

# THE JOURNAL OF AGRICULTURE OF THE UNIVERSITY OF PUERTO RICO

---

Issued by the Agricultural Experiment Station of the University of Puerto Rico, Mayagüez Campus, for the publication of articles and research notes by staff members or others, dealing with scientific agriculture in Puerto Rico and elsewhere in the Caribbean Basin and Latin America.

---

VOL. 89

JANUARY AND APRIL 2005

No. 1-2

---

## Evaluación de suero de leche hidratado/ fermentado como aditivo para ensilaje de gramíneas tropicales<sup>1</sup>

Abner A. Rodríguez<sup>2</sup>, Haymée M. Parés<sup>3</sup>  
y Fernando Pérez-Muñoz<sup>4</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 89(1-2):1-22 (2005)

### RESUMEN

En dos experimentos se evaluó el efecto de la adición de suero de leche hidratado (SLH) o éste en las dos formas, con y sin fermentación previa, combinados en partes iguales (SLH/F), sobre las características de ensilaje de gramíneas tropicales (GT). En el primer experimento se evaluaron las características fermentativas y la estabilidad aeróbica de ensilaje hecho de una mezcla de dos GT, Buffel (*Cenchrus ciliaris*) y Pajón (*Dichanthium annulatum*). El SLH se aplicó a razón de 0, 5 y 10% de forraje fresco (p/p). La adición de SLH a ambos niveles redujo el pH a niveles inferiores a 4.5 durante la fermentación, contra valores mayores de cinco en el tratamiento control. Al exponer los ensilajes al aire el pH se mantuvo más bajo en los tratamientos con aditivo, sobretodo el 10% SLH, relativo al control. El segundo experimento evaluó la sucesión microbiana, las características fermentativas y la estabilidad aeróbica del ensilaje de yerba Pangola (*Digitaria decumbens*). Los aditivos fueron 10% de SLH y 10% de SLH/F. Aunque ambos aditivos redujeron el pH, aumentaron la población de bacterias productoras de ácido láctico, disminuyeron la población de coliformes, y no tuvieron efecto en la población de hongos y levaduras, la adición de SLH/F resultó más eficaz que la de SLH. Al exponerse al aire, los ensilajes con aditivo se mantuvieron mejor en términos de pH, temperatura, contenido de carbohidratos solubles y degradabilidad in vitro de la materia seca. Se con-

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la junta editorial el 31 de marzo de 2004.

<sup>2</sup>Catedrático Asociado, Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez, P.O. Box 9030, Mayagüez, PR 00681-9030.

<sup>3</sup>Ex Estudiante Graduada, Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

<sup>4</sup>Ex Catedrático Asociado, Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

cluye que la aplicación de SLH o SLH/F constituye una manera de mejorar la calidad de ensilajes de GT debido a su aporte de carbohidrato fermentable.

**Palabras clave:** gramíneas tropicales, suero de leche, ensilaje

#### ABSTRACT

##### Evaluation of hydrated/fermented milk whey as additive for tropical grass silage

Two experiments were conducted to evaluate the effect of addition of hydrated milk whey (HMW) or a combination in equal parts of HMW previously fermented or not fermented (H/FMW) on tropical grass (TG) silage. The first experiment evaluated the fermentation characteristics and aerobic stability of silage from a mixture of two naturalized TG, Buffel (*Cenchrus ciliaris*) and railroad-track grass (*Dichanthium annulatum*) when HMW was applied at the rate of 0, 5, and 10% (w/w) to green forage. Results indicated that HMW addition at both rates reduced the pH to levels below 4.5 during the fermentation versus values greater than five in the control treatment. Upon exposure to air the pH remained low in the treatments with additive, especially 10% HMW, relative to that of the control. The second experiment evaluated Pangola grass (*Digitaria decumbens*) silage with respect to microbial populations, fermentation characteristics, and aerobic stability. Additives were 10% HMW and 10% H/FMW. Although both additives reduced the pH, increased the population of lactic acid-producing bacteria, decreased the coliform population, and did not affect the populations of molds and yeasts, the addition of H/FMW was more effective than that of HMW. Upon exposure to air, the silages with additive were better preserved in terms of pH, temperature, content of soluble carbohydrate, and in vitro dry matter degradability. It is concluded that both HMW and H/FMW improve the quality of silage made from TG because of their contribution of fermentable carbohydrate.

**Key words:** tropical grasses, milk whey, silage

#### INTRODUCCIÓN

La producción de ensilaje en climas tropicales se ve limitada debido al bajo contenido de carbohidratos solubles en agua (CSA) en la mayoría de los forrajes locales y a la baja población tanto epifítica como la formada en el transcurso de la fermentación de bacterias productoras de ácido láctico (BPAL) (Ojeda et al., 1987; Ojeda, 1988; Luis et al., 1991). La utilización de aditivos, como el suero de leche, con contenidos de CSA apropiados para la fermentación de forrajes, pretende aumentar la proporción de sustrato disponible para el crecimiento y dominancia de BPAL. El suero es un subproducto de la producción de queso que actualmente representa un problema para la industria lechera local debido a la dificultad de su disposición. En forma deshidratada, el suero de leche tiene un alto contenido de CSA lo que sugiere su posible utilización como un aditivo tipo estimulante para la fermentación de forrajes. El objetivo de esta investigación, que consistió de dos experimentos, fue evaluar el efecto de la adición de suero hidratado, sin fermentar y fermentado, en diferentes proporciones, sobre el proceso fermentativo y la estabilidad aeróbica de gramíneas tropicales (GT).

**MATERIALES Y MÉTODOS***Proceso fermentativo*

Se cosecharon dos gramíneas tropicales naturalizadas: Bueff ( *Cenchrus ciliaris* ) y Pajón, ( *Dicanthium annulatum* ) en el experimento I; y yerba Pangola ( *Digitaria decumbens* ) en el experimento II, a 60 d del rebrote en una hacienda comercial en Lajas, Puerto Rico. El forraje se marchitó durante 14 a 16 h (5 pm a 9 am) a temperatura ambiente (25° C) y se transportó al Laboratorio de Nutrición del Departamento de Industria Pecuaria del Recinto Universitario de Mayagüez. El material vegetativo se cortó en pedazos de aproximadamente 2.5 cm de largo y se sometió a tres tratamientos. En ambos experimentos el aditivo del tratamiento 1 (control) consistió de agua. En los tratamientos 2 y 3 se añadió suero de leche hidratado (SLH). El suero de leche usado en este experimento contiene (base seca) 76% de CSA, 11% de proteínas, 1.5% de grasa, 10% de minerales, y un pH de 5.5 (Wilfran Agricultural Industries, Inc., Pennsylvania).<sup>5</sup> Para el experimento I, los aditivos de los tratamientos 2 y 3 fueron soluciones de SLH al 5 y 10% (p/p), respectivamente. En el experimento II, el aditivo del tratamiento 2 fue una solución de SLH al 10% (p/p), mientras que el aditivo del tratamiento 3 fue una solución de suero de leche/fermentado (SLH/F) al 10% (p/p). El SLH se mezcló a razón de 500 g por litro de agua para preparar la solución de 5% (p/p) y 1,000 g por litro de agua para preparar la de 10% (p/p). El SLH/F se produjo fermentando el SLH al 5% (p/p) durante 144 h en un envase cubierto a temperatura ambiente. Durante este proceso se analizó el SLH para pH y BPAL a las 0, 12, 24, 48, 72 y 144 h de fermentación. La fermentación se detuvo a las 144 horas, cuando el suero había llegado a un pH de 4.67 y una población de BPAL de 10<sup>7</sup> ufc/ml. El aditivo disuelto en un litro de agua se aplicó a porciones de 10 kg de forraje en cada tratamiento. El forraje se mezcló manualmente con el aditivo y se ensiló en microsilos de laboratorio construidos de PVC y con capacidad de 1.8 kg. Los microsilos se equiparon con una válvula en su parte superior para la liberación de gases y se almacenaron a temperatura ambiente (26 a 29° C). En ambos experimentos se abrieron tres silos por tratamiento después de siete períodos de fermentación (0, 2, 4, 7, 14, 28 y 56 d) y el ensilaje resultante se evaluó para determinar pH, cambios en composición química y productos finales de fermentación.

