

# DISPONIBILIDAD Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO KIKUYO EN PASTOREO ROTACIONAL

William Sánchez Ledezma<sup>1</sup>, José Antonio Guada Vallepuga<sup>2</sup>, Antonio de Vega Gancía<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Disponibilidad y calidad nutritiva del pasto kikuyo en pastoreo rotacional.** El objetivo fue determinar la disponibilidad de materia seca (MS) y la calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) manejado en pastoreo rotacional a intervalos de 30 días, durante la época seca y lluviosa y bajo diferentes condiciones agroecológicas de la región Central de Costa Rica. El estudio se realizó en tres fincas comerciales ubicadas a 1800, 2350 y 2700 m s.n.m.. El muestreo del pasto se realizó mediante el método de rango de peso seco y los datos se analizaron utilizando un modelo factorial 3x2 (3 altitudes x 2 épocas), en el que la altitud y la época son los factores fijos y el de muestreo jerarquizado a época como factor aleatorio. La disponibilidad de MS fue similar entre altitudes, pero diferente ( $p = 0,0005$ ) entre la época lluviosa ( $3,0 \pm 0,08$  t MS/ha) y seco ( $2,35 \pm 0,14$  t/ha). La calidad nutritiva varió poco a lo largo del año y entre altitudes, con excepción del contenido de MS que fue mayor ( $p < 0,0001$ ) en la época seca ( $18,8 \pm 0,55\%$ ) que en la húmeda ( $14,6 \pm 0,39\%$ ). La Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) tendió a ser algo mayor ( $P = 0,0947$ ) en la época seca que en la lluviosa (73 y 69%). Se concluye que la disponibilidad de MS varía entre los periodos de lluvias y de sequía, pero que esa diferencia es independiente de la altitud de la zona, excepto a los 2700 m s.n.m., donde la disponibilidad de MS se reduce significativamente en comparación con los sitios de menor altitud. Por otra parte, la composición química y el valor nutritivo del pasto es poco variable a lo largo del año y entre altitudes, con escasas variaciones en digestibilidad, lo que hace improbable una limitación en el aporte de proteína en función de su contenido energético.

**Palabras clave:** kikuyo, kikuyuochloa, pastos, materia seca y calidad nutritiva.

**Keywords:** kikuyu, kikuyuochloa, grasses, dry matter and nutritional quality.

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. wsanchez@inta.go.cr. Sede Central del MAG, Sabana Sur.

2 Universidad de Zaragoza, España. jguada@unizar.es y avega@unizar.es. Facultad de Veterinaria, ciudad de Zaragoza.

## INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, el pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) predomina en las fincas de lechería especializadas ubicadas en la zona alta, en las faldas de la Cordillera Volcánica Central. Su fácil propagación, hábito de crecimiento y persistencia, hacen que hoy en día existan praderas con más de 35 años de establecimiento. Su principal uso es el pastoreo rotacional, con  $\frac{1}{2}$  a 1 día de ocupación e intervalos de 28 a 45 días de descanso, aunque lo común es pastoreo rotacional de  $\frac{1}{2}$  día tras 30 días de descanso.

El kikuyo es un pasto tropical con metabolismo fotosintético  $C_4$ , muy fácil de implantar mediante semilla vegetativa, aunque en otras latitudes existen otros cultivar que se siembra mediante semilla sexual (Álvarez *et al.* 2008). La planta de kikuyo es perenne, vigorosa y de porte medio, con raíces profundas y extensas. Crece en rizomas y estolones con elongación horizontal, produciendo gran cantidad de estolones y tallos semirectos, que con el tiempo se vuelven rectos (Bernal 1991). Es susceptible a las heladas (Bernal 1991) lo que, aunado al estrés hídrico, reduce su disponibilidad hasta en 50% en las zonas de mayor altitud durante los meses de diciembre a marzo (Sánchez y Mesén 2010).

Desde que se introdujo en Costa Rica en 1920 con fines experimentales (Sáenz 1970), se han realizado varios estudios sobre el pasto kikuyo. Los más frecuentes se han orientado hacia su disponibilidad y calidad nutritiva en respuesta a la fertilización química y orgánica. Los trabajos han

sido muy específicos, valorando un determinado sitio y época del año, pero sin aportar información suficiente sobre la continuidad del comportamiento durante el resto del año, incluyendo las diferentes altitudes, temporadas y precipitaciones. Estos trabajos revelan que la disponibilidad de materia seca (MS) oscila entre 22,5 y 29,6 t /ha/año, con contenido en proteína cruda (PC) entre el 17,4 y 23% y valores medios de Energía Neta de Lactación (EN) y Digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) de 1,53 Mcal/Kg MS y 65,4%, respectivamente (Sánchez 2007; Mesén y Sánchez 2006; Andrade 2006).

A pesar de las variadas investigaciones y validaciones realizadas con el pasto kikuyo en Costa Rica, actualmente es escasa la información acerca del efecto de la época del año y la altitud sobre la disponibilidad y calidad del pasto en las zonas altas lechera de nuestro país, así como sobre la evolución de su crecimiento, la disponibilidad y calidad durante cada rotación y temporada del año. Esta información es indispensable, tanto para optimizar el manejo del pasto, como para planificar la alimentación del ganado de acuerdo con la disponibilidad y calidad del mismo y los requerimientos de los animales.

El objetivo de esta investigación fue determinar la disponibilidad de MS y la calidad nutritiva del pasto kikuyo manejado en pastoreo rotacional a intervalos de 30 días en diferentes condiciones agroecológicas y durante la época seca y lluviosa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres fincas comerciales de lechería especializada representativas de la Región Central de Costa Rica, ubicada en la Cordillera Volcánica Central del país, específicamente en los poblados de Cot, Santa Rosa y San Juan de Chicué de los cantones de Oreamuno y Central, provincia de Cartago.

Las fincas seleccionadas se ubican en sitios agroecológicamente diferentes, entre 1800 y 2700 m s.n.m., en las coordenadas 9°94'12" y 9°89'96" latitud norte y 83°85'15" y 83°87'80" longitud oeste. En la Cuadro 1 se detallan las características agroecológicas más sobresalientes de cada localidad.

Cuadro 1. Características agroecológicas de las tres localidades donde se ubican las fincas en estudio, Región Central Oriental de Costa Rica.

Característica	Poblado		
	Cot	Pacayas	San Juan Chicué
Altitud (m s.n.m.) <sup>1</sup>	1800	2250	2700
Zona de vida <sup>1</sup>	bh-MB	bmh-MB	bmh-M
Precipitación (mm/año) <sup>2</sup>	2700	2500	2000
Temperatura (°C) <sup>2</sup>	12-25	10-23	9-20
Tipo de suelo <sup>3</sup>	Andisol	Andisol	Andisol

Fuente: <sup>1</sup>Bolaños, R.; Watson, V. 1993; <sup>2</sup>IMN 2012; <sup>3</sup>CIA-UCR. 2016.

