

---

# VALOR ALIMENTICIO COMPARATIVO DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*, var. Whittet) EN DOS ESTACIONES DE CRECIMIENTO CON RYEGRASS (*Lolium multiflorum*) Y SUDÁN (*Sorghum sudanense*) OFRECIDO A NOVILLOS HOLSTEIN

---

Enrique Álvarez, Juan Rodríguez, Rosario E. Rodríguez, Gustavo Carrillo, Richard Zinn, Alejandro Plascencia, Martín Montaña, Víctor González, Salvador Espinoza y Ulises Aguilar

## RESUMEN

Cuatro novillos Holstein (167kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal fueron distribuidos en un diseño Cuadro Latino 4x4 para estimar el valor alimenticio comparativo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* var. Whittet) cosechado en verano e invierno con el de henos de gramínea de verano (pasto sudán; *Sorghum sudanense*) e invierno (ryegrass anual; *Lolium multiflorum* var. Oregon). Las dietas experimentales (88,4% MO, 35,5% FDN y 11,8% PC) fueron formuladas con 70% forraje y 30% suplemento. No hubo efecto de tratamientos ( $P>0,05$ ) en digestión ruminal de la FDN, N, eficiencia microbiana ruminal (g de NM/kg de MO fermentada), ni en eficiencia ruminal del N (N no amoniacal que entra a tracto bajo/N consumido). No hubo efecto ( $P>0,10$ ) de la

estación (cosecha en verano vs invierno) en la digestión ruminal y total de la MO, FDN y N en dietas con kikuyo. La digestión ruminal y total de MO, FDN y N fueron similares ( $P>0,10$ ) para dietas compuestas por kikuyo y sudán. Sin embargo, la digestión ruminal y total de MO y N fue menor (19, 12 y 9%, respectivamente) para dietas con kikuyo a la observada con ryegrass ( $P<0,05$ ). Las dietas con kikuyo presentaron mayor ( $P<0,05$ ) proporción molar de acetato y relación acetato/propionato que con ryegrass y sudán. No hubo efecto ( $P>0,05$ ) en la relación acetato-propionato. Se concluye que kikuyo tiene un valor alimenticio similar a sudán y representa una alternativa en la alimentación animal como cultivo perenne con aceptable valor nutricional durante el verano.

## Introducción

Las gramíneas ryegrass, sudán y bermuda son el principal recurso forrajero durante el verano e invierno en los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado, México. La estacionalidad es la principal razón por la que el pastoreo se reduce a un máximo de 120 días, existiendo restricción en la disponibilidad de pasturas en el periodo restante del año. Un monocultivo perenne disminuiría esta época crítica. El pasto kikuyo (var. Whittet), gramínea tropical C<sub>4</sub> de origen africano, ha sido propuesto como una alternativa para crecer en el valle de Mexicali en los últimos años; su adaptabilidad a climas

tropicales y mediterráneos radica en su capacidad para fotosintetizar en un amplio rango de temperaturas (Wilén y Holt, 1996) y se ha reportado que en zonas desérticas extremas su supervivencia alcanza un 100% a temperaturas de -9°C (Bogdan, 1997). Bajo condiciones de clima templado también tiene altos grados de desarrollo fenológico y tasa fotosintética (Hernández *et al.*, 2000), con una aceptable producción de materia seca (Reeves, 1996). Aunque la decisión de establecer pasto kikuyo en el valle de Mexicali se ha fundamentado en términos agronómicos, su rendimiento nutricional no ha sido evaluado ni comparado con los forrajes dominantes de

la zona. Se han realizado estudios de digestión *in situ* (Hernández *et al.*, 2000) e *in vitro* (Reeves *et al.*, 1996), pero falta información referente a su digestión *in vivo* y a valores comparativos con los forrajes prevalecientes en la región. El objetivo del presente trabajo es comparar el valor alimenticio del pasto kikuyo cosechado en verano e invierno con los pastos sudán y ryegrass anual, que son las gramíneas representativas en el área.

## Materiales y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo en la unidad experimental de metabolismo de rumiantes del Instituto de Ciencias

Agrícolas (ICA), a 50km al sur de Mexicali, Baja California, México (32°24'44,16"N, 115°11'56,87"O), a una altitud de 12m (INEGI, 1993) y temperatura y precipitación media anual de 22°C y 75,9mm, respectivamente.

## Aspectos edafológicos

El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, var. Whittet) se estableció en un suelo de tipo franco-arcilloso de serie Gila en fase pesado, salino-sódico con valores de 4,7-13,8mmhos·cm<sup>-2</sup>, con 8,5-16,4% de sodio intercambiable y pH entre 7,9 y 8,4. El manto freático sómero presenta profundidades de 90 a 215cm.

