

ENSILAJE DE KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* O *Kikuyuocloa clandestina*) FERMENTADO CON TRES ADITIVOS¹

Carlos Boschini-Figueroa², Luis Pineda-Cordero²

RESUMEN

Ensilaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* o *Kikuyuocloa clandestina*) fermentado con tres aditivos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las características del ensilado del pasto kikuyo alto en humedad y la calidad bromatológica resultante al agregar tres aditivos. Estos se agregaron en tres niveles: melaza: 0, 2 y 4%; maíz molido y pulpa de cítricos 5, 7 y 9% en base seca, sobre el forraje entero, recién cortado y compactado en bolsas plásticas. El experimento se llevó a cabo en el 2010 en la Finca El Pizote, ubicada en San Ramón de Tres Ríos, provincia de Cartago, Costa Rica. El periodo experimental fue de 77 días. Se obtuvieron promedios de 14,10%, 13,75%, 13,71% de materia seca, 8,20%, 7,38%, 7,36% de proteína cruda, 77,48%, 79,51%, 79,07% de fibra neutro detergente, 39,22%, 40,12, 39,68% de fibra ácido detergente, 38,26% 39,39%, 39,39% de hemicelulosa, 32,79%, 33,47%, 33,26% de celulosa, 6,43%, 6,66%, 6,42% de lignina, 2,23%, 1,89%, 2,04% de extracto etéreo y 11,53%, 11,74%, 11,65% de cenizas totales para los ensilados con melaza, maíz molido y pulpa de cítricos, respectivamente. Se encontraron diferencias ($p < 0,05$) en las pérdidas de nutrientes y en la cantidad de efluentes según el aditivo y el nivel de adición. La alta humedad del pasto kikuyo puede provocar que los efluentes estén produciendo desde el inicio hasta alcanzar la máxima acumulación dentro de la bolsa entre los 60 y 80 días de ensilamiento. Por eso se debe revisar la bolsa periódicamente y de ser posible desaguar los líquidos generados para evitar un proceso de deterioro.

Palabras claves: fermentación, melaza, harina de maíz, citropulpa pelletizada.

ABSTRACT

Kikuyu (*Pennisetum clandestinum* or *Kikuyuocloa clandestina*) silage fermented with three additives.

The objective of the study was to evaluate the characteristics of kikuyu grass silage with high humidity and the bromatologic quality when adding three different additives. These were added at three levels: molasses: 0, 2, and 4%, ground corn and citrus pulp: 5, 7 and 9% on a dry basis on the whole forage, fresh chopped and compacted in plastic bags. The experiment was conducted in 2010 at the El Pizote dairy farm, located in San Ramón, Tres Ríos, Cartago, Costa Rica. The experimental period lasted 77 days. Averages of 14.10%, 13.75%, 13.71% DM, 8.20%, 7.38%, 7.36% CP, 77.48%, 79.51%, 79.07% NDF, 39.22%, 40.12%, 39.68 % of FAD, 38.26%, 39.39%, 39.39% hemicellulose, 32.79%, 33.47%, 33.26% cellulose, 6.43%, 6.66%, 6.42% lignin, 2.23%, 1.89%, 2.04% EE and 11.53%, 11.74% , 11, 65% of total ash for silage with molasses, ground corn and citrus pulp respectively were obtained. Differences ($p < 0.05$) were found in the amount of effluent according to the additive and the addition level. High humidity of kikuyu grass can cause that the effluents produce since the beginning until obtaining the maximum accumulation inside the bag, after 60 to 80 días of silage. That is why the bag has to be checked periodically and, if possible, drain the liquid effluents generated to avoid the process of deterioration.

Keywords: fermentation, molasses, corn flour, citrus pulp pelleted.

¹ Recibido: 20 de octubre, 2014. Aceptado: 8 de junio, 2015. Este proyecto fue financiado conjuntamente con fondos de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos y de la Universidad de Costa Rica. Proyecto 737-97-006 inscrito en la Vicerrectoría de Investigación. San José, Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental "Alfredo Volio Mata". Cartago, Costa Rica. carlos.boschini@ucr.ac.cr, luis.pineda@ucr.ac.cr



INTRODUCCIÓN

La necesidad de atender la demanda de nutrientes en el ganado lechero, de manera uniforme a través del año, se establece con base en un balance forrajero, fundamentado en las metas de productividad animal de la finca. Este balance está determinado por los requerimientos específicos de materia seca para una carga animal presupuestada, la disponibilidad estacional de los forrajes y el almacenamiento (conservación) previsto de una reserva forrajera (Mojica et al., 2009).

Los forrajes de porte alto han sido utilizados tradicionalmente para el proceso de ensilaje, aun cuando recientemente se han empleado forrajes de piso para la producción de ensilados enfardados en bolsas plásticas, con el objetivo de proveer un mecanismo de conservación de forrajes para los pequeños productores, así como proporcionar al mercado bultos manejables de forraje ensilado. La planta de maíz ha sido empleada con mucha frecuencia (Bruno et al., 1995; Cuomo et al., 1998), así como el sorgo negro forrajero, el sorgo Sudán y la familia de los llamados Gigantes o king grass (*Pennisetum purpureum*) (Aldrich y Leng, 1974; Boschini y Elizondo, 2003), en los cuales los ganaderos van ganando experiencia en los aspectos metodológicos del proceso.

Algunos productores costarricenses elaboran ensilados de kikuyo, rye grass y estrella africana, cosechados y enfardados en rollo, empleando maquinaria de uso regular en la henificación. Dicha maquinaria brinda una muy buena compactación interior a los rollos, los cuales posteriormente son recubiertos con una filmína de plástico autoadherible. Otra metodología empleada consiste en el llenado y compactación manual del forraje de piso picado dentro de bolsas plásticas, cerradas lo más herméticamente posible. Los resultados empíricos han mostrado diferencias organolépticas y calidad bromatológica dudosa en el producto ensilado; en algunos casos como resultado del exceso de humedad y en otros debido a la falta de azúcares solubles que potencien el adecuado proceso de fermentación anaeróbica (Mühlbach, sf).