Las tres fincas se ubican en pisos altitudinales de montano a montano bajo, con zonas de vida de bosque húmedo a muy húmedo (Bolaños y Watson 1993). Los suelos son profundos de origen volcánico del orden de los Andisoles (Bertsch 1987a).

En las tres fincas predomina el kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) como especie principal manejado en pastoreo rotacional, con aprovechamientos de medio día a intervalos de 30 días de descanso. Los apartos seleccionados para el estudio se establecieron hace aproximadamente 20 años y reciben una fertilización a base de 250, 50 y 50 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. La dosis anual de N se administró durante la estación lluviosa, distribuida en fracciones iguales después de cada rotación, mientras que la dosis de fósforo y de potasio se distribuyó en dos partes iguales de cada nutriente, la primera al inicio de la época lluviosa (mayo) y la segunda cuatro meses después (octubre).

La disponibilidad de biomasa anual se determinó en dos apartos representativos de cada finca, realizando mediciones mensuales el día antes de cada pastoreo durante la época seca y de lluviosa del año 2012. En cada medición, se registró la altura del pasto y la disponibilidad de biomasa. La altura se midió en centímetros desde el suelo hasta el punto más alto de la planta sin

estimarla (Toledo y Schultze-Kraft 1982), mientras que la biomasa se determinó por el método Botanal (Haydock y Shaw 1975).

Las determinaciones reales de biomasa se llevaron a cabo mediante la corta de un área de 0,25 m<sup>2</sup> a 5 cm de altura en cinco puntos de referencia del pasto, seleccionados visualmente para diferentes niveles de disponibilidad en una escala de 1 a 5, obteniéndose una regresión lineal entre la disponibilidad de MS real (Y) y el valor asignado visualmente (X). La apreciación visual del pasto se llevó a cabo mediante la puntuación de 1 a 5 de 40 observaciones del mismo seleccionadas al azar, siguiendo un recorrido en “zigzag” por el aparto. Finalmente, la disponibilidad de materia seca ponderada para toda el aparto se calculó mediante la siguiente ecuación (Haydock y Shaw 1975):

$$D_{MS} = Y\mu + B(X^1\mu - X\mu), \text{ donde;}$$

$$D_{MS} = \text{Disponibilidad de MS.}$$

$Y\mu$  = promedio de biomasa de las muestras reales.

$B$  = Coeficiente de la regresión lineal.

$X\mu$  = Promedio de las notas asignadas a las muestras reales (3).

$X^1\mu$  = Promedio de las notas asignadas a las muestras visuales.

## Análisis de laboratorio

El contenido de MS se obtuvo por pérdida de peso tras la desecación de  $1,0 \pm 0,1$  kg de pasto verde en estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  por 48 horas. La proteína cruda (PC) se determinó como nitrógeno  $\times 6,25$  mediante el método macro Kjeldahl (AOAC 1980) empleando como catalizador  $\text{CuSO}_4$ , un digestor y un equipo de destilación automático para las sucesivas operaciones de digestión, destilación y valoración. El extracto etéreo (EE) se determinó por extracción con éter de petróleo mediante el método Soxhlet (AOAC 1990). La fibra neutro detergente (FND), la fibra ácido detergente (FAD) y la lignina se determinaron en secuencia mediante el procedimiento propuesto por Van Soest (1991). También se determinó el contenido de N de los residuos de FND y FAD de las muestras mensuales mediante el método Kjeldahl (AOAC 1980) descrito anteriormente. La Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) se determinó según la técnica de Van Soest & Robertson (1979).

La EM y la  $\text{EN}_l$  de las muestras mensuales de pasto se estimaron mediante las fórmulas propuestas para vacuno de leche por el NRC (2001), calculando primero la energía digestible y posteriormente la EM y finalmente  $\text{EN}_l$  con las siguientes fórmulas:

$$\text{ED} = [(\text{tdNFC}/100) \cdot 4,2 + (\text{tdNDF}/100) \cdot 4,2 + (\text{tdCP}/100) \cdot 5,6 + \text{FA}/100 \cdot 9,4] - 0,3$$

$$\text{EM} = 1,01 \cdot \text{ED} - 0,45 + 0,0046 \cdot (\text{EE} - 3)$$

$$\text{EN}_l = 703 \cdot \text{EM} - 0,19$$

**ED** = energía digestible, **EM** = energía metabolizable, **EN<sub>l</sub>** = energía neta de lactación,

Donde:

$$\text{tdNFC} = 0,98 (100 - [(NDF - \text{NDICP}) + \text{CP} + \text{EE} + \text{Ash}]) \cdot \text{PAF}$$

$$\text{tdCP} = \text{CP} \cdot \exp[1,2 \cdot (\text{ADICP}/\text{CP})]$$

$$\text{tdFA} = \text{FA}; \text{ si } \text{EE} < 1 \text{ entonces } \text{FA} = 0$$

$$\text{tdNDF} = 0,75 \cdot (\text{NDF}_n - L) \cdot [1 - (L/\text{NDF}_n)^{0,667}]$$

$$\text{NDF}_n = \text{NDF} - \text{NDICP}$$

**tdNFC** = digestibilidad verdadera de los carbohidratos no fibrosos, **tdCP** = digestibilidad verdadera de la proteína bruta, **tdFA** = digestibilidad verdadera de los ácidos grasos, **tdNDF** = digestibilidad verdadera de la fibra neutro detergente (NDF), **NDF<sub>n</sub>** = fibra neutro detergente corregida para el contenido en N, **FA** = ácidos grasos (i.e., EE-1), **EE** = extracto etéreo, **NDICP** = proteína bruta insoluble en detergente neutro (N-FND  $\times 6,25$ ), **CP** = proteína bruta, **Ash** = cenizas. **PAF** = factor de ajuste del procesado que se igualó a 1, **ADICP** = proteína bruta insoluble en detergente ácido (N-FAD  $\times 6,25$ , **L** = lignina. Todos los valores expresados como porcentaje de la MS

## Análisis estadístico

La disponibilidad de MS y la composición química del pasto se estudió a partir de los registros de disponibilidad mensual que se sometieron a un análisis de varianza mediante el procedimiento MIXED del SAS (2002), como un modelo factorial  $3 \times 2$  (3 altitudes  $\times$  2 épocas), según el siguiente modelo en el que los efectos de A y E se consideraron como factores fijos y el de M jerarquizado a E como factor aleatorio.

$$y_{ijk} = \mu + A_i + E_j + (\text{AE})_{ij} + M_k(E_j) + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$y_{ijk}$  = variable dependiente.