---

## PALABRAS CLAVE / Digestión / Pasto Kikuyo / Rumen / Ryegrass /

Recibido: 31/01/2006. Modificado: 18/12/2007. Aceptado: 07/01/2008.

**Enrique Gilberto Álvarez Almorá.** Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/ University of California-Davis (UCD), EEUU. Profesor, Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México. Dirección: Río Grimalva 2353, González Ortega, Mexicali, B.C. México. CP

21397. e-mail: digestibilidad@yahoo.com

**Juan Rodríguez García.** Maestro en Ciencias, UABC. Profesor, ICA-UACB, Mexicali, México.  
**Rosario Esmeralda Rodríguez González.** Maestro en Ciencias, Universidad de Guadalajara, México. Profesora, ICA-UACB, Mexicali, México.

**Gustavo Adolfo Carrillo Aguirre.** Maestro en Ciencias, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. Profesor, ICA-UACB, México.  
**Richard Avery Zinn.** Ph.D., University of Kentucky, EEUU. Profesor, UCD, EEUU.  
**Alejandro Plascencia Jorquera.** Doctor en Ciencias, UNAM/UCD. Profesor, UABC, Mexico.

**Martín Francisco Montaña Gómez.** Doctor en Ciencias UNAM/UCD. Profesor, UABC, Mexico.  
**Víctor Manuel González Vizcarra.** Maestro en Ciencias, UACB. Profesor, UABC, México.  
**Salvador Espinoza Santana.** Maestro en Ciencias, UACB. Profesor, UABC, México.  
**Ulises Aguilar Sánchez.** Maestro en Ciencias, UACB. Estudiante de Doctorado UABC, México.

**NUTRITIVE VALUE OF KIKUYO GRASS (*Pennisetum clandestinum*, VAR. WHITTET) IN TWO GROWTH SEASONS COMPARED TO RIEGRASS (*Lolium multiflorum*) AND SUDAN GRASS (*Sorghum sudanense*) OFFERED TO HOLSTEIN STEERS**

Enrique Álvarez, Juan Rodríguez, Rosario E. Rodríguez, Gustavo Carrillo, Richard Zinn, Alejandro Plascencia, Martín Montaña, Víctor González, Salvador Espinoza and Ulises Aguilar

**SUMMARY**

Four Holstein steers (167kg) with cannulae in the rumen and proximal duodenum were used in a 4x4 Latin Square design to evaluate the comparative feeding value of seasonal Kikuyugrass hay (*Pennisetum clandestinum* var. Whittet) harvested in winter and summer vs. summer (Sudangrass; *Sorghum sudanense*) and winter (Annual Ryegrass; *Lolium multiflorum* var. Oregon) grass hays. Experimental diets (88.4% OM, 35.5% NDF, and 11.8% CP) were formulated with 70% forage and 30% supplement. There were no effects ( $P>0.05$ ) on ruminal NDF and N digestion, ruminal microbial efficiency (grams MN/kg OM fermented) and ruminal N efficiency (non-ammonia N entering the small intestine/N intake). There were no seasonal effects (summer vs winter har-

vest;  $P>0.10$ ) on ruminal and total tract digestion of OM, N or NDF of kikuyugrass-based diets. Ruminal and total tract digestion of OM, NDF and N were similar ( $P>0.10$ ) for sudangrass- and kikuyugrass-based diets. However, ruminal digestion of OM and total tract digestion of OM and N was lower (19, 12, and 9%, respectively;  $P<0.05$ ) for the kikuyugrass-based diets than for the annual ryegrass-based diet. Kikuyugrass-based diets had higher ( $P<0.05$ ) ruminal molar proportions of acetate and acetate/propionate ratio than ryegrass- and sudangrass-based diets. There were no treatment effects ( $P>0.05$ ) on acetate/propionate ratio. Kikuyugrass has a feeding value similar to that of sudangrass hay and an acceptable nutritive quality in the summer.