Para la determinación del pH, se mezclaron 50 g de ensilaje de cada tratamiento correspondiente a cada día de fermentación con 450 ml de

<sup>5</sup>Las marcas registradas sólo se usan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

agua destilada (pH 7.0) y se agitó durante dos minutos (Stomacher 3500). La solución homogenizada se filtró a través de cuatro capas de gasa esterilizada y el extracto se utilizó para medir el pH con un medidor de pH equipado con un electrodo de combinación (Beckman 50 pH Meter, Bekman Instruments, Fullerton, CA). El medidor de pH se estandarizó de pH 4 a 7 utilizando soluciones amortiguadoras comerciales (Fisher Scientific, Fair Lawn, NY). Los productos de fermentación se analizaron en el extracto de la solución homogenizada de cada tratamiento correspondiente a cada día de fermentación. Los análisis incluyeron N-amoniaco (Strickland and Parsons, 1972) y ácidos orgánicos por cromatografía de gases (Perking-Elmer, Sigma 300 FID/HWO, Norwalk, CT). Para determinar los cambios en composición química se analizó el contenido de materia seca (MS) (65° C/72 h), cenizas (550° C/12 h), N-total (AOAC, 1990), CSA (Dubois et al., 1956) y fracciones fibrosas (Van Soest et al., 1991).

En el experimento II, además de determinar pH, cambios en la composición química y productos de fermentación de los ensilajes resultantes, se evaluó la temperatura, color y textura del material ensilado durante el período de fermentación. Se midió la temperatura utilizando termopares introducidos en los microsilos designados para abrirse el día 56 de fermentación. Se midió la temperatura ambiental (OMEGA, Handheld Digital Multimeter/Thermometer and Relative Humidity Meter) en las siete fechas en que se abrieron silos para analizar el ensilaje resultante. Para observar los cambios en color y textura se tomó una muestra representativa de cada silo correspondiente a cada tratamiento y día de fermentación y se evaluó mediante el colorímetro (Hunter Lab, Mini Scan XE) y el texturómetro (Texture Analyser, TA-XT2). El color de las muestras se evaluó con los valores obtenidos de 1) L, la cual designa la claridad de la muestra, en donde 100 representa blanco y 0 representa negro; 2) a, que indica el color rojo cuando es positivo (+) o verde cuando los valores obtenidos son negativos (-); y 3) b, que indica el color amarillo en la muestra cuando los valores son positivos (+) y azul cuando son negativos (-). El texturómetro estaba equipado con una navaja (Warner-Bratzler Blade Set with Knife) para cortar la muestra y medir la fuerza máxima ejercida.

En el experimento II se añadió al protocolo la enumeración de la sucesión microbiana del ensilaje. Para esto se tomaron 50 g de muestra correspondiente a cada tratamiento y a los periodos de fermentación (0, 2, 4, 7, 14, 28 y 56 d). Esta muestra se mezcló con 450 ml de agua destilada (pH 7.0) en bolsas plásticas estériles y se homogenizó en el Stomacher 3500 por tres minutos. La solución homogenizada se filtró a través de cuatro capas de gasa esterilizada. El extracto se diluyó ( $10^{-2}$  a  $10^{-10}$ ), en una solución estéril de peptona (0.01%). Se analizaron tres

grupos de microorganismos utilizando las diluciones correspondientes, las cuales se añadieron a medios de cultivos selectivos en placas petri. Los grupos de microorganismos enumerados fueron BPAL (Rogosa SL Agar, Difco Laboratories, Detroit, MI), que se enumeraron luego de 48 h de incubación; los hongos y levaduras (Rose Bengal Agar Base, Difco Laboratories suplementada con Chloramphenicol), que se enumeraron luego de 48 h de incubación; y el grupo de Enterobacteriaceae (Violet Red Bile Agar, Difco Laboratories, con 5% de glucosa), que se analizaron y enumeraron luego de 24 h de incubación.

### *Estabilidad aeróbica*

Para evaluar la estabilidad aeróbica del ensilaje, se abrieron dos microsilos por tratamiento para el experimento I, y tres microsilos por tratamiento para el experimento II, luego de 56 d de fermentación. Se obtuvieron muestras de cada microsilo (400 g) y se dejaron expuestas al medio ambiente durante tres días en bolsas plásticas colocadas en envases de isopor. Las muestras de cada tratamiento se analizaron luego de 0, 1 y 3 d de exposición aeróbica para determinar pH y CSA como se describió anteriormente. Además, se tomó la temperatura dos veces al día durante los tres días de exposición aeróbica, utilizando termómetros colocados en la masa del ensilaje.

La degradabilidad in vitro de la MS se determinó por el método de Tilley y Terry (1963, primera etapa; Sistema Daisy II, método Ankom). La recuperación de la MS se calculó después del primer y tercer día de exposición aeróbica utilizando el peso inicial y el peso final del ensilaje expuesto a condiciones aeróbicas, corregido por el contenido de MS (65° C/72 h). En el experimento II también se enumeraron los microorganismos responsables del deterioro aeróbico. Para el análisis de estos microorganismos, se tomó una muestra correspondiente a cada tratamiento y días de exposición aeróbica (0, 1 y 3 d) y se enumeraron dos grupos de microorganismos utilizando las diluciones correspondientes, las cuales se añadieron a medios de cultivos selectivos en placas petri. Los grupos de microorganismos estudiados fueron bacterias aeróbicas (Tryptic Soy Agar, Difco Laboratories, con 2% agar) enumeradas luego de 24 h de incubación, y hongos y levaduras (Rose Bengal Agar Base, Difco Laboratories, Detroit, con Chloramphenicol), que se enumeraron luego de 48 h de incubación.

### *Análisis estadísticos*

Los datos referentes a las propiedades químicas se analizaron mediante un análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado, con un arreglo factorial de tratamientos, con tres dosis de

suero de leche y siete días de fermentación (Steel and Torrie, 1980), utilizando el procedimiento de modelo lineal en SAS (1990). Para la separación de medias, se utilizó la prueba de Bonferroni.