$\mu$  = media.

$A_i$  = Altitud de las fincas ( $i = 1800, 2350$  y  $2700$  m).

$E_j$  = Época de cosecha ( $j = \text{seca}$  y  $\text{lluviosa}$ ).

$M_k(E_j)$  = Registro mensual ( $k = 1$  a  $12$ ) jerarquizado a época y utilizado como término del error para el contraste del efecto de E.

$\varepsilon_{ijk}$  = Varianza residual o término del error para el contraste de los efectos de A y de AE.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura del pasto

La altura del pasto medida en centímetros varió entre épocas ( $p = 0,0078$ ) y altitudes ( $p = 0,0004$ ) de forma independiente. Durante el año, el promedio mensual de crecimiento del kikuyo fue de 34,8 cm; sin embargo, su crecimiento se redujo en 14,7% durante la época seca ( $29,7 \pm 1,88$  cm) y aumentó en 7% durante la época lluviosa ( $37,3 \pm 1,33$  cm) con respecto al promedio, esto debido al estrés hídrico que se presenta durante la época

seca y adecuada humedad en el suelo y disponibilidad de nutrientes durante el periodo lluvioso.

Durante el año de evaluación, la altura del pasto fue mayor ( $p= 0,034$ ) a los 2350 que a 1800 m s.n.m. ( $37,6$  vs  $33,7 \pm 1,51$  cm) y menor en el sitio de mayor altitud ( $29,2 \pm 1,51$  cm) (Cuadro 3). Aunque como se observa en la Figura 1 A; esta diferencia es de mayor magnitud en la época seca que en la lluviosa.

Cuadro 3. Altura y disponibilidad de MS por época del pasto kikuyo a intervalos de 30 días, en tres diferentes altitudes de la zona lechera de Cartago, Costa Rica (2015).

Variable	Época lluviosa (n= 8)			EE		Época seca (n= 4)			EE
	Altitud (m s.n.m.)					Altitud (m s.n.m.)			
	1800	2350	2700			1800	2350	2700	
Altura del pasto (cm)	37,7	39,6	34,6	1,75		29,7	35,5	23,9	2,47
Disponibilidad de MS (t/ha/30 d)	2,89	3,01	3,09	0,09		2,54 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>	2,02 <sup>b</sup>	0,13

EE= Error estándar de las medias de altitud en época seca y lluviosa; cm= centímetros; MS= toneladas de materia seca por hectárea cada 30 días; valores con letras iguales en una misma línea y época, no tienen diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ).

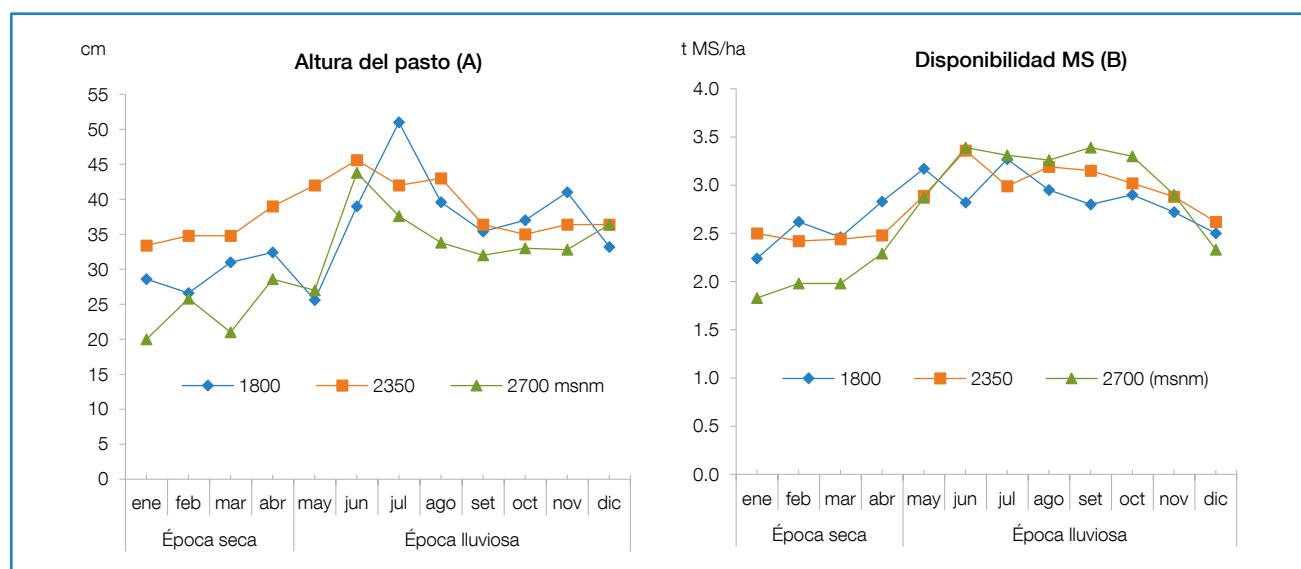


Figura 1. Altura (A) y disponibilidad de materia seca (B) del pasto kikuyo en pastoreo rotacional de 30 días, en tres diferentes altitudes de la zona lechera de Cartago, Costa Rica (2015).

## Disponibilidad de materia seca

Cuando el crecimiento del pasto se midió en términos de disponibilidad de MS, se determinó que la interacción época x altitud fue significativa ( $p = 0,0005$ ) a pesar de que en la época lluviosa no hubo diferencia entre altitudes ( $3,0 \pm 0,08$  t/ha); mientras que en la época seca, la disponibilidad fue menor ( $p < 0,005$ ) a los 2700 m s.n.m. ( $2,02$  t/ha) que a los 1800 y 2250 m s.n.m. ( $2,54$  y  $2,46$  t/ha), como se detalla en el Cuadro 3 y la Figura 1 B).

La disponibilidad de MS fue afectada por la época y la altitud. En el caso de la época, debido a la influencia de la humedad en el suelo; mientras que las diferencias por altitud, obedecen a la disminución de la disponibilidad de MS en el sitio de mayor altitud (2700 m s.n.m.) durante el periodo seco, a causa del efecto de la escarcha durante los primeros meses del año en las partes más altas de Costa Rica (Sánchez y Mesén 2010).