**VALOR ALIMENTICIO COMPARATIVO DO CAPIM QUICUIO (*Pennisetum clandestinum*, var. Whittet) EM DUAS ESTAÇÕES DE CRESCIMENTO COM AZEVÊM (*Lolium multiflorum*) E CAPIM SUDÃO (*Sorghum sudanense*) OFERECIDO A NOVILHOS HOLSTEIN**

Enrique Álvarez, Juan Rodríguez, Rosario E. Rodríguez, Gustavo Carrillo, Richard Zinn, Alejandro Plascencia, Martín Montaña, Víctor González, Salvador Espinoza e Ulises Aguilar

**RESUMO**

Quatro novilhos Holstein (167 kg) com cânulas em rúmen e duodeno proximal foram distribuídos em um desenho Quadro Latino 4x4 para estimar o valor alimentício comparativo do capim quicuío (*Pennisetum clandestinum* var. Whittet) colhido no verão e inverno com o de feno de gramínea de verão (capim sudão; *Sorghum sudanense*) e inverno (azevém anual; *Lolium multiflorum* var. Oregon). As dietas experimentais (88,4% MO, 35,5% FDN e 11,8% PC) foram formuladas com 70% forragem e 30% suplemento. Não houve efeito de tratamentos ( $P>0,05$ ) em digestão ruminal da FDN, N, eficiência microbiana ruminal (g de NM/kg de MO fermentada), nem em eficiência ruminal do N (N não amoniacal que entra a trato baixo/N consumido). Não houve efeito ( $P>0,10$ ) da

estação (colheita no verão vs inverno) na digestão ruminal e total da MO, FDN e N em dietas com quicuío. A digestão ruminal e total de MO, FDN e N foram similares ( $P>0,10$ ) para dietas compostas por quicuío e sudão. No entanto, a digestão ruminal e total de MO e N foi menor (19, 12 e 9%, respectivamente) para dietas com quicuío observada com azevém ( $P<0,05$ ). As dietas com quicuío apresentaram maior ( $P<0,05$ ) proporção molar de acetato e relação acetato/propionato que com azevém e sudão. Não houve efeito ( $P>0,05$ ) na relação acetato/propionato. Conclui-se que quicuío tem um valor alimentício similar a sudão e representa uma alternativa na alimentação animal como cultivo perene com aceitável valor nutricional durante o verão.

**Establecimiento de la pradera**

El pasto kikuyo se estableció dentro del mismo ICA en una superficie de 10000m<sup>2</sup>, el 22/04/2002. Se utilizó una densidad de siembra de 4,5kg·ha<sup>-1</sup>; dosis recomendada por el porcentaje de pureza y germinación. Los riegos se efectuaron cada 90 días. Los cortes de forraje se realizaron con máquina a una altura de 3-5cm, empacándose en promedio seis días post-cosecha. Los pastos ryegrass anual y sudán se establecieron, cosecharon y henificaron en parcelas adyacentes al pasto kikuyo, en un radio no mayor de 500m. Para ser convenientemente integrados a

las dietas experimentales, cada uno de los forrajes henificados fueron procesados en un molino de martillos provisto de malla metálica con orificios de 2,5cm de diámetro.

**Procedimiento experimental**

Cuatro novillos Holstein (167kg) con cânulas tipo "T" en rumen y duodeno proximal (Zinn y Plascencia, 1993) fueron utilizados en un diseño Quadro Latino 4x4. La composición de las dietas experimentales se muestra en la Tabla I. Los tratamientos consistieron en una dieta basal en la que ~68% fue sustituido por cada uno de los siguientes forrajes: 1) heno de ryegrass (RG), 2) heno de

**TABLA I  
DIETAS EXPERIMENTALES PARA MANTENIMIENTO DE NOVILLOS HOLSTEIN**

	Tratamiento			
	RG	PS	KV	KI
Ingredientes de la dieta (% base MS) <sup>a</sup>				
Melaza	4,16	4,26	4,26	4,26
Heno	69,97	66,77	66,77	66,77
Grasa amarilla	1,78	2,74	2,74	2,74
Piedra caliza	0,88	0,9	0,9	0,9
Harina de pescado	1,96	3,01	3,01	3,01
Urea	0,89	0,46	0,46	0,46
Sal	0,44	0,45	0,45	0,45
Trigo rolado	19,63	19,59	19,59	19,59
Harina de soya		1,52	1,52	1,52
Composición del forraje				
MO (%)	87,34	90,72	87,65	83,58
FDN (%)	19,33	41,77	40,05	36,82
N (%)	2,21	1,51	1,76	2,09
EB (cal·g <sup>-1</sup> MS)	3302	3638	3177	3126

<sup>a</sup> Se adicionó óxido crómico (30%) a la ración como marcador de la digesta. RG: ryegrass, PS: pasto sudán, KV: kikuyo de verano, KI: kikuyo de invierno, MO= Materia orgánica, FDN= Fibra detergente neutro, N= Nitrógeno total, EB= Energía bruta.

