doi.org/10.17138/TGFT(10)204-213)
- Barbosa MM; Detmann E; Valadares SC; Detmann KS; Franco MO; Batista ED; Rocha GC. 2017. Evaluation of methods for the quantification of ether extract contents in forage and cattle feces. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89(2):1295–1303. doi: [10.1590/0001-3765201720160708](https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160708)
- Bernardes TF; Gervásio JRS; De Moraes G; Casagrande DR. 2019. A comparison of methods to determine pH in silages. *Journal of Dairy Science* 102(10):9039–9042. doi: [10.3168/jds.2019-16553](https://doi.org/10.3168/jds.2019-16553)
- Bernardes TF; Daniel JLP; Adesogan AT; McAllister TA; Drouin P; Nussio LG; Huhtanen P; Tremblay GF; Bélanger G; Cai Y. 2018. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science* 101(5):4001–4019. doi: [10.3168/jds.2017-13703](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13703)
- Bird P; Flannery J; Crowley E; Agin J; Goins D; Jechorek R. 2015. Evaluation of the 3M™ Petrifilm™ rapid yeast and mold count plate for the enumeration of yeast and mold in food: Collaborative study, first action 2014.05. *Journal of AOAC International* 98(3):767–783. doi: [10.5740/jaoacint.15-006](https://doi.org/10.5740/jaoacint.15-006)
- Buxton DR; Muck RE; Harrison JH, eds. 2003. Preharvest plant factors affecting ensiling. *Silage science and technology*. Agronomy Monographs Vol 42. p.199–250. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, United States. doi: [10.2134/agronmonogr42.c5](https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c5)
- Chaverra G; Bernal E. 2000. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. p. 65–123 IICA Tercer Mundo Editores, Bogotá, Colombia. [handle/11324/11153](https://hdl.handle.net/11324/11153)
- Chen Rong; Li Mao; Yang Jinsong; Chen Liwei; Zi Xuejuan; Zhou Hanlin; Tang Jun. 2022. Exploring the effect of wilting on fermentation profiles and microbial community structure during ensiling and air exposure of king grass silage. *Frontiers in Microbiology* 13:971426. doi: [10.3389/fmicb.2022.971426](https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.971426)
- Clavin D; Crosson P; Grant J; O’Kiely P. 2017. Red clover for silage: management impacts on herbage yield, nutritive value, ensilability and persistence, and relativity to perennial ryegrass. *Grass and Forage Science* 72(3):414–431. doi: [10.1111/gfs.12249](https://doi.org/10.1111/gfs.12249)
- Dong Zhihao; Li Junfeng; Wang Siran; Dong Dong; Shao Tao. 2022. Time of day for harvest affects the fermentation parameters, bacterial community, and metabolic characteristics of sorghum-Sudangrass hybrid silage. *mSphere* 7(4):e00168–22. doi: [10.1128/msphere.00168-22](https://doi.org/10.1128/msphere.00168-22)
- DuBois M; Gilles KA; Hamilton JK; Rebers PA; Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28(3):350–356. doi: [10.1021/ac60111a017](https://doi.org/10.1021/ac60111a017)
- Franco M; Rinne M. 2023. Dry matter content and additives with different modes of action modify the preservation characteristics of grass silage. *Fermentation* 9(7):640. doi: [10.3390/fermentation9070640](https://doi.org/10.3390/fermentation9070640)
- Guo Gang; Yuan Xian Jun; Wen Ai You; Liu Qiang; Zhang Shuan Lin; Shao Tao. 2015. Silage fermentation characteristics of napiergrass harvested at various times on a sunny day. *Crop Science* 55(1):458–464. doi: [10.2135/cropsci2014.03.0172](https://doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0172)
- Heinrichs J; Jones CM. 2013. The Penn state particle separator. Penn State Extension, Department of Animal Science.
- Hopkins WG; Hüner NPA. 2008. Introduction to plant physiology. 4ta edición. Wiley, New York, USA. ISBN: 978-0-470-24766-2.
- Jank L; Andrade CMS de; Barbosa RA; Macedo MCM; Valério JR; Verzignassi JR; Zimmer AH; Fernandes CD; Santos MF; Simeão RM. 2017. O capim-BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens. Comunicado Técnico 138, Embrapa Gado de Corte, Brasília, DF, Brasil. [handle/doc/1077416](https://hdl.handle.net/doc/1077416)
- Jobim CC; Nussio LG; Reis RA; Schmidt P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(suppl):101–119. doi: [10.1590/S1516-35982007001000013](https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013)
- Kozłowska M; Cieślak A; Jóźwik A; El-Sherbiny M; Gogulski M; Lechniak D; Gao M; Yanza YR; Vazirigohar M; Szumacher-Strabel M. 2021. Effects of partially replacing grass silage by lucerne silage cultivars in a high-forage diet on ruminal fermentation, methane production, and fatty acid composition in the rumen and milk of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 277:114959. doi: [10.1016/j.anifeedsci.2021.114959](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114959)