El pasto kikuyo producido durante la estación lluviosa tiene un grado de suculencia mayor que sobrepasa el mínimo de materia seca requerido para la obtención de un ensilado de mediana calidad, su contenido varía entre 15-18% y posee una

concentración de azúcares solubles superior al 12% en base seca (Woolford, 1984; Garcés et al., 2007). Este contenido de azúcares a lo recomendable para lograr un buen proceso de fermentación láctica (9%); sin embargo, el porcentaje de materia seca inferior al 20% es un contenido óptimo para iniciar un proceso de fermentación alcohólica (Bolsen et al., 1996). Bajo estas características, se ha observado, en la práctica, una elevada acumulación de líquidos en la parte inferior de la bolsa con kikuyo que propicia un proceso de putrefacción parcial del material ensilado y un olor pútrido generalizado en todo el contenido de la bolsa. Algunos productores han enmendado parcialmente esta práctica, ensilando el material previamente deshidratado por aireación natural (somagado), lo cual incrementa los costos de elaboración por el empleo de mano de obra adicional.

El ensilamiento de materiales con alta humedad requiere un aditivo que además de enriquecer el contenido de materia seca, provoque un aumento en el contenido de carbohidratos solubles en la mezcla o al menos lo mantenga. Es común el empleo de maíz molido, semolinas, afrechos de trigo y otros productos como desecantes naturales y que a la vez proveen un valor energético agregado importante.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar las características del ensilado del pasto kikuyo alto en humedad y la calidad bromatológica resultante al agregar tres diferentes aditivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y manejo del forraje

El experimento se llevó a cabo durante el año 2010 en la Finca El Pizote, localizada en el distrito San Ramón, cantón de La Unión, provincia de Cartago, la cual tiene una altitud de 1600 msnm, con una precipitación media anual de 2050 mm, distribuida en los meses de mayo a noviembre. La temperatura media durante la realización del estudio fue de 19 °C y la humedad relativa media de 85%. La finca se encontraba sembrada de pasto kikuyo, en un conjunto de lomas con pendiente suave y suelos volcánicos. Durante la estación lluviosa, los potreros fueron fertilizados con 150 kgN/ha/año. La finca contaba con potreros de pastoreo directo para la rotación de los

animales y adicionalmente con potreros específicos para la cosecha mecanizada de forraje, cuya edad de corte y rebrote es de 60 a 70 días, para ofrecer diariamente forraje con alto contenido de fibra (sazón) a las vacas, en comedero, después del ordeño de la mañana. Se empleó uno de estos lotes para cosechar el forraje usado en el experimento, el cual se cortó el día anterior con una segadora de espada dentada acoplada al tractor, cuya cuchilla de corte estaba a una altura de 5 cm sobre el nivel de suelo, y se recolectó el día de llenado de las bolsas.

Preparación de las bolsas

Se utilizaron bolsas de polietileno de siete milésimas de pulgada (medida usada industrialmente, equivalente a 0,18 mm) de grosor, en color negro, de 91 cm de ancho por 125 cm de alto, con capacidad para 60 kg de forraje verde (según especificaciones del comerciante). Las bolsas fueron acondicionadas en el extremo inferior con un drenaje, compuesto de un trozo de manguera plástica de 1 cm de diámetro interno por 30 cm de largo. La bolsa se perforó en un extremo para introducir 10 cm de manguera y se ahusó alrededor de ella, arrollando fuertemente el extremo de la bolsa con 1,5 m de hilo de nylon, para atar el trozo de manguera en su interior. Posteriormente, se recubrió el extremo de la bolsa con cinta adhesiva de tela, desde el inicio interior de la manguera hasta 7 cm en la parte externa, dejando expuesto un extremo de 20 cm para doblar y atar a 10 cm la parte externa de la manguera y contener la salida de los líquidos de la bolsa que se desprendieran durante el proceso de fermentación, de manera que permitiera extraer y medir la cantidad de efluentes producidos durante el periodo experimental.

Proceso de llenado de las bolsas

El forraje tal como fue segado y recolectado se depositó en rollos dentro de las bolsas, compactando con los pies en capas de 20-25 cm de alto, hasta alcanzar la parte superior de la bolsa y permitiera recoger los bordes. Una vez recogido este extremo, se introdujo una manguera conectada a una bomba de vacío, calibrada a -0,052 MPk (equivalente a -38 cmHg, -15 psi o una atmósfera de vacío) para la extracción del aire. Esta extracción con presión negativa ejerció un colapso de la bolsa reduciendo el volumen inicial

cerca de un 30%, aumentando la compactación interna del material contenido. La boca de la bolsa se amarró con mecate de 3,2 mm de grosor, mediante un doble nudo, torciendo posteriormente el extremo hacia abajo para impedir un eventual ingreso de agua, polvo o insectos en su interior. Previo al cierre de la bolsa, se agregaron los aditivos en las proporciones previstas de los tratamientos experimentales con respecto al peso de forraje ingresado y su contenido de materia seca previamente valorada en el laboratorio. El contenido de forraje de cada bolsa se pesó. Los tratamientos fueron debidamente rotulados en cada bolsa y estas colocadas en una tarima a 20 cm sobre el nivel de piso, de manera que permitiera posteriormente la extracción de los efluentes.