pasto Sudán (PS), 3) heno de pasto Kikuyo de verano (KV) y 4) heno de pasto Kikuyo de invierno (KI). Se incluyó en la ración 0,3% de óxido crómico como marcador de la digesta. El consumo se ajustó al 2,6% del peso vivo y diariamente se ofreció en cantidades iguales a las 08:00 y 20:00h. Los cuatro periodos experimentales consistieron en 10 días de adaptación seguidos por cuatro días de colección de muestras. Durante el periodo de colección se tomaron muestras individuales de fluido duodenal y heces dos veces por día, con el siguiente horario: día 1 a las 07:30 y 13:30; día 2, 09:00 y 15:00; día 3, 10:30 y 16:30; y día 4, 12:00 y 18:00, de tal forma que el intervalo entre muestras fue de 90min por un periodo de 12h. En cada muestreo se colectaron ~700ml de quimo duodenal y ~200g de heces (base seca). El último día de colección de cada periodo, a las cuatro horas postalimentación (tiempo en que el pH es similar al promedio  $\pm 0,2$  unidades de las lecturas tomadas de 0 a 9h postalimentación, según Zinn *et al.*, 1980; Cerrato-Sánchez *et al.*, 2007 y Santra *et al.*, 2007), se tomó una muestra de líquido ruminal, que fue filtrada en cuatro capas de gasa quirúrgica, midiéndose inmediatamente el pH. Para la estimación de ácidos grasos volátiles (AGV) se tomaron alícuotas de 80ml de líquido ruminal se mezcló en proporción 4:1 con una solución 25% p/v de ácido meta-fosfórico y se almacenaron a -20°C hasta su análisis. Para la determinación de AGV inicialmente las muestras fueron descongeladas y centrifugadas a 9000g durante 10min, para posteriormente, de acuerdo al procedimiento de Hess *et al.* (2003), hacer la determinación de AGV mediante un cromatógrafo de gases (XL; Perkin Elmer Instruments; Shelton, CT, EEUU) equipado con un detector de ionización por flama y columna capilar (Elite-FFAP; Perkin Elmer) de 30m de largo, diámetro interior de 0,32mm y grosor de cobertura de 0,25 $\mu$ m).

Similar al procedimiento descrito por Huhtanen y Khalili (1991) y Álvarez y Zinn (2007)

para cuantificar el contenido total de líquidos, sólidos y FDN en el rumen, al finalizar el último muestreo de cada periodo se realizó el vaciado ruminal con una aspiradora convencional seco-líquido de 50 litros, 4h después de ofrecer el alimento por la mañana. El contenido total se mezcló y se tomó una alícuota para estimar la proporción de fibra indigestible e inmediatamente fue regresado a la cavidad ruminal. En promedio, el procedimiento completo se realizó en 18  $\pm$  5min por cada animal. Basándose en el modelo de Mertens y Ely (1979) la tasa de pasaje (kp) de la FDN se calculó como

$$K_p = ((FDNI \times (1 - DRFDN)) / (S \times (RFDN/100))) / 24$$

donde FDNI: consumo diario total de FDN, DRFDN: digestibilidad ruminal de FDN (%), S: sólidos en rumen (g), RFDN: FDN en rumen, como % del total de los sólidos ruminales.

La tasa ruminal de digestión de FDN se determinó a partir de la relación DRFDN =  $K_d / (K_d + K_p)$ . El modelo de Zinn y Salinas, (1999) fue usado para estimar el consumo diario de MS máximo esperado (CMSMX), como una función predecible del peso inicial mermado (PI; kg) o el peso promedio durante el intervalo de interés (Peso; kg), FDN en la dieta (%), eFDN de forraje (FDN efectiva; expresado como porcentaje de FDN en el forraje), y el porcentaje de DRFDN. De esa forma; el CMSMX en kg/d es

$$CMSMX = (0,001(0,098PI) + 26,24) \times (\text{Peso}^{0,75}) / ((0,01FDN(1 - 0,01DRFDN)) / ((0,77 - 0,00386eFDN) \times (0,042FDN - 0,037 - 0,00031FDN^2)))$$

Las muestras fueron sujetas a todos o parte de los siguientes análisis: materia seca (105°C), cenizas, N Kjendahl, N amoniacal (AOAC, 2000), fibra detergente neutro (Chai y Uden, 1998), óxido crómico (Hill y Anderson, 1958), purinas (Zinn y Owens, 1986).