- Kung L; Shaver RD; Grant RJ; Schmidt RJ. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science* 101(5):4020–4033. doi: [10.3168/jds.2017-13909](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909)
- McDonald P; Henderson AR; Heron SJE. 1991. *The biochemistry of silage*. Chalcombe Publications, Marlow, UK. ISBN: 0-948617-22-5.
- Pereira AV; Léo FJS; Machado JC. 2017. BRS Kurumi and BRS Capiacu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 17(1):59–62. doi: [10.1590/1984-70332017v17n1c9](https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9)
- Playne MJ; McDonald P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 17(6):264–268. doi: [10.1002/jsfa.2740170609](https://doi.org/10.1002/jsfa.2740170609)
- Van Soest PJ; Robertson JB; Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10):3583–3597. doi: [10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Volenc JJ; Nelson CJ. 2020. Carbon metabolism in forage plants. En: Moore KJ; Collins M; Nelson CJ; Redfearn DD, eds. *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. John Wiley & Sons Ltd. p. 65–84. doi: [10.1002/9781119436669.ch4](https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch4)
- Wang Musen; Franco M; Cai Yimin; Yu Zhu. 2020. Dynamics of fermentation profile and bacterial community of silage prepared with alfalfa, whole-plant corn and their mixture. *Animal Feed Science and Technology* 270:114702. doi: [10.1016/j.anifeedsci.2020.114702](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114702)
- Wan Jiang Chun; Xie Kai Yun; Wang Yu Xiang; Liu Li; Yu Zhu; Wang Bing. 2021. Effects of wilting and additives on the ensiling quality and in vitro rumen fermentation characteristics of sudangrass silage. *Animal Bioscience* 34(1):56–65. [10.5713/ajas.20.0079](https://doi.org/10.5713/ajas.20.0079)
- Weissbach F; Honig H. 1996. On the anticipation and control of the run of fermentation silage making from extensively grown forages. *Landbauforschung Volkenrode* 46(1):10–17. (En Alemán). bit.ly/4aowvkr
- Wendt Thiex NJ. 2023. Protein (Crude) in Animal Feed: Dumas Method, AOAC Official Method 968.06. En: Latimer GW, ed. *Official Methods of Analysis* 22va edición. AOAC International Publications. doi: [10.1093/9780197610145.003.1396](https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.1396)
- Yahaya MS; Kawai M; Takahashi J; Matsuoka S. 2002. The effect of different moisture content and ensiling time on silo degradation of structural carbohydrate of orchardgrass. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 15(2):213–217. doi: [10.5713/ajas.2002.213](https://doi.org/10.5713/ajas.2002.213)

(Recibido para publicación 10 de mayo de 2024; aceptado 8 de enero de 2025; publicado 31 de enero 2025)

© 2025



Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales una revista de acceso abierto publicada por el *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).