Diseño experimental y muestreo

Se usó un diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1988) con cuatro repeticiones y nueve tratamientos en arreglo factorial (3 x 3). Los factores fueron tres aditivos: melaza, maíz molido y un pelletizado de pulpa de cítricos, cada uno en tres niveles. Con base en los análisis bromatológicos iniciales, realizados una semana previa, se determinó el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina, hemicelulosa y celulosa, extracto etéreo, cenizas, la proteína incrustada en la fibra neutro detergente y los carbohidratos no fibrosos (NRC, 2001), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CNF} = 100 - ((\text{FND} - \text{PCIFND}) + \text{PC} + \text{EE} + \text{CEN})$$

donde:

CNF = carbohidratos no fibrosos, %

FND = fibra neutro detergente, %

PCIFND = proteína cruda incrustada en la fibra neutro detergente, %

PC = proteína cruda, %

EE = extracto etéreo, %

CEN = cenizas, %

El nivel más bajo de aditivos se fundamentó en proporcionar la cantidad de azúcares necesarios para alcanzar un 10% de carbohidratos no fibrosos en el tratamiento con melaza y alcanzar un mínimo de 20% de materia seca en los tratamientos con maíz molido y

un alimento comercial peletizado de pulpa de cítricos. El contenido de carbohidratos no fibrosos presentes en el pasto fue de 10,94%, por lo que los niveles de agregado de melaza fueron de 0, 2 y 4%. El contenido de materia seca en el pasto fue de 15,19%, por lo que los niveles de agregado de maíz molido y pulpa de cítricos fueron de 5, 7 y 9%.

El periodo experimental fue de 77 días, durante los meses de setiembre, octubre y noviembre de 2010, en los cuales se realizó la recolección de efluentes cada siete días en las primeras nueve semanas. Al finalizar, las bolsas fueron pesadas y se abrieron para hacer una evaluación organoléptica (olor, color y textura) *in situ*. Se recolectó una muestra del contenido de cada bolsa para efectuar los análisis de laboratorio.

Los valores bromatológicos del forraje inicial en mezcla con los aditivos, así como los contenidos nutricionales al finalizar el experimento fueron sometidos al análisis de varianza con el PROC ANOVA del paquete estadístico SAS Institute (1985). Aquellas variables que mostraron diferencias importantes entre medias, fueron sometidas a la prueba de Duncan para su separación estadística. Mediante este mismo procedimiento se cuantificó la variación de pérdidas ocurridas durante el proceso de fermentación. El comportamiento de la producción acumulativa de efluentes se analizó por medio del PROC REG y se determinó la regresión de mejor ajuste para cada aditivo y nivel.

Análisis de laboratorio

Se determinó el contenido de materia seca (MS) en una estufa a 105 °C, la proteína cruda (PC) por el método Kjeldahl, el extracto etéreo (EE) y las cenizas (CEN) totales (AOAC, 2000). La fibra neutro detergente (FND), la fibra ácido detergente (FAD) y la lignina (LIG) fueron analizadas por el método de Goering y Van Soest (1970) y Van Soest et al. (1991). Los valores de hemicelulosa (HEMI) y celulosa (CEL) se estimaron por diferencia de las fracciones correspondientes.

El pH se determinó con un potenciómetro, modelo 6173pH, serie JCO2826. Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de bromatología de la Estación Experimental "Alfredo Volio Mata".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valores bromatológicos

Los valores bromatológicos del kikuyo (Cuadro 1) mostraron un valor proteico bajo, un alto contenido de fibra neutro detergente y una concentración media de fibra ácido detergente en base seca, debido a la edad de rebrote y a su estado fenológico: seis a siete hojas apicales verdes, tres a cinco hojas senescentes y un tallo de 70 a 90 cm de largo, con ocho a once vainas foliares en proceso de pudrición húmeda, adheridas a los nudos del tallo.

Entre el peso inicial del forraje verde con el aditivo agregado y el peso final obtenido de ensilado (Cuadro 2) se presentaron pérdidas significativas ($p < 0,05$) de materia verde en los tres aditivos, siendo la menor de un 10% cuando se empleó pulpa de cítricos, un 13% con maíz molido y un máximo de 16% con el agregado de melaza. No se observaron diferencias importantes ($p > 0,05$) entre los niveles de cada tratamiento.

El contenido de materia seca y la composición nutricional en base seca de los tratamientos iniciales y del ensilado final, mostraron variaciones importantes a considerar como producto del proceso de fermentación. En el forraje inicial (Cuadro 3) se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tres aditivos, en tanto la diferencia real entre el tratamiento con maíz molido y el de pulpa de cítricos fue mínima. Las variaciones de proteína cruda fueron significativas ($p < 0,05$) entre los tres aditivos; sin embargo, entre el valor mínimo y máximo hubo una pequeña diferencia real de 0,6%. Este mismo comportamiento se presentó en la fibra neutro detergente y sus componentes, producto de nutrientes aportados por los aditivos al forraje ensilado, más las variaciones propias del forraje cosechado y colocado en cada bolsa experimental.

En todos los nutrientes se manifestaron diferencias ($p < 0,05$) entre los niveles de aditivo agregado. El contenido de materia seca del material ensilado resultante al final del experimento (Cuadro 4), y la concentración de fibra neutro detergente y sus componentes, no presentaron diferencias de importancia ($p > 0,05$) entre aditivos. Sí se mostraron

Cuadro 1. Composición bromatológica del pasto kikuyo y la melaza, el maíz molido y la pulpa de cítricos usados como aditivos. Cartago. Costa Rica. 2010.

Table 1. Bromatological composition of kikuyo grass and molasses, ground corn and citrus pulp used as additives. Cartago. Costa Rica. 2010.

Componente nutricional	Kikuyo	Melaza	Maíz molido	Pulpa de cítricos
Materia seca (MS), %	15,19	65,00	87,00	87,50
Proteína cruda (PC), %	9,36	3,00	8,00	10,00
Fibra neutro detergente (FND), %	71,66		12,50	43,17
Fibra ácido detergente (FAD), %	33,95		2,99	17,53
Extracto etéreo (EE), %	2,11		3,47	2,47
Cenizas totales (CEN), %	10,46	13,70	1,50	6,22
Lignina (LIG), %	6,59		0,13	13,09
Celulosa (CEL), %	27,35		2,86	4,45
Hemicelulosa (HEMI), %	37,72		9,51	25,64
Proteína cruda incrustada en la FND (PCIFND), %	4,53		0,00	0,88
Carbohidratos no fibrosos (CNF), %	10,94		74,53	39,02
Carbohidratos solubles (CHOS), %		34,00		