Mediante la estimación de purinas como marcador

TABLA II  
CONSUMO Y FLUJO DE NUTRIENTES AL DUODENO EN DIETAS DE GRAMÍNEAS OFRECIDAS A NOVILLOS HOLSTEIN

Variable	Tratamiento				
	RG	PS	KV	KI	EE
Consumo (g/día)					
MS	4045	4088	4105	4055	3
MO	3604	3712	3615	3485	57
FDN	770	1494	1450	1318	227
N	88	68	76	85	7
Flujo a duodeno (g·l <sup>-1</sup> )					
MO	44,0	55,1	47,8	39,2	11,8
FDN <sup>b</sup>	9,9	22,5	17,5	13,8	3,9
N <sup>c</sup>	2,3	1,8	1,6	1,5	0,4
NNA <sup>c</sup>	2,2	1,8	1,6	1,4	0,4
NM <sup>c</sup>	1,5	1,1	0,9	0,7	0,3
NSP	0,74	0,66	0,78	0,66	0,2

RG: ryegrass, PS: pasto sudán, KV: kikuyo de verano, KI: kikuyo de invierno, EE: error estándar de la media, MS: materia seca, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, N: nitrógeno en alimento, NNA: nitrógeno no amoniacal, NM: nitrógeno de origen microbiano, NSP: nitrógeno de sobre paso.

<sup>b</sup> Efecto PS vs KV (P<0,05). <sup>c</sup> Efecto RG vs KI (P<0,05).

microbial se calculó la materia orgánica microbiana (MOM) y el N microbiano (NM) que llega al duodeno. La materia orgánica (MO) fermentada en rumen fue considerada igual a la MO consumida menos la diferencia entre la cantidad total de MO y MOM que llegan al duodeno. El N del alimento que escapa al intestino delgado fue considerado igual al N total que deja el abomaso menos el N amoniacal y NM, de tal manera que esto incluye cualquier contribución endógena. La base logarítmica de los valores de pH no enmascaró su distribución normal, de tal manera que el modelo utilizado explicó el 95% de su variación.

El experimento se analizó como un diseño cuadro latino 4x4 con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + H_k + \epsilon_{ijk}$$

donde  $Y_{ijk}$ : variable de respuesta,  $\mu$ : media poblacional,  $T_i$ : efecto del  $i$ -ésimo tratamiento,  $C_j$ : efecto de la  $j$ -ésima repetición,  $H_k$ : efecto del  $k$ -ésimo periodo y  $\epsilon_{ijk}$ : error experimental.

Los efectos de los tratamientos fueron probados mediante

tres contrastes ortogonales, a saber, contraste 1: kikuyo de invierno vs ryegrass; contraste 2: kikuyo de verano vs sudán; contraste 3: kikuyo de verano vs kikuyo de invierno.

## Resultados y Discusión

En la Tabla II se presenta el consumo diario de nutrientes durante el experimento y el efecto de sustituir diferentes gramíneas en la dieta basal de novillos Holstein sobre el flujo diario de componentes del quimo abomasal hacia el duodeno. Aun cuando se utilizó consumo restringido durante todo el experimento, las diferencias en composición de los forrajes y las distintas tasas de degradación ruminal de los componentes nitrogenados favorecieron que los flujos de N, NNA y NM hacia el duodeno fueran mayores (P<0,05) en ryegrass comparado con el resto de los tratamientos. En el caso del flujo de FDN hacia el duodeno, este fue menor (P<0,05) para el ryegrass, comparado con los otros tratamientos. Como se aprecia, los flujos hacia el duodeno son generalmente relacionados con los niveles de consumo. Van Vuuren *et al.* (1992) señalaron que éste es un importante factor en el total del flujo hacia el duodeno, ya que en promedio un 65% de la MO

TABLA III  
EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE LA DIGESTIÓN RUMINAL Y POSTRUMINAL EN DIETAS DE GRAMÍNEAS OFRECIDAS A NOVILLOS HOLSTEIN

Variable	Tratamiento				
	RG	PS	KV	KI	EE <sup>a</sup>
Digestión ruminal, % de ingestión					
MO	73,9	65,2	61,8	59,6	4,8
FDN	57,8	49,4	53,7	52	12,5
N	73,5	71,1	67,2	65,7	8,0
EfM	18,3	13	14	16,5	2,6
EfN	0,82	0,77	0,74	0,74	0,1
Digestión postruminal, % de flujo al duodeno					
MO <sup>a b</sup>	64	42	49,4	51,6	3,8
FDN	41,2	19,5	27,5	34,4	7,2
N <sup>a</sup>	75,1	67,5	69,1	63,9	4,2

RG: ryegrass, PS: pasto sudán, KV: kikuyo de verano, KI: kikuyo de invierno, EE: error estándar de la media, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, N: nitrógeno, EfM: eficiencia microbiana (g N microbiano/kg MO fermentada), EfN: eficiencia del nitrógeno (g N no amoniacal en duodeno/g N consumido).

<sup>a</sup> Efecto PS vs KV (P<0,05). <sup>b</sup> Efecto RG vs KI (P<0,05).

ingerida y hasta un 80% del FDN consumida es digerido en el rumen.