La disponibilidad anual de MS fue de  $32,5$  t/ha/año, de las cuales el 28 y el 72% corresponden a la época seca y lluviosa, respectivamente. Estos valores son inferiores a las  $38,7$  t/ha/año registradas por Villalobos *et al.* (2013) en la misma zona de Cartago a edades de rebrote semejantes, pero superiores a las  $25,2$  y  $21,1$  t/ha/año observadas en Australia (Neal *et al.* 2009) y en la costa sur de Italia (Gherbin *et al.* 2007), respectivamente.

En un estudio realizado en Costa Rica por Andrade (2006) en pasto kikuyo a los 45 días de

rebrote, se reporta valores superiores de MS ( $7,2$  t/ha) a los obtenidos en la presente investigación. Aunque en otros trabajos realizados también en nuestro país (Mesén y Sánchez 2006; Villalobos *et al.* 2013) a los 30 días de crecimiento, se citan valores entre  $1,9$  y  $3,5$  t/ha; similar a los encontrado en este estudio.

En Colombia y Venezuela, dos de los países de América del Sur donde más se utiliza el kikuyo en pastoreo, se han observado disponibilidades de MS que varían entre  $1,12$  y  $4,65$  t/ha para 28 y 35 días de rotación, respectivamente (Mojica *et al.* 2009; Machado y Dávila 1998; Soto *et al.* 2005; Correa *et al.* 2008).

Es importante mencionar, que estas diferencias en disponibilidad de MS, tanto por ciclo de pastoreo como por año, probablemente se deban a las distintas edades de cosecha, condiciones de clima y de manejo existentes entre un estudio y otro.

## Composición química y valor nutritivo

Los resultados de la composición química y el valor nutritivo del kikuyo, muestreado cada 30 días se presentan en el cuadro 4, ordenado por época (seca y lluviosa) y altitud (1800, 2350 y 2700 m s.n.m.).

Cuadro 4. Composición química y valor nutritivo por época del pasto kikuyo a intervalos de 30 días, en tres diferentes altitudes de la zona lechera de Cartago, Costa Rica (2015).

Variable calidad	Época lluviosa (n= 8)			EE	Época seca (n= 4)			EE
	Altitud (m s.n.m.)				Altitud (m s.n.m.)			
	1800	2350	2700		1800	2350	2700	
Materia seca (%)	14,8	13,9	14,9	0,59	18,0	17,6	20,8	0,83
Proteína cruda (%)	18,8 <sup>b</sup>	19,6 <sup>b</sup>	21,4 <sup>a</sup>	0,45	18,5 <sup>bc</sup>	18,6 <sup>bc</sup>	17,2 <sup>c</sup>	0,64
Fibra neutro detergente (%)	66,9	67,8	65,1	1,59	65,4	65,5	62,9	2,24
Fibra ácido detergente (%)	31,8	30,8	29,4	0,70	29,7	31,1	29,6	1,00
Lignina (%)	3,20	3,04	2,83	0,21	2,73	3,18	3,18	0,30
Digestibilidad de MS (%)	65,7	70,7	70,8	2,52	72,3	76,0	70,7	3,56
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2,32	2,30	2,31	0,04	2,34	2,38	2,29	0,05
Energía neta de lactación (Mcal/kg MS)	1,45	1,43	1,44	0,03	1,46	1,49	1,42	0,04

EE= Error estándar de las medias de altitud en época seca y lluviosa; MS= materia seca.

## Materia seca

El contenido en materia seca del pasto kikuyo fue menor ( $p < 0,0001$ ) en la época de lluvias ( $14,6 \pm 0,39\%$ ) que en la seca ( $18,8 \pm 0,55\%$ ) y mayor ( $p < 0,0156$ ) a los 2700 m s.n.m. ( $17,9\%$ ) que a los 2350 y 1800 m s.n.m. ( $15,8$  y  $16,4 \pm 0,51\%$ ).

En la Figura 2 A se muestra la evolución mensual del contenido de MS y, aunque en ella la diferencia entre altitudes es más marcada en la época seca que en la lluviosa, la interacción época x altitud no resultó ser estadísticamente significativa ( $p = 0,1340$ ). El promedio anual de MS fue 16%, con valor mínimo y máximo de 11,3 y 22%, respectivamente (cuadro 5), valores extremos que se presentaron durante los meses de agosto y marzo, respectivamente (figura 2 A).

Cuadro 5. Promedio anual, valor máximo y mínimo de la disponibilidad de MS y la composición química del pasto kikuyo, en la zona lechera de Cartago, Costa Rica (2015).

Variable calidad	Mínimo	Máximo	Promedio	EE	CV (%)
Disponibilidad de MS (t/ha/año)	24,0	37,2	33,6	0,42	6,48
Materia seca (%)	11,3	22,0	16,0	2,71	9,64
Proteína cruda (%)	15,4	25,4	19,4	2,24	7,21
Fibra neutro detergente (%)	57,5	76,1	65,9	4,43	5,07
Fibra ácido detergente (%)	26,6	34,7	30,5	2,07	6,58
Lignina (%)	2,10	3,80	2,95	0,42	15,89
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS (%)	50,5	83,0	70,4	7,25	10,8
Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)	2,14	2,62	2,32	0,10	3,65
Energía Neta Lactación (Mcal/kg MS)	1,32	1,66	1,44	0,07	4,27