Cuadro 2. Peso fresco inicial y final de forraje ensilado de kikuyo con agregado de tres aditivos en tres niveles, en base seca. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 2. Initial and final fresh weight of kikuyo grass silage with addition of three additives at three levels, on dry basis. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel, %	Peso inicial, kg	Peso final, kg	dif. de peso, kg	dif. de peso, %
Melaza	0	50,63	41,75	8,88	17,54
	2	52,64	45,25	7,87	14,95
	4	51,60	44,25	8,29	16,07
	Prom.	51,62	43,75 b	8,34 a	16,16
Maíz molido	5	49,76	45,25	7,00	14,07
	7	54,14	51,25	6,68	12,34
	9	50,66	49,13	6,10	12,04
	Prom.	51,52	48,54 a	6,59 b	12,79
Pulpa de cítricos	5	53,22	51,25	4,64	8,72
	7	51,14	48,88	5,84	11,42
	9	52,66	51,63	5,78	10,98
	Prom.	52,34	50,58 a	5,42 c	10,36

a, b, c marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre tratamientos/a, b, c indicate statistic differences ($p < 0,05$) between treatments.

diferencias significativas ($p < 0,05$) en los contenidos de proteína cruda y de extracto etéreo, siendo la melaza el aditivo que conservó mejor ambas fracciones nutricionales. A pesar de lo anterior, no se observaron variaciones significativas ($p > 0,05$) entre los niveles de los aditivos en ninguno de los nutrientes estudiados, lo que sugiere una uniformización cualitativa del ensilado al término del trabajo experimental (2 ½ meses) entre los tres tipos de aditivo empleados, e incluso independientemente del nivel de aditivos agregados.

La cantidad inicial de materia seca entre los tres aditivos resultó significativa ($p < 0,05$), con valores de 7,82 kg/bolsa en el tratamiento con melaza contra 9,94 y 9,95 en los tratamientos con maíz molido y de pulpa de cítricos, respectivamente. Se observaron variaciones altamente significativas ($P < 0,01$) entre los niveles aplicados, correspondientes a un incremento en los kg de materia seca conforme aumentó el nivel de los aditivos. El contenido de proteína cruda tuvo el mismo comportamiento entre los aditivos. Se observó una tendencia creciente en la cantidad de proteína ($p > 0,05$) conforme aumentó el nivel de adición de melaza, no así entre los niveles de adición de maíz molido y pulpa de cítricos. La fracción fibrosa mostró

Cuadro 3. Composición bromatológica inicial del forraje de kikuyo con tres aditivos incorporados en tres niveles, en base seca. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 3. Initial bromatological composition of kikuyo forage with three additives incorporated at three levels, on dry basis. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel	Materia seca	Proteína cruda	Fibra neutro detergente	Fibra ácido detergente	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Extracto etéreo	Cenizas totales
Melaza	0	15,19 z	9,36 x	71,66 x	33,96 x	37,72 x	27,35 x	6,59 x	2,11 x	10,46
	2	15,64 y	9,12 y	68,97 y	32,67 y	36,30 y	26,33 y	6,35 y	2,03 y	10,58
	4	16,08 x	8,90 z	66,49 z	31,50 z	34,99 z	25,38 z	6,12 z	1,96 z	10,69
	Prom.	15,64 c	9,13 b	69,04 a	32,71 a	36,34 a	26,35 a	6,35 b	2,03 c	10,58
Maíz molido	5	18,61 z	9,06 x	58,49 x	27,05 x	31,44 x	21,90 x	5,15 x	2,41 z	8,46
	7	19,89 y	8,97 y	54,73 y	25,09 y	29,64 y	20,34 y	4,74 y	2,50 y	7,89
	9	21,12 x	8,90 z	51,54 z	23,42 z	28,12 z	19,02 z	4,39 z	2,57 x	7,41
	Prom.	19,87 b	8,98 c	54,92 c	25,19 c	29,73 c	20,42 c	4,76 c	2,49 a	7,92
Pulpa de cítricos	5	18,64 z	9,51 z	65,29 x	30,27 x	35,02 x	22,23 x	8,05 z	2,19 z	9,51
	7	19,92 y	9,55 y	63,47 y	29,23 y	34,25 y	20,77 y	8,46 y	2,22 y	9,24
	9	21,16 x	9,58 x	61,93 z	28,34 z	33,59 z	19,53 z	8,81 x	2,23 x	9,01
	Prom.	19,91 a	9,55 a	63,56 b	29,28 b	34,29 b	20,84 b	8,44 a	2,21 b	9,25

a, b, c marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre tratamientos / a, b, c indicate statistic differences ($p < 0,05$) between treatments. x, y, z marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre niveles / x, y, z indicate statistic differences ($p < 0,05$) between levels.

Cuadro 4. Composición bromatológica del ensilado de kikuyo con tres aditivos incorporados en tres niveles, en base seca. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 4. Bromatological composition of kikuyo silage with three additives incorporated at three levels, on dry basis. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel	Materia seca	Proteína cruda	Fibra neutro detergente	Fibra ácido detergente	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Extracto etéreo	Cenizas totales
Melaza	0	14,06	7,64	79,25	40,28	38,97	33,16	7,13	2,24	11,36
	2	13,90	8,19	78,15	39,66	38,49	33,39	6,27	2,30	11,65
	4	14,33	8,78	75,04	37,72	37,32	31,82	5,90	2,16	11,58
	Prom.	14,10	8,20 a	77,48	39,22	38,26	32,79	6,43	2,23 a	11,53
Maíz molido	5	13,51	7,45	79,35	40,03	39,32	33,27	6,76	1,99	11,78
	7	13,51	7,37	80,45	40,81	39,65	34,09	6,72	1,93	11,94
	9	14,23	7,33	78,72	39,53	39,19	33,04	6,49	1,76	11,58
	Prom.	13,75	7,38 b	79,51	40,12	39,39	33,47	6,66	1,89 b	11,74
Pulpa de cítricos	5	13,64	7,39	77,06	38,25	38,81	32,40	5,85	2,28	11,55
	7	13,83	7,44	80,94	40,35	40,58	33,71	6,65	1,96	11,31
	9	13,65	7,25	79,22	40,45	38,77	33,67	6,78	1,89	12,09
	Prom.	13,71	7,36 b	79,07	39,68	39,39	33,26	6,42	2,04 ab	11,65

a, b, c marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre tratamientos / a, b, c indicate statistic differences ($p < 0,05$) between treatments.