La influencia de los tratamientos en las características de digestión ruminal y postruminal se presentan en la Tabla III. Todos los valores de digestión ruminal y postruminal fueron calculados sobre la base de cambio de concentración en el marcador óxido de cromo suministrado en la dieta. No existió efecto de la estación de corte del pasto kikuyo (P>0,01) sobre la digestión ruminal de la FDN, degradabilidad del N del alimento (N degradable en rumen), eficiencia microbiana ruminal (g de NM/kg de MO fermentada) y eficiencia ruminal del N (N no amoniacal que entra al intestino delgado/N consumido). Es

posible que en el presente estudio, debido a que fue el primer ciclo vegetativo del pasto kikuyo, el intervalo entre los meses de agosto y noviembre no fue lo suficientemente espaciado para resaltar mayores diferencias en parámetros digestivos. Sin embargo, Carpenter *et al.* (1999) y Fulkerson *et al.* (1998) no encontraron diferencias en la composición química del pasto kikuyo según la época de corte y método de almacenamiento, pero sí en algunos parámetros de la función digestiva al comparar en ambos experimentos con un forraje de mayor calidad como ryegrass anual o perenne.

Como era de esperarse, el tratamiento a base de ryegrass registró una mayor (P<0,05) digestión ruminal

y postruminal de la MO y del N comparado con el resto de los tratamientos. Beaver *et al.* (1985), Donaldson *et al.* (1989) y Cervantes *et al.* (2000) han coincidido en el mayor valor nutritivo del pasto ryegrass, debido a su mayor cantidad de nitrógeno y carbohidratos altamente solubles. Por el contrario, en el caso del kikuyo y el pasto sudán, que son dos pasturas de verano, solo la digestión postruminal de la MO es equivalente a las que se observa en el ryegrass. El valor de digestión postruminal ha sido con frecuencia proporcional a la cantidad de quimo o fracción de éste que abandona el abomaso, efecto compensatorio debido a que la cinética de la reacción sustrato-producto tanto en rumen como en tracto bajo es considerada como de primer orden.

La influencia de los diferentes tratamientos sobre la digestión postruminal y total de la MO, FDN y del N se observa en la Tabla IV. La digestión total de la MS, MO y N en ryegrass fue 14, 13 y 6,8% mayor (P<0,05) al promedio del resto de los tratamientos. La época de corte del pasto kikuyo no influyó (P>0,10) la digestión postruminal y total de la FDN ni la digestión total de la MS, MO y FDN. No existieron diferencias (P>0,10) entre el pasto sudán y el pasto kikuyo sobre la digestión total de la MS y la MO. Donaldson *et*

*al.* (1991) reportaron un valor similar de digestión de FDN (73,2%) en el pasto ryegrass.

El efecto de los tratamientos sobre la producción de AGV y la cinética de la digestión, a partir de la indigestibilidad de la FDN en el rumen, se presenta en la Tabla V. Las dietas con heno de kikuyo muestran una mayor (P<0,05) producción de acetato y relación acetato/propionato a las observadas en ryegrass y sudán. En este experimento la dieta a base de ryegrass registró un menor pH que el resto de los tratamientos, de tal forma que concuerda con la relación presentada por varios autores (Russell, 1987; Russell y Wilson, 1996; Takeiro *et al.*, 1997) quienes sugieren que el aumento en la producción de acetato, así como la mayor relación acetato/propionato es característico de dietas altas en forraje o con un pH cercano al neutro. En el presente estudio tanto K<sub>p</sub> como K<sub>d</sub>, calculados como  $K_p = ((FDNI \times (1 - DRFDN)) / (S \times (RFDN/100))) / 24$  y  $K_d$  a partir de la relación  $DRFDN = K_d / (K_d + K_p)$ , donde: FDNI: consumo diario total de FDN, DRFDN: digestibilidad ruminal de FDN (%), S: sólidos en rumen (g), y RFDN: FDN en rumen como porcentaje del total de los sólidos ruminales, fueron mayores (P<0,01) en la dieta a base de ryegrass que el promedio de los demás tratamientos. Esto coincide con los altos valores de pasaje y digestión observados en el pasto ryegrass anual o perenne en diversos estudios previos (Donaldson *et al.*, 1989; Espinoza *et al.*, 1999; Cervantes *et al.*, 2000).

## Conclusiones

Bajo las condiciones del presente estudio el valor nutritivo del pasto kikuyo no fue influenciado por la estación de corte, cuando el forraje fue cosechado en similar estado de crecimiento. El pasto kikuyo tiene un valor alimenticio similar al del pasto sudán, pero menor al de ryegrass anual.