Los datos sobre la estabilidad aeróbica se analizaron de forma similar, con excepción del arreglo factorial de tratamientos, el cual consistió de tres proporciones de suero de leche y tres días de exposición aeróbica. Los datos de la sucesión microbiológica del ensilaje se analizaron mediante un análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de tratamientos, el cual consistió de tres proporciones de suero de leche y siete días de fermentación (Steel and Torrie, 1980), utilizando el procedimiento de modelo lineal general en SAS (1990) y la prueba de Bonferroni.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento I

#### *Características fermentativas*

Las gramíneas tropicales naturalizadas (Buffel y Pajón), presentaron un pH inicial de 6.40, un contenido de materia seca de 40.9%, contenidos de materia orgánica, paredes celulares y nitrógeno total de 87.5%, 69.3% y 1.04% (base seca), respectivamente, y 0.14% de CSA (Cuadro 1). Hubo diferencias en pH entre tratamientos durante el proceso de fermentación, a excepción del día 0 (Cuadro 2). En todos los tratamientos el pH disminuyó a través del proceso de fermentación, pero se observó una mayor disminución en los tratamientos con adición de SLH al 5% o al 10%. Al final del proceso de fermentación el tratamiento con 10% de SLH mostró un pH menor a 4.2, que es la acidez recomendada para definir un ensilaje como estable y de buena calidad

CUADRO 1.—*Características de gramíneas tropicales naturalizadas (Buffel y Pajón) antes de ensilarse.*

Características	Media	Desviación estándar
pH	6.40	0.12
Composición		
Materia seca (g/100 g)	40.90	2.80
Materia orgánica <sup>1</sup>	87.50	0.28
CSA	0.14	0.04
FDN <sup>1</sup>	69.30	2.34
FDA <sup>1</sup>	55.30	2.41
Hemicelulosa <sup>1</sup>	14.00	0.42
Nitrógeno total <sup>1</sup>	1.04	0.24

<sup>1</sup>g/100 g MS.

CUADRO 2.— *Efecto del tratamiento y días de ensilado sobre el pH y la composición química de gramíneas tropicales naturalizadas.*

Características	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)			
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>
pH	0	6.40 a <sup>6</sup>	6.45 a	6.47 a	0.10	0.001	0.001	0.001
	2	5.81 a	5.38 b	4.96 b				
	4	5.98 a	5.67 a	5.09 b				
	7	6.10 a	5.46 b	4.93 c				
	14	5.74 a	4.97 b	4.62 b				
	28	5.20 a	4.45 b	4.30 b				
	56	5.19 a	4.35 b	4.13 b				
Composición química <sup>7</sup>								
CSA	0	0.14 a	3.46 b	7.51 c	0.66	0.001	0.001	0.001
	2	0.12 a	2.47 ab	4.71 b				
	4	0.10 a	2.45 ab	3.06 b				
	7	0.09 a	2.24 ab	2.83 b				
	14	0.06 a	2.18 ab	2.70 b				
	28	0.06 a	2.05 a	1.99 a				
	56	0.05 a	1.86 a	1.85 a				
N-total	0	1.04	0.96	1.05	0.13	0.969	0.826	0.332
	2	1.14	0.91	1.00				
	4	0.95	1.02	1.03				
	7	1.06	0.96	0.74				
	14	0.79	1.01	1.06				
	28	0.97	0.97	0.94				
	56	0.92	0.96	0.96				
FDN	0	69.26 a	64.03 ab	58.95 b	1.91	0.001	1.002	0.361
	2	70.31 a	67.90 b	58.62 c				
	4	70.90 a	61.29 b	58.56 b				
	7	68.42 a	63.24 ab	56.47 b				
	14	70.87	66.24	58.92				
	28	70.01 a	65.56 ab	60.20 b				
	56	65.06 a	59.41 ab	56.61 b				
FDA	0	55.31	53.11	52.97	1.96	0.001	0.001	0.012
	2	58.19	60.49	55.33				
	4	58.56	57.83	52.66				
	7	57.95	56.11	54.09				
	14	65.31	55.27	57.95				
	28	53.82	54.20	53.43				
	56	57.95	56.49	52.36				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 5%; 3: suero de leche hidratado al 10%.  
<sup>2</sup>Error estándar de las medias.  
<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.  
<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.  
<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.  
<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.  
<sup>7</sup>g/100 g MS.

CUADRO 2.—(Continuación) Efecto del tratamiento y días de ensilado sobre el pH y la composición química de gramíneas tropicales naturalizadas.

Características	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)			
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>
Hemicelulosa	0	13.95	10.92	5.97	2.25	0.001	0.001	0.006
	2	12.11 a	7.41 ab	3.29 b				
	4	12.34 a	3.46 b	5.94 ab				
	7	10.47	7.13	2.37				
	14	5.56 ab	10.97 a	0.97 b				
	28	16.19 a	11.32 ab	6.77 b				
	56	7.10	2.92	4.24				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 5%; 3: suero de leche hidratado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.

<sup>7</sup>g/100 g MS.

(Barnet, citado por Luis et al., 1991; Nadeau y Barnhart, 1995). En un experimento de Rooke et al. (1983) la utilización de suero de leche como aditivo también resultó en características propias de un ensilaje de buena calidad, incluyendo la disminución en el pH.

En el trabajo presente la adición de SLH al 5% o al 10% al ensilar las gramíneas tropicales naturalizadas, produjo un leve efecto en la composición del ensilaje en comparación con la del control. Hubo una disminución rápida en el contenido de CSA en los tratamientos con el aditivo durante los primeros días de la fermentación; manteniéndose luego bastante constante. Esta disminución en el contenido de CSA en los primeros días de ensilamiento es indicativa de una mayor actividad metabólica de la microflora asociada con la fermentación de ensilaje durante sus primeras fases (las de respiración, producción de ácido acético y de ácido láctico) (Martínez, 1998). En el control no hubo diferencia significativa a través del tiempo de fermentación ya que el contenido de CSA era mínimo. El contenido porcentual de N-total (T1, 0.98; T2, 0.97; T3, 0.97) se mantuvo constante y no hubo diferencias entre tratamientos. El porcentaje de la fibra detergente neutro (FDN) o paredes celulares fue variable pero en general disminuyó tardíamente en el período de fermentación en los tres tratamientos, siendo el control el que obtuvo el mayor contenido. La disminución observada pudo deberse a una pequeña hidrólisis de la hemicelulosa por las condiciones ácidas dentro del silo. El contenido de la fibra detergente ácida (FDA) fue variable durante el proceso de fermentación y no se observaron



diferencias entre tratamientos. Los componentes aislados por este método químico (lignina, minerales y celulosa) son bastante resistentes al ambiente ácido o la actividad microbiana (Martínez, 1998).