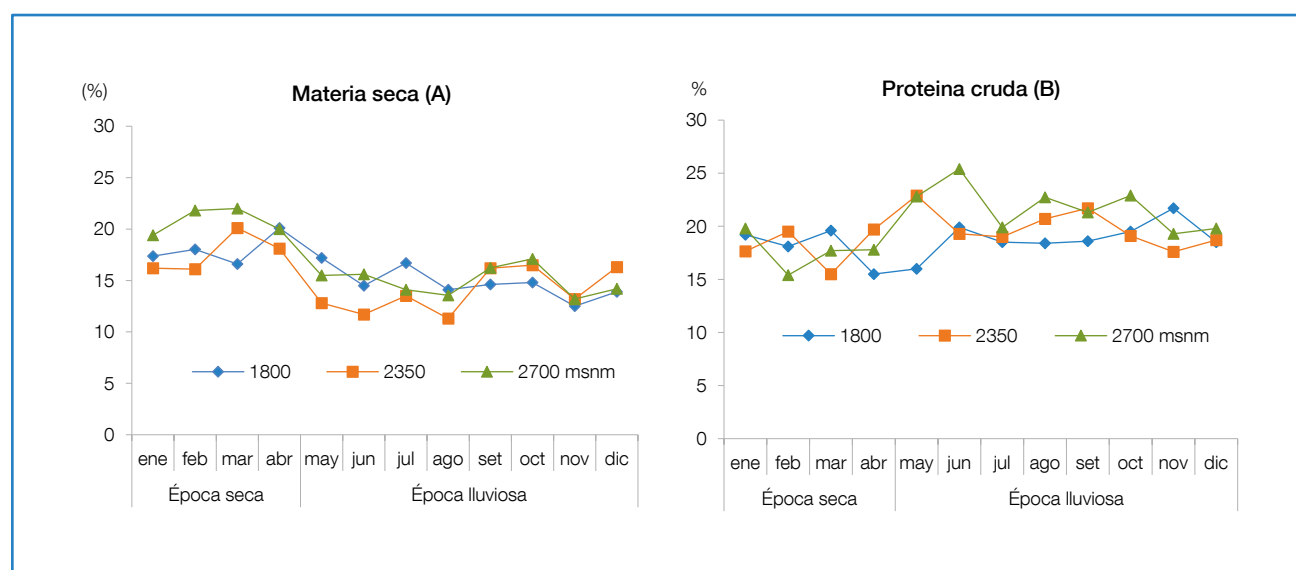


Figura 2. Contenido de materia seca (A) y proteína cruda (B) del pasto kikuyo en pastoreo rotacional cada 30 días, en tres altitudes de la zona lechera de Cartago, Costa Rica (2015).

Los bajos contenidos de MS obtenidos son similares a los reportados por Sánchez (2007) y Peters (2008) en Costa Rica en condiciones climáticas semejantes. Aunque Soto *et al.* (2005) reportan un rango más alto (18 y 20,1%) en Colombia, al igual que Apraez *et al.* (2007) en México (15,2 y 18%), diferencias que probablemente se deban al menor régimen de lluvias que existen en estos países en comparación a Costa Rica.

Con respecto a los bajos contenidos de MS, Van Soest (1992) argumenta que esa situación puede condicionar la ingestión voluntaria de MS, debido a la restricción física ejercida por el agua intracelular o a su efecto negativo sobre la palatabilidad y el tiempo de pastoreo (Butris and Phillips 1987). Al respecto, Gibb and Treacher (1984) mencionan que dicho efecto fue observado en ganado ovino en pastoreo. Aunque según Osoro y Cebrian (1989), el efecto es posible solo en pastos con digestibilidad superior al 70%, por debajo de cuyo valor la ingestión de MS estaba positivamente relacionada con la digestibilidad.

## Proteína cruda

El contenido de PC fue mayor ( $p = 0,0005$ ) durante la época lluviosa que en la seca ( $19,9 \pm 0,21\%$  vs  $18,1 \pm 0,30\%$ ), aunque la diferencia se debió a los valores extremos alcanzados en las épocas de lluvia (21,4%) y seca (17,2%) a los 2700 m s.n.m. (Cuadro 3 y Figura 2B), lo que se reflejó en la diferencia significativa que presentó la interacción época x altitud ( $p = 0,0100$ ).

Estos valores se encuentran en el rango obtenido en la mayoría de los estudios realizados en Costa Rica (Castillo 1983; Dormond *et al.* 1998; Mesén y Sánchez 2006; Sánchez 2007; Arce 2008; Sánchez, *et al.* 2014), quienes citan valores entre 16,0 y 23,0% para kikuyo cosechado entre 28 y 35 días de rebrote. Aunque otros investigadores (Sánchez *et al.* 1985; Villalobos *et al.* 2013)

han encontrado porcentajes inferiores (entre 12 y 14,9%) a la misma frecuencia de corte y condiciones climáticas semejantes.

En Colombia, Venezuela y México también se han observado contenidos semejantes de PC (entre 17,6 y 22%) a la misma frecuencia de rebrote (Soto *et al.* 2005; Aguilar *et al.* 2009; Correa *et al.* 2008; Mojica *et al.* 2009).

Por otra parte, algunos autores (Soto *et al.* 2005) no reportan cambios significativos en el contenido de PC del pasto kikuyo antes de los 45 días de crecimiento, mientras que Aguilar *et al.* (2009) registran variaciones entre 21,8 y 17,8% al comparar kikuyo con 50 y 70 días de rebrote, respectivamente. Al respecto, Zapata (2000) considera que los escasos cambios en la composición química durante los primeros 45 días de crecimiento del pasto kikuyo, se deben a la alta relación hojas:tallo que presenta el pasto, la cual varía poco durante dicho periodo.

Es importante anotar que, a pesar de las variaciones obtenidas en el contenido de PC, los porcentajes logrados son superiores a 12,3%, lo que no afecta el consumo voluntario ni la capacidad del retículo-rumen y la tasa de pasaje de la ingesta (Allison 1985). Además, estos valores no limitan el crecimiento microbiano en el rumen, siempre y cuando exista un aporte energético balanceado en la dieta total (Cowan and Lowe, 1998).

## Fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina

El contenido de la pared celular varió a lo largo del año, con valores de FND que oscilaron entre 58,6 y 64,5%, de FAD entre 27,2 y 35,5% y de lignina entre 2,1 y 3,80%; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre épocas ni entre altitudes para ninguno de los tres componentes (Cuadro 4 y Figura 3).