TABLA IV  
EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE LA DIGESTIÓN POSTRUMINAL Y TOTAL EN DIETAS DE GRAMÍNEAS OFRECIDAS A NOVILLOS HOLSTEIN

Variable	Tratamientos				
	RG	SG	KV	KI	EE
Digestión total (%)					
MS <sup>b</sup>	83,9	73,8	74,7	72,3	3,3
MO <sup>b</sup>	85,7	74,9	76,6	75,7	3,6
FDN	75,2	58,5	66,4	68,8	10,9
N <sup>a</sup>	79	74	76	72	3
Digestión postruminal (% de ingestión)					
MO <sup>b</sup>	25,4	18,2	23,3	25,7	2,3
FDN	17,3	9,2	12,7	16,8	4,3
N <sup>a</sup>	63,3	54,4	54,4	49,3	7,2

RG: ryegrass, PS: pasto sudán, KV: kikuyo de verano, KI: kikuyo de invierno, EE: error estándar de la media, MS: materia seca, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, N: nitrógeno.

<sup>a</sup> Efecto PS vs KV (P<0,05). <sup>b</sup> Efecto RG vs KI (P<0,05).

TABLA V  
EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES (AGV), K<sub>p</sub> Y K<sub>d</sub> EN NOVILLOS HOLSTEIN

Variable	Tratamiento				
	RG	SG	KV	KI	EE
pH	5,46	6,2	6,26	6,08	0,18
AGV ruminales (mol/100mol)					
AC <sup>a b</sup>	61,6	67,4	76,2	73,4	4,1
PR	21,2	18,1	14,1	15,5	3,8
BU <sup>b</sup>	17,24	14,46	9,72	11,03	3,35
AC/PR	2,98	4,03	5,78	4,84	1,44
Cinética de digestión de FDN					
K <sub>d</sub> <sup>b</sup>	13,95	5,95	5,45	6,5	3,95
K <sub>p</sub>	9,77	4,74	4,7	5,86	0,02
Contenido en rumen					
Contenido total (kg) <sup>b</sup>	16,8	23,2	22,9	22,3	1,6
MS (%)	12,8	14,1	14,9	13,5	4,0
Sólidos (kg)	2,13	3,35	3,45	2,91	1,05
Líquidos (kg) <sup>b</sup>	14,7	19,8	19,4	19,4	1,1
FDN (%) <sup>a b c</sup>	37,0	55,6	51,8	47,9	2,1

RG: ryegrass, PS: pasto sudán, KV: kikuyo de verano, KI: kikuyo de invierno, EE: error estándar de la media, AC: acetato, PR: propionato, BU: butirato, AC/PR: relación acetato/propionato, K<sub>d</sub>: tasa de digestión, K<sub>p</sub>: tasa de pasaje, MS: materia seca, FDN: fibra detergente neutro.

<sup>a</sup>Efecto PS vs KV (P<0,05). <sup>b</sup>Efecto RG vs KI (P<0,05). <sup>c</sup>Efecto KV vs KI (P<0,05).