Durante todo el proceso de fermentación, el contenido de ácido acético fue mayor, pero no siempre significativamente, en los tratamientos con aditivo que en el control (Cuadro 3). El ensilaje alcanzó una buena concentración de acetato, entre 0.5 y 0.8%, lo que es representativo de ensilaje de pastos tropicales de buena calidad, según Breirman y Ulvelsi, citados por McCullough (1978). El principal producto de la fermentación de estas gramíneas fue el ácido láctico, lo que concuerda con estudios realizados anteriormente con sorgo forrajero (Rodríguez, 1996). En general, los tratamientos con adición de suero tuvieron un mayor contenido de ácido láctico que el control. El contenido final de lactato fue apreciablemente mayor de 1.5% del forraje (base seca), lo que es indicativo de una adecuada fermentación para ensilajes tropicales. En los tres tratamientos experimentales el contenido de ácido butírico fue bajo pero superior al 0.1%, considerado ideal para obtener un ensilaje de excelente calidad (Catchpoole, 1965, 1966, 1970, citado por Ojeda et al., 1987). Durante el proceso fermentativo, el contenido de nitrógeno amoniacal fue mayor en las gramíneas sin el aditivo que en los tratamientos con adición de SLH, lo que es indicativo de una mayor hidrólisis de compuestos nitrogenados en el ensilaje sin aditivo.

Los cambios en productos de fermentación coinciden con los cambios en el pH durante el proceso de fermentación. A medida que el pH iba disminuyendo el contenido de ácido láctico aumentaba. Podríamos decir que el comportamiento fermentativo de estas gramíneas tropicales naturalizadas fue bastante estable y típico de pastos tropicales.

### *Estabilidad aeróbica*

El deterioro aeróbico de los ensilajes se debe a la degradación de ácidos orgánicos y los CSA restantes por hongos y levaduras y ocasionalmente por bacterias productoras de ácido acético. Este deterioro puede causar aumentos en el pH, en la temperatura y en la actividad de organismos aeróbicos (Elferink et al., 1999). El pH de las GT ensiladas con SLH fue menor ( $P < 0.05$ ) que en el control durante todo el período de exposición aeróbica (Cuadro 4) y la temperatura fue más baja al tercer día. El contenido de CSA residual durante la exposición aeróbica no fue significativamente diferente entre tratamientos pero tendió a ser mayor en los tratamientos con SLH.

La degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) fue mayor ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos con SLH que en el control, mientras que el largo del periodo de exposición aeróbica no tuvo efectos consistentes

CUADRO 3.—Efecto del tratamiento y días de ensilado sobre los productos de fermentación de gramíneas tropicales naturalizadas.

Productos de fermentación (g/100 g MS)	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)			
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>
Ácido acético	0	0.44 a <sup>6</sup>	0.70 b	0.48 a	0.02	0.000	0.000	0.000
	2	0.44 a	0.60 b	0.63 b				
	4	0.41 a	0.57 b	0.41 a				
	7	0.42 a	0.71 b	0.69 b				
	14	0.43 a	0.62 b	0.49 a				
	28	0.52 a	0.60 a	0.72 b				
	56	0.54	0.60	0.63				
Ácido láctico	0	0.59 a	1.02 b	1.42 c	0.03	0.000	0.000	0.000
	2	2.26 a	1.98 b	1.79 c				
	4	0.67 c	1.72 a	1.59 b				
	7	2.29 b	1.63 c	2.58 a				
	14	1.09 a	1.58 b	2.32 c				
	28	1.84 c	3.10 a	2.10 b				
	56	2.23 a	2.17 a	2.09 a				
Ácido butírico	0	0.12	0.36	0.26	0.16	0.241	0.342	0.424
	2	0.15	0.18	0.17				
	4	0.17	0.18	0.70				
	7	0.17	0.16	0.22				
	14	0.12	0.16	0.14				
	28	0.14	0.18	0.16				
	56	0.16	0.18	0.15				
N-NH <sub>3</sub>	0	0.02	0.01	0.01	0.00	0.001	0.001	0.001
	2	0.04 a	0.01 b	0.01 b				
	4	0.08 b	1.01 a	0.02 c				
	7	0.05 a	0.00 b	0.02 b				
	14	0.06 a	0.01 b	0.02 b				
	28	0.05 a	0.01 b	0.02 b				
	56	0.06 a	0.01 b	0.02 b				
% N-NH <sub>3</sub> /N-Total	0	2.27	1.48	1.12	0.54	0.001	0.001	0.001
	2	4.01 a	1.74 b	1.46 b				
	4	8.67 a	1.86 b	1.56 b				
	7	4.93 a	0.68 b	2.09 b				
	14	7.87 a	0.99 b	1.63 b				
	28	6.01 a	1.72 b	2.09 b				
	56	7.47 a	1.31 b	2.14 b				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 5%; 3: suero de leche hidratado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.

CUADRO 4.—Efecto del tratamiento y el día de exposición aeróbica sobre el pH, la temperatura y el contenido de CSA de gramíneas tropicales naturalizadas.

Características	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)			
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>
pH	0	5.18 a <sup>6</sup>	4.33 b	4.15 b	0.06	0.001	0.043	0.018
	1	4.86	4.38	4.11				
	3	4.89 a	4.36 b	4.13 b				
Temperatura (°C)	0	23.10 ab	25.55 a	22.55 b	0.51	0.027	0.001	0.420
	1	25.00	25.25	25.00				
	3	25.00 a	23.60 b	23.60 b				
CSA (g/100 g)	0	0.06	1.80	1.88	0.35	0.001	0.004	0.001
	1	0.12	0.07	1.27				
	3	0.07	0.02	2.82				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 5%; 3: suero de leche hidratado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.

(Figura 1). La disminución en la degradabilidad de la MS se puede deber a la utilización de los CSA, ácidos orgánicos y otros sustratos altamente digeribles por los microorganismos responsables del deterioro del ensilaje, como las bacterias aeróbicas, hongos y levaduras, lo que conlleva un incremento en la proporción del material vegetativo no digerible. Las pérdidas de MS fueron similares para las GT ensiladas con aditivo (5% o 10% de SLH) y sin aditivo (Figuras 1 y 2). La adición del SLH como aditivo no evitó el deterioro del ensilaje después de tres días de exposición del ensilaje al aire. Al tercer día, la MS recuperada fue menor en comparación con la del primer día de exposición al aire. Estos resultados concuerdan en parte con los estudios realizados en ensilajes de sorgo forrajero con la adición de inóculos bacteriales. Los inóculos no evitaron la disminución en la recuperación de MS; además, hubo una reducción de la MS. El deterioro del ensilaje aumentó según transcurrieron los siete días de exposición aeróbica (Rodríguez, 1996; Martínez, 1998).