diferencias ($p < 0,05$) entre los aditivos empleados, con una diferencia real poco apreciable entre la adición de melaza y de maíz molido, pero una diferencia amplia entre la cantidad de fibra neutro detergente al comparar estos dos aditivos contra la adición de pulpa de cítricos. Similar respuesta se encontró en los componentes de la fibra, el extracto etéreo y las cenizas totales, apreciándose diferencias importantes ($p < 0,01$) entre los aditivos y poca variación ($p > 0,05$) entre los niveles aplicados de cada uno de ellos (Cuadro 5).

La cantidad de nutrientes contenidos en 50 kg/ bolsa al finalizar el periodo de ensilaje (Cuadro 6) presentaron variaciones importantes ($p < 0,05$) en la cantidad de materia seca entre los tres aditivos, pero fueron poco apreciables entre los niveles ($p > 0,05$). La cantidad de proteína cruda no mostró variaciones ($p > 0,05$) en la cantidad de nutrientes por bolsa entre los tres aditivos, con cantidades entre 450 y 490 g/ bolsa. Las pérdidas de materia seca y de componentes nutricionales (Cuadro 7), mostraron grandes diferencias entre aditivos ($p < 0,05$) y pequeñas diferencias entre los niveles de estos. Las menores pérdidas de materia seca, de proteína y extracto etéreo se presentaron con la

adición de melaza, mientras que las pérdidas de fibra y cenizas fueron menores con la de maíz molido. En general, las mayores pérdidas de materia seca y sus nutrientes se presentaron con la adición de pulpa de cítricos.

Dinámica de los efluentes y características organolépticas

La cantidad de efluentes mostraron variaciones ($p < 0,01$) entre los diferentes aditivos y entre los niveles. La acumulación de los mayores exudados se observaron en los tratamientos con melaza en los dos primeros niveles de 0 y 2% y en el nivel de pulpa de cítricos con 9% de agregado en base seca, mayores a 3,5 l por bolsa de 50 kg de material ensilado. En los tratamientos de melaza con el nivel de 4%, maíz molido niveles de 5 y 7%, así como el de pulpa de cítricos nivel 7%, la cantidad acumulada de efluentes varió entre dos y tres litros por cada 50 kg de material ensilado, y la menor exudación de efluentes se observó en los tratamientos de maíz molido nivel 9% y pulpa de cítricos nivel 5%, con valores entre 0,98 y 1,4 l/50

Cuadro 5. Cantidad inicial de materia seca y componentes nutricionales por cada 50 kg de pasto kikuyo fresco con tres aditivos agregados en tres niveles, en base seca. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 5. Initial amount of dry matter and nutritional components per 50 kg of fresh kikuyo grass with three additives added at three levels, on dry basis. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel	Materia seca	Proteína cruda	Fibra neutro detergente	Fibra ácido detergente	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Extracto etéreo	Cenizas
Melaza	0	7,60 z	0,711	5,443	2,579	2,865	2,078	0,501	0,160	0,794
	2	7,82 y	0,714	5,394	2,555	2,839	2,059	0,496	0,159	0,827
	4	8,04 x	0,716	5,346	2,533	2,814	2,040	0,492	0,158	0,860
	Prom.	7,82 c	0,714 c	5,394 c	2,495 b	2,839 c	2,059 b	0,496 b	0,159 c	0,827 b
Maíz molido	5	9,31 z	0,843 z	5,445	2,518	2,925	2,038	0,480	0,225	0,788
	7	9,95 y	0,892 y	5,443	2,495	2,948	2,023	0,472	0,249	0,785
	9	10,56 x	0,940 x	5,541	2,473	2,970	2,009	0,464	0,272	0,783
	Prom.	9,94 b	0,892 b	5,443 b	2,556 c	2,948 b	2,023 c	0,472 c	0,249 a	0,785 c
Pulpa de cítricos	5	9,32 z	0,886 z	6,083	2,821	3,263	2,071	0,750	0,204	0,886
	7	9,96 y	0,951 y	6,323	2,912	3,411	0,069	0,843	0,221	0,920
	9	10,58 x	1,014 x	6,553	2,999	3,555	2,067	0,932	0,236	0,953
	Prom.	9,95 a	0,950 a	6,320 a	2,911 a	3,410 a	2,069 a	0,842 a	0,220 b	0,920 a

a, b, c marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre tratamientos / a, b, c indicate statistic differences ($p < 0,05$) between treatments.
x, y, z marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre niveles / x, y, z indicate statistic differences ($p < 0,05$) between levels.

Cuadro 6. Cantidad final de materia seca y componentes nutricionales por cada 50 kilos de pasto kikuyo ensilado, con tres aditivos agregados en tres niveles, en base seca. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 6. Final amount of dry matter and nutritional components per 50 kilos of kikuyo grass silage with three additives added at three levels, on dry basis. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel	Materia seca	Proteína cruda	Fibra neutro detergente	Fibra ácido detergente	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Extracto etéreo	Cenizas totales
Melaza	0	5,80	0,442	4,595	2,337	2,259	1,923	0,414	0,130	0,659
	2	5,93	0,483	4,635	2,353	2,282	1,981	0,372	0,137	0,692
	4	6,04	0,533	4,517	2,271	2,246	1,917	0,354	0,131	0,700
	Prom.	5,92 b	0,486	4,582 b	2,320 b	2,262 b	1,940 b	0,380	0,133 a	0,683
Maíz molido	5	5,85	0,436	4,639	2,339	2,300	1,945	0,394	0,117	0,686
	7	5,98	0,441	4,801	2,436	2,366	2,037	0,399	0,115	0,716
	9	6,32 ab	0,464	4,985	2,503	2,482	2,091	0,411	0,111	0,733
	Prom.	6,05	0,447	4,808 a	2,426 a	2,383 a	2,024 ab	0,401	0,114 b	0,711
Pulpa de cítricos	5	6,25	0,460	4,818	2,392	2,426	2,027	0,365	0,142	0,722
	7	6,18	0,445	4,997	2,491	2,506	2,081	0,410	0,122	0,699
	9	6,14	0,456	4,859	2,480	2,379	2,065	0,416	0,116	0,742
	Prom.	6,19 a	0,456	4,891 a	2,454 a	2,437 a	2,058 b	0,397	0,127 ab	0,721

a, b, c marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre tratamientos / a, b, c indicate statistic differences ($p < 0,05$) between treatments.