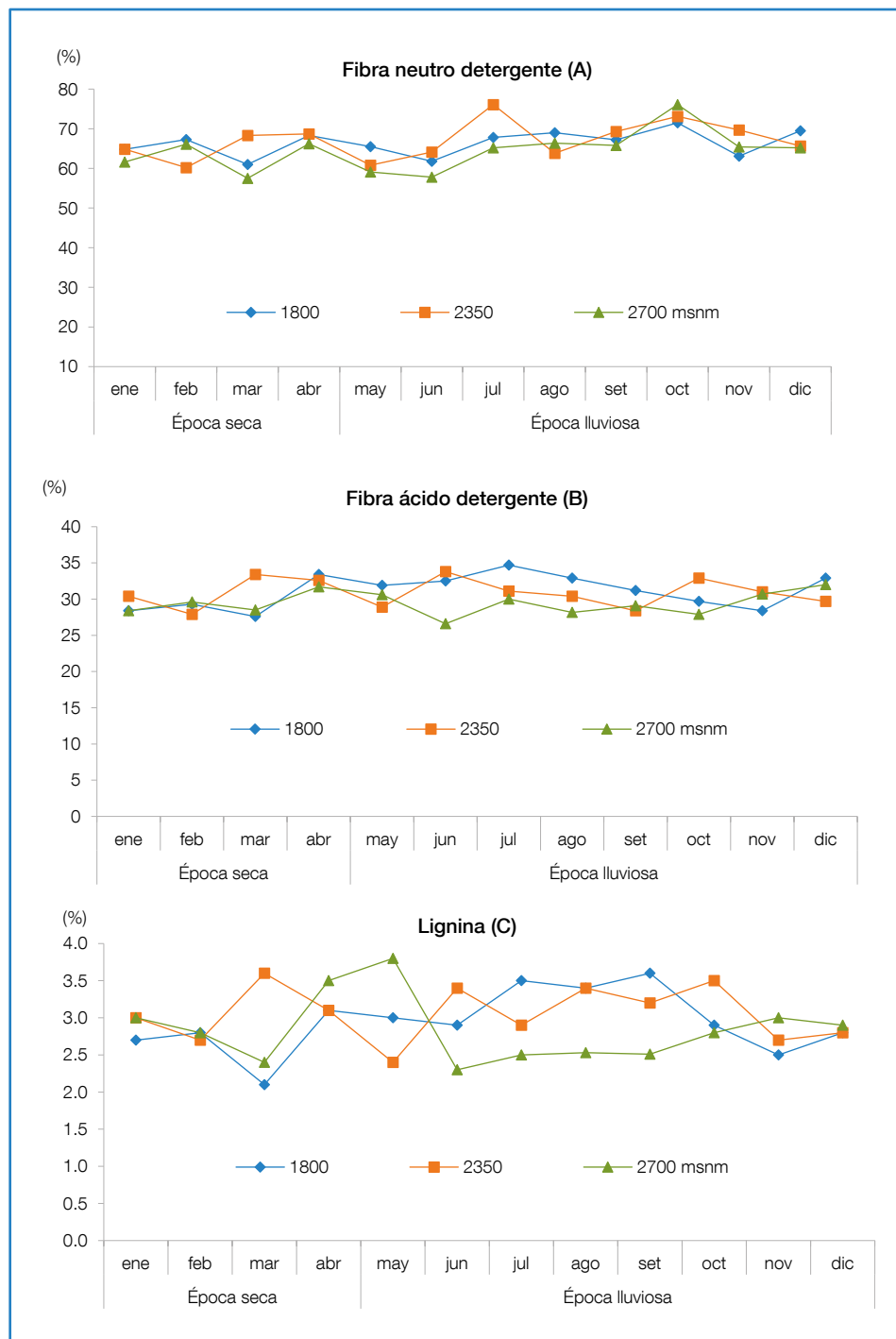


Figura 3. Contenido de fibra neutro detergente (A), fibra ácido detergente (B) y lignina (C) anual del pasto kikuyo en pastoreo rotacional cada 30 días, en tres altitudes de la zona alta lechera de Cartago, Cartago, Costa Rica (2015).

En estudios realizados en Costa Rica (Sánchez *et al.* 2014; Peters 2008; Arce 2008) se reportan valores de FND que oscilan entre 58,6 y 64,5%, y de FAD entre 27,2 y 35,5%, semejantes a los obtenidos en la presente investigación. Aunque en otros trabajos realizados también en nuestro

país (Castillo 1983; Dormond *et al.* 1998; Mesén y Sánchez 2006; Sánchez 2007; Sánchez *et al.* 2014) se encontraron porcentajes superiores de FND (entre 64,4 y 75,2%) y FAD (entre 27,2 a 36,0%) en kikuyo cosechado entre los 28 y 35 días de rebrote.

En Colombia, Venezuela y México se han observado contenidos semejantes de FND (entre 54 y 62,4%) y de FAD (entre 29,3 y 36,3%) a los obtenidos en este estudio a la misma edad de rebrote (Soto *et al.* 2005; Aguilar *et al.* 2009; Correa *et al.* 2008; Mojica *et al.* 2009). Aunque en otras latitudes, Correa *et al.* (2008) y Posada *et al.* (2013) encontraron rangos inferiores de FND (entre 40,8 y 58,1%) y de FAD (entre 26,7 y 30,3%) en la misma especie de pasto.

Algunos autores (Soto *et al.* 2005) consideran que el contenido de FND y FAD del pasto kikuyo, no presenta cambios significativos antes de los 45 días de rebrote. Aunque Aguilar *et al.* (2009) encontraron variaciones en el contenido FND (54 y 59,3%) y de FAD (31,1 y 29,3%) al comparar el kikuyo con 50 y 70 días de rebrote, respectivamente.

Es relevante mencionar, que la FND y FAD son componentes de la pared celular de los pastos que limitan el consumo voluntario y la digestibilidad cuando los contenidos son altos, situación que se debe tomar en consideración para evitar que la tasa de pasaje por el tracto digestivo no sea lenta y se reduzca el aporte de nutrientes (Bassi 2006). Al respecto, Holland y Kezar (1995) menciona que la FND y el consumo voluntario son inversamente proporcionales, es decir, entre mayor contenido de FND tenga un pasto, menor será el consumo voluntario y mayor efecto de llenado del rumen, mientras que la FAD se correlaciona negativamente con la fracción no digestible de la pastura, lo que significa que a mayor FAD menor digestibilidad y aprovechamiento de la pastura.

## Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) tendió a ser mayor ( $p = 0,0947$ ) en la época seca que en la lluviosa ( $73,0 \pm 1,75\%$  y  $69,1 \pm 1,24\%$ ), siendo esta diferencia constante en las tres altitudes, como se aprecia en la figura 4 que muestra la evolución de la DIVMS a lo largo del año en cada altitud.

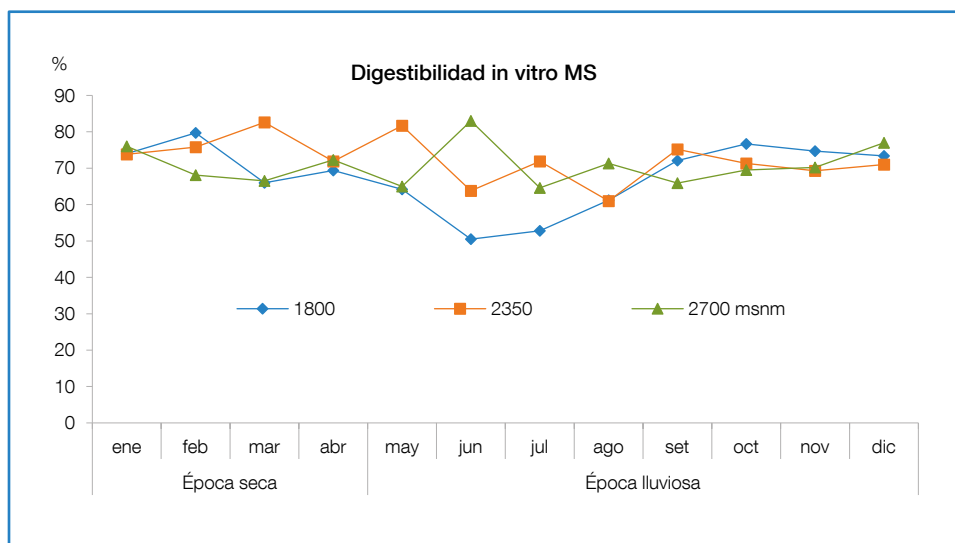


Figura 4. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del pasto kikuyo en pastoreo rotacional cada 30 días, en tres altitudes de la zona alta lechera de Cartago. Costa Rica (2015).