## Experimento II

### *Características fermentativas*

La yerba Pangola utilizada en este experimento presentó un pH inicial de 6.91, y contenidos de MS, materia orgánica y N-total de 48.43, 93.90 y 0.43%, respectivamente (Cuadro 5). Las concentraciones iniciales de CSA, FDN, FDA y hemicelulosa fueron de 0.81, 60.66, 48.47 y 18.11%,

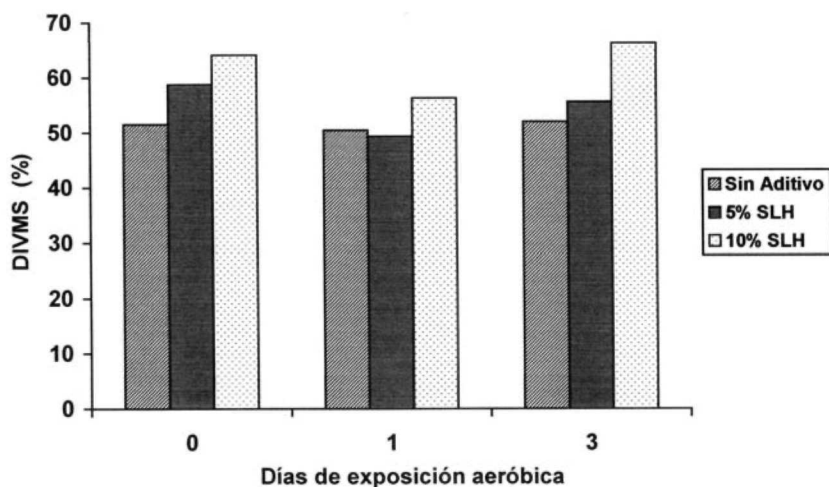


FIGURA 1. Efecto del tratamiento y días de exposición aeróbica sobre la degradabilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) porcentual en gramíneas tropicales naturalizadas.

respectivamente. El bajo contenido de CSA y alto porcentaje de paredes celulares es típico en los forrajes tropicales (Van Soest, 1994; Martínez, 1998). En el forraje fresco antes de ensilarse se encontraron 6.60 ufc/g de

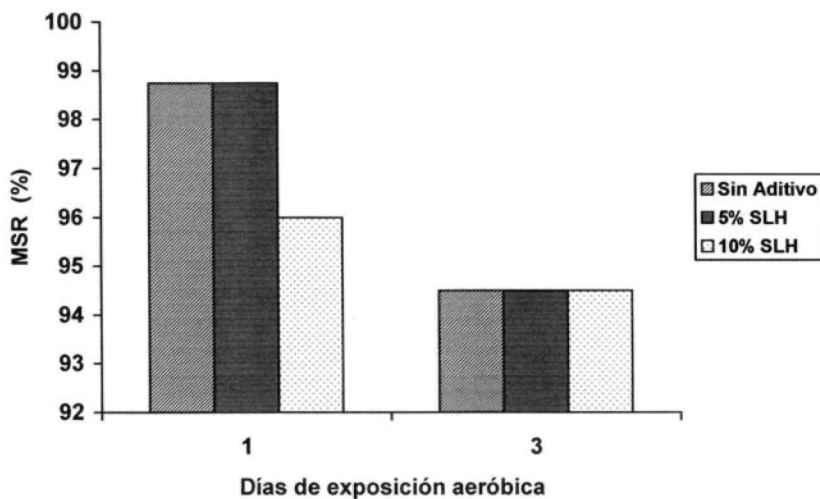


FIGURA 2. Efecto del tratamiento y días de exposición aeróbica sobre la materia seca recuperada (MSR) porcentual en gramíneas tropicales naturalizadas.

CUADRO 5.—*Características de la yerba Pangola (Digitaria decumbens) antes de ensilarse.*

Características	Media	Desviación estándar
pH	6.91	0.12
Composición química		
Materia seca	48.43	2.44
Materia orgánica <sup>1</sup>	93.90	0.43
CSA	0.81	0.40
FDN <sup>1</sup>	66.60	0.40
FDA <sup>1</sup>	48.47	0.79
Hemicelulosa <sup>1</sup>	18.11	0.82
Nitrógeno total <sup>1</sup>	0.43	0.03
Microflora epifítica <sup>2</sup>		
Coliformes	6.60	0.10
Bacterias productoras de ácido láctico	3.51	0.05
Hongos y levaduras	3.96	0.08
Textura <sup>3</sup>	12,401	659.06
Color <sup>4</sup>		
L	47.71	3.80
a	0.08	0.45
b	9.22	0.24

<sup>1</sup>g/100 g MS.

<sup>2</sup>ufc/g de material fresco.

<sup>3</sup>g de fuerza del material fresco.

<sup>4</sup>Color: L = va de blanco (100) a negro (0); a = va de rojo (+) a verde (-); b = va de amarillo (+) a azul (-).

coliformes, los cuales fueron los microorganismos encontrados en mayor concentración. Las BPAL y los hongos y levaduras se encontraron en menor cantidad con valores de 3.51 y 3.96 ufc/g del forraje fresco, respectivamente. La textura fue más dura al comienzo del experimento, con un valor de 12,401.9 g, y asociada a un color verde amarillento.

En los tres tratamientos hubo un patrón de disminución del pH durante el período de fermentación (Cuadro 6). El día 28 de fermentación, los ensilajes tratados con el SLH o SLH/F alcanzaron la acidez mínima requerida (pH = 4.2) para clasificarse como de alta calidad (Nadeau y Barnhart, 1995). La población de BPAL alcanzó la mayor concentración el día cuatro de fermentación, luego disminuyó gradualmente en los tres tratamientos. Durante todo el período de fermentación los tratamientos con aditivo tenían una mayor concentración de estos microorganismos, los mayores responsables de la fermentación deseable del ensilaje. La utilización de SLH o SLH/F disminuyó la población de coliformes desde su punto máximo el día cero al dos de fermentación. Los coliformes comenzaron a disminuir drásticamente luego del día siete de fermentación.

CUADRO 6.—Efecto del tratamiento y días de ensilado sobre el pH y la sucesión microbiana de yerba Pangola.

Características	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)			
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>
pH	0	6.91	6.88	6.53	0.16	0.001	0.001	0.001
	2	6.71 a <sup>6</sup>	5.54 b	4.80 c				
	4	6.62 a	5.41 b	4.34 c				
	7	6.51 a	4.93 b	4.18 c				
	14	6.56 a	4.84 b	4.77 b				
	28	5.29 a	4.15 b	4.05 b				
	56	5.26 a	4.27 b	4.01 b				
Microorganismos (ufc/g)								
Bacterias productoras de ácido láctico (BPAL)	0	3.15 a	5.35 b	7.30 c	0.02	0.000	0.000	0.00
	2	6.64 a	8.32 b	8.84 c				
	4	7.84 a	8.99 b	10.22 c				
	7	6.53 a	7.61 b	7.84 c				
	14	5.56 a	6.44 b	7.27 c				
	28	5.54 a	5.86 b	6.57 c				
	56	4.55 a	4.82 b	5.15 c				
Hongos y levaduras	0	3.96 a	4.01 b	5.91 c	0.08	0.000	0.000	0.000
	2	N/D <sup>7</sup>	N/D	N/D				
	4	N/D	N/D	N/D				
	7	N/D	N/D	N/D				
	14	2.67	2.51	2.72				
	28	N/D	N/D	N/D				
	56	2.76 a	3.98 b	2.96 a				
Coliformes	0	6.60 a	6.54 a	5.80 b	0.03	0.000	0.000	0.000
	2	7.83 a	7.36 b	4.91 c				
	4	6.10 b	6.78 a	3.46 c				
	7	5.93 a	5.57 b	2.65 c				
	14	4.55 a	3.58 b	0.00 c				
	28	3.17 a	0.00 b	0.00 b				
	56	0.00	0.00	0.00				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 10%; 3: suero de leche hidratado y fermentado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.