Cuadro 7. Pérdidas porcentuales de materia seca y componentes nutricionales producidos durante el periodo de ensilaje del pasto kikuyo, con tres aditivos agregados en tres niveles. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 7. Loss percentage of dry matter and nutritional components produced during the Kikuyo grass silage with three additives added at three levels. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel	Materia seca	Proteína cruda	Fibra neutro detergente	Fibra ácido detergente	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Extracto etéreo	Cenizas totales
Melaza	0	23,68	37,97	15,58	9,31	21,12	7,36	16,97	18,75	17,38
	2	24,17	32,63	14,05	7,83	19,65	3,89	25,81	13,84	16,32
	4	24,94	25,84	15,53	10,38	20,18	6,03	28,05	17,72	18,60
	Prom.	24,27 b	32,07 c	15,05 b	9,38 b	20,32 b	5,78 a	23,59 b	16,98 c	17,41 b
Maíz molido	5	37,09	48,04	14,84	7,15	21,37	4,56	17,71	48,00	13,07
	7	39,90	50,78	11,81	2,40	19,78	0,00	15,47	53,41	8,92
	9	40,13	50,85	8,23	0,00	16,43	0,00	11,42	58,82	6,39
	Prom.	39,10 a	49,89 b	11,68 b	3,13 c	19,17 b	1,53 b	14,83 b	53,41 a	9,43 c
Pulpa de cítricos	5	32,89	47,74	20,80	15,24	25,59	2,08	51,33	29,41	18,62
	7	37,98	51,84	21,00	14,53	26,53	0,00	51,36	45,25	23,91
	9	41,99	55,72	25,84	17,34	33,14	0,15	55,26	50,85	22,35
	Prom.	37,82 a	51,89 a	22,59 a	15,73 a	28,53 a	0,72 b	52,73 a	42,27 b	21,63 a

a, b, c marcan diferencias ($p < 0,05$) estadísticas entre tratamientos / a, b, c indicate statistic differences ($p < 0,05$) between treatments.

kg de material inicialmente ensilado. La cinética del proceso de exudación de efluentes durante el periodo experimental (Cuadro 8) se estimó con ecuaciones de regresión, y mediante las derivadas respectivas se cuantificó el tiempo requerido para alcanzar la máxima acumulación, equivalente al tiempo en días requeridos para que la exudación de efluentes cese o sea equivalente a 0.

El valor de pH medio general del ensilado fue de 4,62, mostrando diferencias estadísticas ($p < 0,05$)

entre aditivos, dentro de un rango muy estrecho (4,38 a 4,73) de poca importancia para la estabilidad de los materiales resultantes, entre todos los tratamientos probados. Similares variaciones estadísticas significativas ($p < 0,05$) se presentaron entre los niveles de cada tratamiento, de poca magnitud real para afectar las buenas características de conservación mostradas. En cuanto a las propiedades organolépticas (Cuadro 9), la adición de melaza y de maíz molido le dio un olor agradable al ensilado en todos los niveles empleados,

Cuadro 8. Ecuaciones de regresión para predecir la cantidad de efluente producido y las derivadas parciales para estimar la cantidad máxima de días de producción durante el proceso de fermentación del pasto kikuyo tratado con los niveles de 0, 2 y 4% de melaza y 5, 7 y 9% de maíz y pulpa de cítricos agregados en base seca, y el coeficiente de determinación correspondiente. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 8. Regression equations for predicting the amount of effluent produced and the partial derivatives to estimate the maximum number of days of production during the fermentation of kikuyo grass treated at levels of 0, 2 and 4% molasses and 5, 7, and 9% corn, and citrus pulp added on dry basis, and the corresponding determination coefficient. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel	Valores de regresión		R ²
Melaza	0	Y =	-228,3671469 + 161,9825846 X - 1,0211588 X ²	0,77
	2	Y =	-153,4147646 + 142,9557649 X - 1,0929658 X ²	0,63
	4	Y =	351,5978877 + 82,9454783 X - 0,729891 X ²	0,26
Maíz molido	5	Y =	2,90534486 + 66,37814665 X - 0,53692794 X ²	0,43
	7	Y =	-266,6535452 + 75,9891767 X - 0,5055566 X ²	0,69
	9	Y =	42,03779917 + 26,19214327 X - 0,17588944 X ²	0,56
Pulpa de cítricos	5	Y =	-171,1445156 + 48,5070477 X - 0,3714779 X ²	0,63
	7	Y =	-279,2919244 + 74,7942064 X - 0,5753961 X ²	0,78
	9	Y =	-180,4606471 + 70,844405 X - 0,4202839 X ²	0,75
Tratamiento	Nivel	Derivadas		Máximo, días
Melaza	0	δY =	161,9825846 - 2,0423176 X	79,31
	2	δY =	142,9557649 - 2,1859316 X	65,39
	4	δY =	82,9454783 - 1,459782 X	56,82
Maíz molido	5	δY =	66,37814665 - 1,07385588 X	61,81
	7	δY =	75,9891767 - 1,0111132 X	75,15
	9	δY =	26,19214327 - 0,35177888 X	74,46
Pulpa de cítricos	5	δY =	48,5070477 - 0,7429558 X	65,29
	7	δY =	74,7942064 - 1,1507922 X	64,99
	9	δY =	70,844405 - 0,8405678 X	84,28

Cuadro 9. Contenido de acidez y puntaje de las características organolépticas: olor, color y textura del pasto kikuyo ensilado y tratado con los niveles de 0, 2 y 4% de melaza y 5, 7 y 9% de maíz y pulpa de cítricos, agregados en base seca. Cartago, Costa Rica. 2010.