El promedio anual de digestibilidad *in vitro* de la MS del pasto kikuyo fue de 70,4%, con un rango que osciló entre 50,5 y 83% (Cuadro 5). Estos valores son superiores al rango entre 60 y 70,4% reportado en otros estudios realizados en Costa Rica (Andrade 2006; Peters 2008) en condiciones semejantes de clima. En Colombia, Mojica *et al.* (2009) también encontró valores promedios (66,6%) inferiores a los logrados en el presente estudio. Aunque otros autores (Vélez 1987; Laredo y Cuesta 1988; Quiroga y Barreto 2002) citan valores superiores (80 y 79,2%) en la misma especie de pasto.

La digestibilidad de la MS es una de las variables de calidad más importante de una pastura, ya que el aprovechamiento y aporte de nutrientes depende de esta. La digestibilidad del pasto depende de la calidad del material y la cantidad de fibra que contenga; por lo que, entre menor sea el contenido de FND y FAD, mayor será la digestibilidad y aprovechamiento de la misma (Bassi 2006).

## Contenido energético

En lo referente a la energía metabolizable (EM) y la energía neta de lactación (EN<sub>L</sub>), estimadas según el NRC (2001), se registraron valores medios de  $2,32 \pm 0,017$  y  $1,44 \pm 0,013$  Mcal/kg MS, respectivamente, que oscilaron a lo largo del año entre 2,14 y 2,62 Mcal/kg MS en el caso de la EM y de 1,66 y 1,32 Mcal/kg MS para la EN<sub>L</sub> (figura 5), pero sin que se pudieran identificar diferencias significativas entre altitudes ni entre épocas del año ( $p > 0,05$ ).

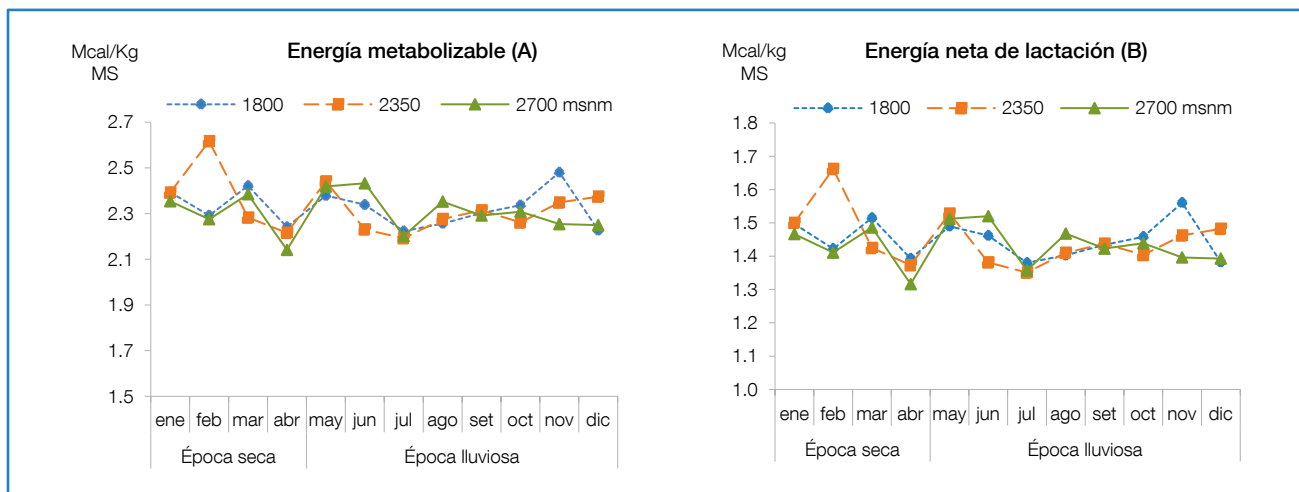


Figura 5. Contenido de energía metabolizable (A) y energía neta de lactación (B) de muestras mensuales de pasto kikuyo en pastoreo rotacional cada 30 días, en tres altitudes de la zona lechera de Cartago, Costa Rica, 2015.

El rango de EN<sub>L</sub> encontrados en el presente estudio (1,32 y 1,66 Mcal/kg MS) es superior al reportado (1,3 y 1,4 Mcal/kg MS) por Sánchez (2007) en Costa Rica, y al encontrado en Colombia (1,1 a 1,3 Mcal/kg MS) en varios estudios realizados por Soto *et al.* 2005; Aguilar *et al.* 2009; Correa *et al.* 2008. Aunque también en Colombia, Mojica *et al.* (2009) cita un valor de EN<sub>L</sub> superior (1,57 Mcal/kg MS).