<sup>7</sup>N/D = No hay datos en esos días.

ción hasta llegar a cero en los tratamientos que contenían el aditivo de SLH o SLH/F. En la población de hongos y levaduras hubo diferencia significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento con SLH el de mayor concentración. Estos resultados coinciden con otros experimen-

tos en que la adición de una fuente de carbohidratos aportó energía para estimular las BPAL, ya que los pastos tropicales tienen en general una menor cantidad de CSA en comparación con los pastos de zonas templadas (Ely, 1990; Ojeda et al., 1987).

Los tratamientos con aditivo mostraron diferencias en su composición química en comparación con el control (Cuadro 7). En los tratamientos con aditivo el contenido de CSA fue ampliamente mayor ( $P > 0.05$ ), lo cual indica que el bajo contenido de CSA de los pastos tropicales justifica la adición del suero como fuente de carbohidratos en el proceso de ensilar. No hubo efecto de los tratamientos en el contenido de nitrógeno total. En todos los tratamientos, el contenido de FDN fluctuó en forma errática, pero en los tratamientos 1 y 3 tendió a aumentar durante el periodo de fermentación, siendo el control el de mayor cambio. Durante todo el proceso de fermentación, la concentración de FDA y de hemicelulosa varió sin ningún patrón definido entre los tratamientos con suero de leche y el control.

Después del día siete de fermentación ocurrió un leve cambio en la textura del ensilaje (Cuadro 8). La fuerza requerida para trozar la muestra de ensilaje disminuyó de igual manera en los tres tratamientos estudiados. Por otro lado, no hubo diferencia significativa en el color del forraje ensilado, manteniéndose, con leves fluctuaciones, las características del color durante todo el proceso de fermentación. Sin embargo, se observó que el control se tornó un poco más amarillento que los tratamientos con aditivo. El contenido de ácido láctico final fue mayor en el tratamiento 3 pero no superó significativamente al control (Cuadro 9). Este componente no alcanzó, sin embargo, un nivel mayor al 1.5% que es lo característico en fermentaciones bien logradas de pastos tropicales. El ensilaje control mostró un menor contenido de ácido acético que los tratamientos con aditivo. El contenido de acetato en éstos estaba en el intervalo de los de ensilajes tropicales de buena calidad. Durante todo el periodo de fermentación se detectó ácido butírico en bajas concentraciones. El porcentaje de nitrógeno amoniacal con relación al nitrógeno total fue bajo en ensilajes tratados con SLH o SLH/F y cero en el control, lo que es indicativo de poca degradación de compuestos nitrogenados en estos ensilajes.

### *Estabilidad aeróbica*

Durante el periodo de exposición aeróbica, el pH y la temperatura del ensilaje de yerba Pangola tratado con SLH solo, o en combinación con material fermentado SLH/F, fueron menores que en el tratamiento sin aditivo (Cuadro 10). Se observó un leve aumento de la temperatura ( $P > 0.05$ ) luego del tercer día de exposición aeróbica. Con respecto al

CUADRO 7.—Efecto del tratamiento y días de ensilado sobre la composición química de yerba Pangola.

Características (g/100 g MS)	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)			
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>
CSA	0	0.81 a <sup>6</sup>	3.86 ab	4.63 b	0.91	0.001	0.247	0.923
	2	0.73	4.25	3.57				
	4	0.60	3.38	2.68				
	7	0.55	3.13	2.60				
	14	0.50	3.76	2.34				
	28	0.46	2.70	2.32				
	56	0.39	3.71	2.44				
N-Total	0	0.43	0.37	0.48	0.04	0.107	0.657	0.021
	2	0.41	0.44	0.47				
	4	0.35	0.45	0.45				
	7	0.35	0.34	0.48				
	14	0.41	0.45	0.39				
	28	0.44	0.44	0.40				
	56	0.42	0.44	0.39				
FDN	0	66.60	63.20	62.66	2.65	0.001	0.001	0.391
	2	73.23	66.36	67.76				
	4	68.00 a	56.16 b	63.26 a				
	7	69.10	61.36	64.00				
	14	70.46 a	61.16 ab	59.60 b				
	28	72.03 a	61.33 b	63.53 ab				
	56	72.66 a	61.40 b	65.03 ab				
FDA	0	48.47 a	47.35 a	51.40 b	0.44	0.001	0.001	0.001
	2	49.04 ab	47.56 b	50.72 a				
	4	48.76 a	50.60 b	49.15 ab				
	7	50.14 a	52.35 b	49.28 a				
	14	48.76 a	51.92 b	51.98 b				
	28	52.42 a	50.21 b	53.00 a				
	56	54.11 a	46.08 ab	42.33 b				
Hemicelulosa	0	18.11	15.84	11.27	2.59	0.001	0.001	0.001
	2	24.19	18.82	17.02				
	4	19.19 a	5.56 b	14.07 ab				
	7	18.96 a	9.00 b	14.71 ab				
	14	21.68 a	9.23 b	7.64 b				
	28	19.60	11.10	10.55				
	56	26.56 a	7.26 b	22.69 a				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 10%; 3: suero de leche hidratado y fermentado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.



CUADRO 8.—*Efecto del tratamiento y días de ensilado sobre la textura y color de yerba Pangola.*

Características	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)				
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>	
Textura <sup>6</sup>	0	12,401	13,091	12,462	301.33	0.000	0.000	0.000	
	2	13,763	13,852	12,832					
	4	11,654	11,590	12,290					
	7	11,865 a <sup>7</sup>	10,626 b	11,366 a					
	14	11,576 a	9,292 b	10,813 a					
	28	8,787 b	9,977 a	7,368 c					
	56	10,133 a	13,228 b	10,547 a					
Color <sup>8</sup>	L	0	47.71	36.99	3.45	0.487	0.119	0.142	
		2	38.00	39.84					5.46
		4	44.55	41.18					6.24
		7	40.36	45.51					0.24
		14	44.93	41.66					0.50
		28	45.48	46.43					4.96
		56	43.01	42.39					0.96
	a	0	0.08	0.04	0.49	0.49	0.001	0.000	0.089
		2	0.64	1.91	1.89				
		4	1.08	0.87	1.15				
		7	1.04	0.92	2.25				
		14	1.99	2.62	2.70				
		28	1.80	1.93	2.27				
		56	2.66	2.55	2.48				
	b	0	9.22	8.56	9.08	1.04	0.853	0.687	0.303
		2	9.77	8.25	9.92				
		4	8.94	9.59	7.61				
		7	10.48	8.88	9.33				
		14	8.92	9.41	10.40				
		28	8.06	9.61	9.23				
		56	8.46	8.95	9.24				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 10%; 3: suero de leche hidratado y fermentado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>g de fuerza del material fresco.

<sup>7</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.