Table 9. Acid content and score of the organoleptic characteristics: smell, color, and texture of kikuyo grass silaged and treated with levels of 0, 2 and 4% molasses and 5, 7, and 9% corn and citrus pulp, added on dry basis. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Nivel	pH		Puntaje		
				Olor ¹	Color ²	Textura ³
Melaza	0	4,60	x	4	4	4
	2	4,53	x	4	4	4
	4	4,38	y	4	3,25	4
	Prom.	4,50	b			
Maíz	5	4,73	x	4	4	4
	7	4,68	y	4	4	4
	9	4,63	z	4	4	4
	Prom.	4,68	a			
Pulpa de cítricos	5	4,63		4	4	4
	7	4,70		3,5	4	4
	9	4,70		4	4	4
	Prom.	4,68	a			

^{1/} Escala de olor: 4 agradable, 3 ligeramente olor a moho, 2 moderado olor a moho, 1 fuerte olor a moho, 0 fétido / Smell scale: 4 nice, 3 slightly moldy smell, 2 moderate moldy smell, 1 strong moldy smell, 0 fetid.

^{2/} Escala de color: 4 verde pálido, 3 verde musgo, 2 verde oscuro, 1 verde pardo, 0 pardo / Color scale: 4 pale green, 3 moss green, 2 dark green, 1 brown green, 0 brown.

^{3/} Escala de textura: 4 firme y consistente, 3 consistente, 2 medio, 1 suave, 0 con mucílago / Texture scale: 4 firm and consistent, 3 consistent, 2 medium, 1 soft, 0 with mucilage.

a, b marcan diferencias (p<0,05) estadísticas entre tratamientos / a, b indicate statistic differences (p<0.05) between treatments..

x, y, z marcan diferencias (p<0,05) estadísticas entre niveles / x, y, z indicate statistic differences (p<0.05) between levels.

apreciándose la misma característica con la adición de pulpa de cítricos, con un ligero crecimiento de hongos en el nivel de 7%. En cuanto al color, en general se observó un color verde pálido en todos los tratamientos, excepto uno ligeramente musgoso en el nivel de 4% melaza. Al evaluar la textura, todos los tratamientos, sin excepción, mostraron un tejido firme y consistente propio de un buen proceso de fermentación.

El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es un excelente recurso forrajero para la alimentación del ganado lechero en Costa Rica, Colombia (Garcés et al., 2007) y Australia (Fulkerson, 1995). La sobreproducción de forraje durante las épocas lluviosas exceden las necesidades de las fincas y se ha recomendado ensilar, teniendo en cuenta las

características de ensilabilidad limitadas que presenta, como un bajo contenido de materia seca, una alta proporción de proteína cruda en forma de nitrógeno no proteico y un relativo bajo contenido de carbohidratos solubles (Boschini y Elizondo, 2003; Mühlbach, sf). La presente investigación tomó en cuenta las características descritas y el interés particular de estudiar la conservación del forraje entero, sin picar, tal y como fuese segado para ofrecer en fresco.

Los resultados expuestos mostraron que el kikuyo empleado a pesar de tener más de dos meses de crecimiento, mantuvo un bajo nivel de materia seca, y debido a la defoliación natural por senescencia presentó un bajo nivel de proteína cruda. El material alcanzó un nivel mínimo de carbohidratos solubles

(carbohidratos no fibrosos) para obtener un ensilado de buena calidad. Catchpool y Henzell (1971) han considerado desde hace cuatro décadas que el pasto kikuyo tiene limitaciones de ensilabilidad por su bajo contenido de carbohidratos solubles, un bajo contenido de materia seca y un alto contenido de proteína cruda, este último factor es generador de niveles superiores a los deseados de nitrógeno amoniacal que incrementa el valor de pH, indeseable para el logro de una buena conservación. La literatura en general (Mühlbach, sf; Bates et al., 1989; Staples, 1995; Kaiser et al., 2001a) ha manifestado que el bajo contenido de materia seca y de carbohidratos solubles de los pastos tropicales (C4) tiene como resultado una mala fermentación del material verde recién cortado, recomendando la adición de aditivos con propósitos de enmienda. El pasto kikuyo empleado en esta investigación no tenía las características mínimas para ser ensilado sin aditivos, por ello se tomó en consideración la adición de tres diferentes aditivos correctores hacia una buena fermentación láctica según los resultados de Jones (1995), excepto el marchitamiento previo (Kaizer et al., 2001b; Titterton y Bareeba, 2006); sin embargo, los valores de pH y las características organolépticas resultaron similares a los obtenidos por los investigadores citados con pasto kikuyo que contenía 3,5% de carbohidratos solubles.

Los valores de proteína cruda contenidos en el kikuyo difirieron de los reportados en la literatura (Correa et al., 2008) con valores superiores entre 16 y 22% en edades de rebrote entre 21 y 35 días, contra valores de 9-10% en el forraje con más de 60 días de rebrote empleado en este trabajo. Así mismo, difiere entre 8 y 12% superiores en los contenidos de fibra neutro detergente a causa de la mayor edad, en consecuencia son mayores los componentes de la fibra (celulosa, lignina y hemicelulosa). La adición de aditivos con mayor contenido de materia seca y azúcares solubles que el kikuyo, no mejoraron la cantidad de materia seca final del ensilado, lo que muestra el efecto negativo que tiene la alta humedad del forraje inicial por las altas pérdidas de materia seca encontradas (entre 24 y 40%) dependiendo del tipo y nivel de aditivo agregado, así como las pérdidas de proteína cruda en el orden de 25 a 55%. Las menores pérdidas se observaron con la adición de melaza en un nivel de 4% sobre la base seca. Esto es concordante

(Catchpool y Henzell, 1971) con la cantidad de efluentes exudados. Al relacionar las pérdidas de materia seca y proteína cruda con las curvas de regresión correspondiente a la cinética de acumulación de efluentes, se muestra que la adición de aditivos sólidos (maíz molido y pulpa de cítricos) como secante del kikuyo tiene diferente efecto. Al agregar pulpa de cítricos se observó un efecto perjudicial, pues arrastró en mayor proporción efluentes conforme aumentó el nivel de agregado. Con la adición de maíz molido, el nivel alto disminuyó la cantidad de efluentes totales, mientras que el nivel intermedio la aumentó. Es importante mencionar que a pesar de las altas pérdidas encontradas entre los tratamientos y entre niveles, la calidad del material final ensilado no se vio afectada, pero si perdió una alta proporción de materia seca rica en nutrientes, disuelta en los efluentes.