## REFERENCIAS

- Álvarez EG, Zinn RA (2007) Influence of site of casein infusion on voluntary feed intake and digestive function in steer calves fed a sudangrass-based growing diet. *J. Anim. Vet. Adv.* 6: 249-256.
- AOAC (2000) *Official Methods of Analysis*. 17<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, EEUU. 2200 pp
- Beever DE, Thomson DJ, Ulyatt MJ, Cammell SB, Spooner MC (1985) The digestion of fresh perennial ryegrass (*Lolium perenne* L. cv. Melle) and white clover (*Trifolium repens* L. cv. Blanca) by growing cattle fed indoors. *Br. J. Nutr.* 54: 763-775.
- Bogdan AV (1997) *Pastos Tropicales y Plantas de Forraje (Pastos y Leguminosas)*. AGT. México. 480 pp.
- Carpenter JR, Mathews BW, LeMaster BR, Buckley BA, Niino-DuPonte RY (1999) Effect of stocking rate on cow-calf productivity while grazing improved kikuyu pasture during fall versus spring calving seasons. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1): 209-210.
- Cerrato-Sánchez M, Calsamiglia S, Ferret A (2007) Effects of Patterns of Suboptimal pH on Rumen Fermentation in a Dual-Flow Continuous Culture System. *J. Dairy Sci.* 90: 4368-4377.
- Cervantes RM, Álvarez CE, Torrentera ON, Mendoza MG, Espinoza SS, Velderrain FA, González S (2000) Época de corte y composición nutricional, sitio y grado de digestión de Ballico anual (*Lolium multiflorum*) en novillos. *Agrociencia* 34: 413-422.
- Chai W, Uden P (1998) An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fiber. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74: 281-288.
- Donaldson RS, McCann MA, Amos HE, Hoveland CS (1989) Effects of implant and protein supplementation on steers grazing winter annuals. *J. Anim. Sci.* 67(Suppl. 2): 34.
- Donaldson RS, McCann MA, Amos HE, Hoveland CS (1991) Protein and fiber digestion by steers grazing winter annuals and supplemented with ruminal escape protein. *J. Anim. Sci.* 69: 3067-3071.
- Espinoza S, Álvarez E, Plascencia A (1999) Nutrient digestion of Italian ryegrass and berseem clover (fresh or hay) to Holsteins. *Cuban J. Agric. Sci.* 33: 25.
- Fulkerson WJ, Slack K, Hennessy DW, Hough GM (1998) Nutrients in ryegrass (*Lolium* spp.), white clover (*Trifolium repens*) and kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures in relation to seasonal and stage of regrowth in a subtropical environment. *Aust. J. Exp. Agric.* 38: 227-240.
- Hernández MO, Pérez PJ, Martínez HP, Herrera HJ, Mendoza MG, Hernández GA (2000) Pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) por borregos en crecimiento a diferentes asignaciones de forraje. *Agrociencia* 34: 127-134.
- Hess HD, Monsalve LM, Lascano CE, Carulla JE, Díaz TE, Kreuzer M (2003) Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Aust. J. Agric. Res.* 54: 703-717.
- Hill FN, Anderson DL (1958) Comparison of metabolizable energy and productive energy determination with growing chicks. *J. Nutr.* 64: 587-603.
- Huhtanen P, Khalili H (1991) Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 33: 275-287.
- INEGI (1993) *Anuario Estadístico del Estado de Baja California*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Baja California. Aguascalientes, México. pp 3-7.
- Mertens DR, Ely LO (1979) A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *J. Anim. Sci.* 49: 1085-1095.
- Reeves M (1996) Forage quality of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): the effect of time of defoliation and nitrogen fertilizer application and in comparison with perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Austr. J. Agric. Res.* 47: 1349-1359.
- Reeves M, Fulkerson WJ, Kellaway RC, Dove H (1996) A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. *Austr. J. Exp. Agric.* 36: 23-30.
- Russell JB (1987) Effect of extracellular pH on growth and proton motive force of Bacteroides suc-
- cingenes, a Cellulolytic ruminal bacterium. *Appl. Env. Microbiol.* 53: 2379-2383.
- Russell JB, Wilson DB (1996) Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *J. Dairy Sci.* 79: 1503-1509.
- Santra A, Karim SA, and Chaturvedi OH (2007) Rumen enzyme profile and fermentation characteristics in sheep as affected by treatment with sodium lauryl sulfate as defaunating agent and presence of ciliate protozoa. *Small Rumin. Res.* 67: 126-137
- Takeiro M, Hidetake E, Juzoh U, Hino T (1997) Activity of H<sup>+</sup>ATPase ruminal bacteria with special reference to acid tolerance. *Microbiology* 63: 2155-2158.
- Van Vuuren AM, Krol-kramer F, Van Der Lee RA, Corbijn H (1992) Protein digestion and intestinal amino acids in dairy cows fed fresh *Lolium perenne* with different nitrogen contents. *J. Dairy Sci.* 75: 2215-2225.
- Wilen CA, Holt JS (1996) Physiological mechanisms for the rapid growth of *Pennisetum clandestinum* in Mediterranean climates. *Weed Res.* 36: 213-225.
- Zinn RA (1988) Comparative feeding value of supplemented fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66: 213-227.
- Zinn RA, Owens FN (1986) A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66: 157-166.
- Zinn RA, Plascencia A (1993) Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. *J. Anim. Sci.* 71: 11-17.
- Zinn RA, Salinas J (1999) Influence of fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate for growing steers. En Lyons TP, Jacques KA (Eds.) *Biotechnology in the Feed Industry*. Nottingham University Press. Nottingham, RU. pp. 313-319.
- Zinn RA, Bull LS, Hernken RW, Button FS, Enlow C, Tucker RW (1980) Apparatus for Measuring and Subsampling Digesta in Ruminants Equipped with Reentrant Intestinal Cannulas. *J. Anim. Sci.* 51: 193-201.
- Zinn RA, Álvarez EG, Montano M, Salinas-Chavira J (2007) Influence of dry rolling and tempering agent addition during the steam-flaking of sorghum grain on the feeding value for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* (jas.2007-0491v1).