<sup>8</sup>Color: L = va de blanco (100) a negro (0); a = va de rojo (+) a verde (-); b = va de amarillo (+) a azul (-).

pH, hubo un leve aumento en los tres tratamientos, lo que es indicativo de que se pudo evitar adecuadamente el deterioro del ensilaje luego del tercer día de exposición al aire. Los tratamientos con aditivo presen-

CUADRO 9.—Efecto del tratamiento y días de ensilado sobre los productos de fermentación de yerba Pangola.

Productos de fermentación (g/100 g MS)	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)			
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>
Ácido acético	0	0.56 a <sup>6</sup>	0.38 b	0.34 b	0.016	0.000	0.000	0.000
	2	0.51 a	0.50 a	0.49 a				
	4	0.58 a	0.52 a	0.44 b				
	7	0.43 b	0.42 b	0.55 a				
	14	0.35 c	0.46 b	0.56 a				
	28	0.37 b	0.49 a	0.55 a				
	56	0.39 b	0.54 a	0.55 a				
Ácido láctico	0	0.03 c	0.95 a	0.82 b	0.016	0.000	0.000	0.206
	2	1.54 a	1.28 c	1.43 b				
	4	0.88 c	1.67 a	1.43 b				
	7	1.06 b	1.64 a	0.77 c				
	14	1.75 a	1.59 b	0.91 c				
	28	1.37 a	1.50 a	1.41 a				
	56	1.32 a	1.18 b	1.35 a				
Ácido butírico	0	0.14	.	0.12	0.018	0.000	0.040	0.031
	2	0.12	.	0.11				
	4	0.16	.	0.11				
	7	0.12	.	0.11				
	14	0.14	0.13	0.12				
	28	0.12	0.17	0.11				
	56	0.16 b	0.21 a	0.11 c				
N-NH <sub>3</sub>	0	<0.00	<0.00	<0.00	0.000	0.001	0.001	0.083
	2	<0.00	0.01	0.01				
	4	<0.00	0.01	0.01				
	7	<0.00 b	0.02 a	0.01 b				
	14	<0.00 b	0.02 a	0.01 b				
	28	<0.00 b	0.02 a	0.01 b				
	56	<0.00 b	0.02 a	0.01 b				
% N-NH <sub>3</sub> /N-total	0	0.30	2.46	1.63	0.662	0.001	0.001	0.022
	2	0.31 c	3.11 a	2.27 b				
	4	0.90 b	2.68 a	2.36 a				
	7	0.97 c	6.46 a	3.11 b				
	14	1.08 c	5.02 a	3.29 b				
	28	1.47 b	5.66 a	3.85 ab				
	56	1.55 c	6.00 a	4.43 b				

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 10%; 3: suero de leche hidratado y fermentado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.

CUADRO 10.—Efecto del tratamiento y días de exposición aeróbica sobre pH, temperatura, contenido de CSA, sucesión microbiana, textura y color de yerba Pangola.

Características	Días	Tratamientos <sup>1</sup>			Probabilidad (P > F)				
		1	2	3	ESM <sup>2</sup>	Tx <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	Tx*D <sup>5</sup>	
pH	0	5.26 a	4.27 b	4.01 b	0.26	0.000	0.101	0.844	
	1	5.47 a	4.36 b	4.25 b					
	3	5.53	4.46	4.59					
Temperatura (°C)	0	25.20	24.80	24.83	0.63	0.003	0.000	0.663	
	1	25.93	25.36	25.20					
	3	28.33	26.70	26.66					
CSA (g/ 100 g)	0	0.39 a	3.71 b	2.44 b	0.41	0.000	0.052	0.703	
	1	0.26 a	3.55 b	2.59 b					
	3	0.18 a	2.92 b	1.75 b					
Microorganismos (ufc/g MS)									
	Bacterias aeróbicas	0	4.24 a <sup>6</sup>	4.02 b	3.16 c	0.03	0.000	0.000	0.000
		1	6.13 a	5.50 b	4.81 c				
3		7.36 b	7.75 a	6.24 c					
Hongos y levaduras	0	4.58 a	3.99 b	2.68 c	0.04	0.000	0.000	0.000	
	1	6.15 a	5.51 b	4.54 c					
	3	6.54 b	6.85 a	4.92 c					
Textura <sup>7</sup>	0	10,133 b	13,228 a	10,547 b	212.9	0.000	0.000	0.000	
	1	12,417 b	11,773 b	14,716 a					
	3	10,524 b	12,181 a	12,734 a					
Color <sup>8</sup>									
	L	0	43.01	42.39	45.34	3.25	0.455	0.127	0.829
		1	42.70	38.01	40.84				
3		44.80	43.86	44.34					
a	0	2.66	2.55	2.48	0.35	0.988	0.624	0.958	
	1	2.64	2.77	2.84					
	3	2.55	2.61	2.60					
b	0	8.46	8.95	9.24	1.02	0.335	0.732	0.770	
	1	8.46	9.92	9.61					
	3	9.11	8.74	9.88					

<sup>1</sup>1: sin aditivo; 2: suero de leche hidratado al 10%; 3: suero de leche hidratado y fermentado al 10%.

<sup>2</sup>Error estándar de las medias.

<sup>3</sup>Efecto de tratamiento.

<sup>4</sup>Efecto de días de fermentación.

<sup>5</sup>Interacción entre tratamiento y día de fermentación.

<sup>6</sup>Medias entre tratamientos en la misma fila difieren (P < 0.05). Se presentan las medias basadas en n = tres repeticiones.

<sup>7</sup>g de fuerza del material fresco.

<sup>8</sup>Color: L = va de blanco (100) a negro (0); a = va de rojo (+) a verde (-); b = va de amarillo (+) a azul (-).

taron una mayor concentración de CSA y se mantuvieron en condiciones estables hasta el tercer día de exposición aeróbica, luego de lo cual se deterioraron, probablemente debido a aumentos en temperatura, pH y bacterias aeróbicas. Hubo una proliferación en las bacterias aeróbicas y de hongos y levaduras en los tres tratamientos al extenderse el tiempo de exposición al aire. La yerba Pangola ensilada con SLH/F presentó una menor ( $P < 0.05$ ) población de microorganismos indeseables que el forraje ensilado con SLH o sin aditivo. El pH disminuyó más rápido durante el proceso de fermentación en el tratamiento con SLH/F; por lo tanto, era de esperarse que la proliferación de microorganismos indeseables fuera menor. A través del período de exposición al aire, siguieron ocurriendo cambios en textura de la yerba Pangola; el tratamiento sin aditivo obtuvo la mayor pérdida de firmeza. El color del ensilaje se mantuvo durante la exposición al aire; no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

La DIVMS (Figura 3) fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el ensilaje de yerba Pangola tratado con SLH solo o con SLH/F que en el control. Las pérdidas del contenido de MS (Figura 4) fueron similares para la yerba Pangola ensilada con aditivo o sin aditivo el primer día de exposición al aire, mientras al final de la exposición aeróbica la MS recuperada fue