Los resultados mostraron que es posible lograr un buen ensilado de kikuyo fresco recién cortado y entero (sin picar), por sus características organolépticas finales y valores de acidez necesarias para la buena conservación en bolsas de plástico, sin necesidad de agregar una fuente adicional de carbohidratos solubles (nivel 0% de melaza), pero que el agregar un 4% de melaza pura redujo a la mitad la exudación de efluentes. Para disminuir a solamente un 2 – 3% la cantidad de efluentes generados, en relación a la masa verde total, se requirió la adición de un 9% de maíz molido en el primer caso o un 5% de pulpa de cítricos con base a la cantidad de materia seca total contenida en la bolsa, esto equivaldría en un pasto con 15-16% de materia seca a la adición de 750 a 800 g de pulpa de cítricos o de 1350 a 1450 g de maíz molido por cada 100 kg de forraje fresco de kikuyo. Dada la alta cantidad de humedad contenida en el pasto kikuyo, es de esperar que los efluentes se estén produciendo desde el inicio hasta alcanzar la máxima acumulación dentro de la bolsa entre los 60 y 80 días de ensilamiento. Por esto se debe revisar las bolsas periódicamente y de ser posible proceder al desagüe de los líquidos generados, para evitar un proceso de deterioro.

LITERATURA CITADA

- Aldrich, S., y E. Leng. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur, ARG.

- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemistry, WA, USA.
- Bates, D.B., W.E. Kunkle, and T.E. Dawson. 1989. Round bale silage – a forage harvesting alternative. In: Proceeding 38th Annual Florida Beef Cattle Short Course. 3-5 May 1989. University of Florida, Gainesville, FL, USA.
- Bolsen, K.K., G. Ashbell, and Z.G. Wiemberg. 1996. Silage fermentation and silage additives. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 9:483-493.
- Boschini, C., y J. Elizondo. 2003. VII Curso teórico y práctico de ensilaje de forrajes. Serie Agrotecnológica 1. Editorial Universidad de Costa Rica, CRC.
- Bruno, O., L. Romero, M. Díaz, y M. Gaggiotti. 1995. Efecto del momento de corte del maíz para ensilaje sobre la producción de leche. Reporte técnico (no seriado). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ARG.
- Catchpool, V.R., and E.F. Henzell. 1971. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstract* 41:213-221.
- Correa, H.J., M.L. Pabón, y J.E. Carulla. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Xhiov.) para la producción de leche en Colombia. I – Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm> (consultado 28 abr. 2011).
- Cuomo, G., D. Redfearn, and D. Blouin. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agron. J.* 90:93-96.
- Fulkerson, W.J. 1995. Nutrient in rye grass, white clover and kikuyo pastures in relation to season and stage of regrowth in a subtropical environment. *Aust. J. Exp. Agric.* 38:227-240.
- Garcés, M.A., E. Suárez, J.G. Serna, y S. Ruiz. 2007. Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero. *Revista Lasallista Invest.* 3(2):34-37.
- Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook No. ARS-USDA*, WA, USA.
- Jones, R. 1995. The effect of cereal incorporation on the fermentation of spring and autumn-cut silage in laboratory silos. *Grass. Forage Sci.* 43:167-172.
- Kaiser, A.G., J.W. Plitz, E.J. Havilah, y J.F. Hamilton. 2001a. Composición del pasto kikuyo y su efecto sobre la ensilabilidad. En: L. 't Mannetje, editor, *Uso de ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos: Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 161*, Cartel técnico 4.4. FAO, Roma, ITA, p. 65-66.
- Kaiser, A.G., J.W. Plitz, J.F. Hamilton, y E.J. Havilah. 2001b. Efecto de la hora del día sobre la cosecha de pasto kikuyo y el contenido de carbohidratos hidrosolubles. En: L. 't Mannetje, editor, *Uso de ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos: Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 161*. Cartel técnico 8.2. FAO, Roma, ITA, p. 149-151.
- Mojica J.E., E. Castro, J.M. León, E.A. Cárdenas, M.L. Pabón, y J.E. Carulla. 2009. Efecto de la oferta de kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. *Rev. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 10:81-90.
- Mühlbach, P.R.F. sf. Estudio 9.0 – Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los pastos tropicales. <http://www.fao.org/3/content/5645cc42-5f28-579c-a4fc-4fb17e92014c/x8486s0b.htm> (consultado 25 abr. 2011).
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition, 2001. National Academy Press, WA, DC, USA.
- SAS Institute. 1985. User's guide: Statistics version 5 ed. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Staples, C.R. 1995. Bermudagrass: growing, storing and feeding for dairy animals. Circular 1140, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, Universidad de Florida, FL, USA.
- Steel, R., y E.J. Torrie. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw Hill, MEX.
- Titterton, M., y F.B. Bareeba. 2006. Estudio 4.0 – Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos. <http://www.fao.org/3/content/5645cc42-5f28-579c-a4fc-4fb17e92014c/x8486s06.htm> (consultado 25 abr. 2011).
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Woolford, M.K. 1984. Microbiology. In: M. Dekker, editor, *Silage fermentation*. Marcel Dekker Inc., NY, USA. 178 p.