Se concluye que la disponibilidad de pasto kikuyo manejado en pastoreo rotacional a intervalos mensuales varía entre los periodos de lluvias y de sequía, pero que esa diferencia es independiente de la altitud de la zona, excepto a los 2700 m s.n.m., donde la disponibilidad de MS se reduce significativamente en comparación a los sitios de menor altitud. Por otra parte, la composición química y el valor nutritivo del pasto es poco variable a lo largo del año y entre altitudes, con escasas variaciones en digestibilidad, lo que hacen improbable una limitación en el aporte de proteína en función de su contenido energético.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo. Tesis Lic. Ing. Agr. San José, CR, UCR. 225 p.
- Aguilar, OX; Moreno, BM; Pabón, ML; Carulla, JE. 2009. Efecto del consumo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o ryegrass (*Lolium hybridum*) sobre la concentración de ácido linoléico conjugado y el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea. *Livestock Research for Rural Development* 21:1-15.
- Álvarez, E.; Gracia J.; Rodríguez, R.; Carrillo, G. 2008. Valor alimenticio del pasto kikuyo cv. Whittet en dos estaciones de crecimiento. *Interciencia* 33(002):135-139.
- Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management*, 38: 305-311.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1980. *Methods of analysis*. 13. ed. Washington D.C. EUA. 376-384 p
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1990. *Official methods of analysis*. 15th. ed. Arlington V.A. USA. 1140 p.
- Apraez, E; Crespo, G; Herrera, R. 2007. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y mineral en el comportamiento de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehs) en el Departamento de Nariño, Colombia. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola*, 41: 75-79.
- Arce, J. 2008. *Práctica Dirigida Realizada en la Finca de Ganado Lechero Estabulado "La Georgina" ubicada en Vara Blanca de Heredia*. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 64 p.
- Bassi, T. 2006. *Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes*. Cátedra de Manejo de Pasturas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Lomas de Zamora, Argentina. 13 p.
- Bernal, J. 1991. *Pastos y forrajes tropicales*. 2. ed. Banco Ganadero. Colombia. p. 491-524.
- Bertsch, F. 1987. *La fertilización de los suelos y su manejo*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 157 p.
- Bolaños, R.; Watson, V. 1993. *Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge*. Centro Científico Tropical. ICE. San José, Costa Rica. Escala 1:200.000.
- Butris, G.Y; Phillips, CJC. 1987. The effect of herbage surface water and the provision of supplementary forage on the intake and feeding behavior of cattle. *Grass and Forage Science* 42:259-264
- Castillo, E.; Coward, J.; Sánchez, J.M.; Jiménez, C.; López, C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre productividad, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de coronado. *Agronomía Costarricense* 7:9-15.
- CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas, CR)-UCR (Universidad de Costa Rica, CR). 2016. *Mapa digital d Suelos de Costa Rica (vector, escala 1: 200.000, CIA-UCR, IICA, ACCS, INTA, Costa Rica*.
- Correa, H.J.; Pabón, M.L.; Carulla, J.E. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): II Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. *Livestock Research for Rural Development*. On-line Edition, 20 (4), Artículo n. 61.
- Cowan, R.T. and Lowe, K.F. 1998. Tropical and subtropical grass management and quality. En: *Grass for Dairy Cattle*. Ed Cheney J.H. and Cherney D.J.R., pp 101-136. CABI Publishing. Wallingford, Oxon, U.K.
- Dormond, H.; Boschini, C.; Rojas, A.; Zúñiga, A. 1998. Efecto de cuatro niveles de cáscara de banano maduro sobre la degradabilidad ruminal de la materia seca de los pastos Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) estrella africana (*Cynodon nlem-fluensis*) en vacas Jersey. *Agronomía Costarricense* 22:163-172.

- Gherbin, P.; Franchi, A.S.; De Monteleone, M.; Rivelli, A.R. 2007. Adaptability and productivity of some warm-season pasture species in a Mediterranean environment. *Grass and Forage Science* 62:78-86.
- Gibb, MJ; Treacher, TT. 1984. The performance of weaned lambs offered diets containing different proportions of fresh perennial ryegrass and white clover. *Animal Production* 39:413-420.
- Haydock, K; Shaw, N. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:663-670.
- Holland C., Kezar W. 1995. The Pioneer forage manual. A nutritional guide.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR) 2008. Resumen Meteorológico. Boletín Mensual. San José, Costa Rica. P 30-32.
- Laredo, M; Cuesta, P. 1988. Tabla de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Nutrición Animal. Santafé de Bogotá, Colombia. 77 p.
- Machado, D.; Dávila, C.1998. Efectos de la fertilización con N, P y K y el microclima, en la asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo pastoreo rotativo. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 15:38-58.
- Mesén, M.; Sánchez, W. 2006. Evaluación de gramíneas forrajes en la zona alta lechera de Costa Rica. *Alcances Tecnológicos* 4:29-35.
- Mojica, J.E.; Castro, E.; León, J.M.; Cárdenas, E.A.; Pabón, M.L.; Carulla, J.E. 2009. Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilado de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10:81-90.
- Neal, J.S.; Fulkerson, W.J.; Lawrie, R.; Barchia, I.M. 2009. Difference in yield and persistence among perennial forages used by the dairy industry under optimum and deficit irrigation. *Crop and Pasture Science* 60:1071-1087.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7. ed. rev. National Research Council. p. 13-17.
- Osoro, K; Cebrian, M. 1989. Digestibility of energy and gross energy intake in fresh pastures. *Grass and Forage Science* 44:41-46.
- Peters, K. 2008. Valor nutricional y disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina* Hoscht. Ex Chiov.) en sistemas de pastoreo basados en la edad fenológica de la planta. Tesis Lic. Universidad de Costa Rica. 125 p.
- Quiroga, D; Barreto, A. 2002. Respuesta en rendimientos y calidad de una pradera de kikuyo degradada a tratamientos de mecanización y aplicación de compost en la sabana de Bogotá. Tesis de licenciatura en Zootecnista. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, 77 p.
- Sáenz, A. 1970. Historia agrícola de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Serie Agronomía No. 12. San José. 237-343 p.
- Sánchez, JM. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. *In Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal* (11, 2007, Barquisimeto, Venezuela). 25 p.
- Sánchez, J.M.; Soto, H. 1999. Niveles de energía estimada en los forrajes de un distrito de mediana producción lechera, Fortuna de San Carlos en la Zona Norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23:179-185.
- Sánchez, J.M.; Coward, J.; Jiménez, C.; Sossa, R.; López, C. 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época seca sobre producción y valor nutritivo del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. *Agronomía Costarricense* 9:219-227.
- Sánchez, W.; Hidalgo, C.; Mesén, M. 2014. Adaptación de variedades de ryegrass y kikuyo en la zona alta lechera de Cartago. *Alcances Tecnológicos* 10:13-20.
- Sánchez, W.; Mesén, M. 2010. Establecimiento y manejo del pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*). *Alcances Tecnológicos* 8:71-80.
- SAS (Statistical Analysis System, USA). 2002. Software version 9.0. SAS Institute. Inc., Cary, NC, USA.

Soto, C.; Valencia, A.; Galvis, R.D.; Correa, E.J. 2005. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 18:17-26.

Toledo, JM; Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. In Manual para la Evaluación Agronómica. Toledo, JM (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), CIAT, Colombia. p. 91-109.

Van Soest, PJ; Robertson JB. 1979. Forage fiber analysis. Agr. Handbook. No. 379. USDA. Washington, D.C. EUA.60 p.

Van Soest, PJ. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.

Van Soest, PJ. 1992. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, NY, EUA. Comstock-Cornell University Press. 122 p.

Vélez, L. 1987. Cambios circadianos en carbohidratos no estructurales y solubles de gramíneas y leguminosas en la sabana de Bogotá. Tesis de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 86 p.

Villalobos, L.; Arce, J.; Wing Ching, R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. Agronomía Costarricense 37:91-103.

Zapata, F. 2000. Kikuyo. Especies Forrajeras Versión 1.0. Colombia. 18 p.