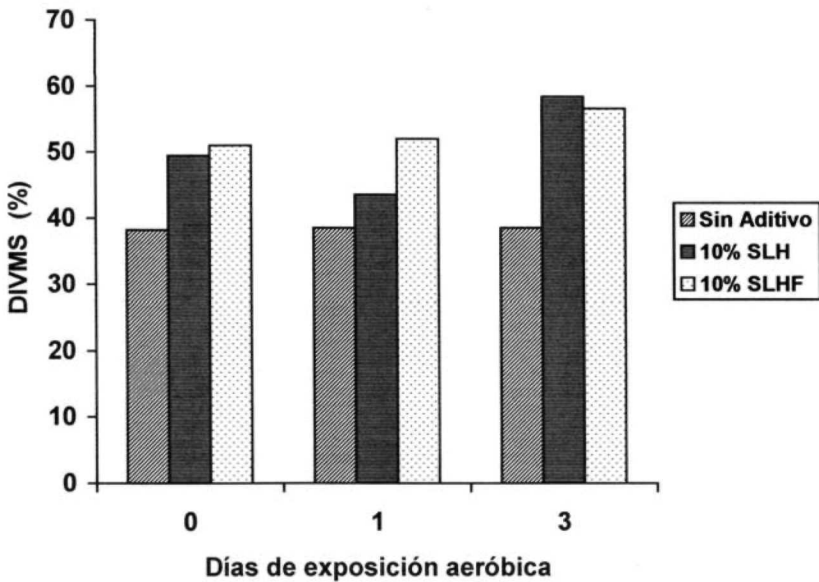


FIGURA 3. Efecto del tratamiento y días de exposición aeróbica sobre la degradación in vitro de la materia seca (DIVMS) porcentual de la yerba Pangola.

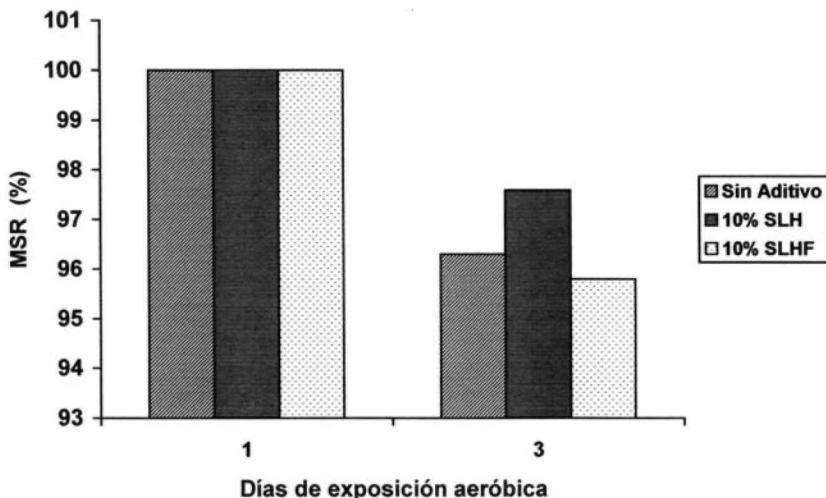


FIGURA 4. Efecto del tratamiento y días de exposición aeróbica sobre la materia seca recuperada (MSR) porcentual de yerba Pangola.

mayor para el tratamiento con el aditivo SLH. La adición del SLH/F como fuente de carbohidratos y como inóculo mejoró las características fermentativas de la yerba Pangola evidenciado por un pH bajo, un alto contenido de BPAL y una baja población de coliformes.

### CONCLUSIONES

La adición de SLH como aditivo aplicado a 5 ó 10% disminuyó el pH y mejoró las características fermentativas de una mezcla de dos GT naturalizadas. La adición en forma conjunta de SLH y SLH fermentado (SLH/F), como fuente de carbohidratos y como inóculo microbiano, mejoró las características fermentativas de la yerba Pangola, evidenciado por un menor pH, una mayor población de BPAL y una menor población de coliformes. La adición de SLH también mejoró la estabilidad aeróbica del ensilaje de las GT, pero se observó una mejor respuesta con la adición de SLH/F. Sin embargo, el uso de los aditivos no evitó el deterioro aeróbico del ensilaje después de tres días de exposición. Las características fermentativas finales (pH, ácidos orgánicos) de los ensilajes tratados con SLH o SLF/F son indicativas de su buena calidad, lo cual, aunado a su mayor estabilidad aeróbica inicialmente, demuestra la efectividad de los aditivos. Los aditivos fueron efectivos en disminuir el pH y en reducir los microorganismos indeseables.

## LITERATURA CITADA

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers y F. Smith, 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 28:350.
- Elferink, S., F. Driehuis, J. C. Gottschal y A. F. Spoelstra, 1999. Silage fermentation processes and their manipulation. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/gp/SILAGE/HTML/Paper2>.
- Ely, L. O., 1990. Silage preservatives and additives for corn. <http://www.hermes.ecn.purdue.edu:8001/cgi/curvet?NCH-59>.
- Luis, L., M. Esperance y M. Ramírez, 1991. Utilización de aditivos en la conservación de forrajes en forma de ensilaje. I. Aditivos biológicos. *Pastos y Forrajes* 14:185-198.
- Martínez, J. L., 1998. Efecto de la aplicación de aditivos comerciales sobre las características fermentativas y estabilidad aeróbica de forrajes ensiladas en ambientes tropicales. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR, 75 pp.
- McCullough, M. E., 1978. Silage: some general considerations. *En:* M. E. McCullough (Ed.). Fermentation of Silage-A review. National Feed Ingredients Association. West Des Moines, IA. pp. 3-28.
- Nadeau, E. M. y S. K. Barnhart, 1995. The ensiling process and additives. Iowa State University Press. Ames, Iowa. 4 pp.
- Ojeda, F., M. Esperance y L. Luis, 1987. Ensilaje de Pastos Tropicales. *Pastos y Forrajes* 10:189-198.
- Ojeda, F., 1988. Valor Nutritivo de Forrajes Tropicales Conservados como Ensilajes. *Pastos y Forrajes* 11:199-205.
- Rodríguez, A. A., 1996. Studies on efficiency of a homofermentative lactic acid-producing bacterial inoculant and commercial plant cell-wall degrading enzyme mixtures to enhance the fermentation characteristics and aerobic stability of forages ensiled in temperate and tropical environments. Ph.D. Dissertation, Michigan State University, East Lansing.
- Rooke, J. C., J. W. Stull, F. M. Whiting y W. H. Brown, 1983. Cellulosic crop wastes ensiled after rehydration with fluid whey. *J. Dairy Sci.* 66:2142-2148.
- SAS Institute, Inc., 1990. SAS/STAT User's Guide (versión 6). SAS Inst., Inc., Cary, NC. 549-640.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie, 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw Hill. pp. 328-340.
- Strickland, J. y S. Parsons, 1972. Practical Handbook of Sea Water Analysis. Canada. 310 pp.
- Tilley, J. M.A. y R. A. Terry, 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grass. Soc.* 18:104.
- Van Soest, P. J., 1994. Forage Conservation. *In:* P. J. Van Soest (Ed.). Nutritional Ecology of the Ruminant. 2<sup>nd</sup> Edition. Cornell University Press. pp. 213-229.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson y B. A. Lewis, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583.