



Efecto de la frecuencia de defoliación en el rendimiento y composición nutricional de *Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov

Effect of defoliation frequency on yield and nutritional composition of *Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov

Fonseca, C.^a, Balocchi, O.^{a*}, Keim, J.P.^a, Rodríguez, C.^b

^aFacultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile

^bFacultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Calle 13 No.27-60 Duitama, Colombia.

ARTICLE INFO

Article history:
Received 12.05.2016
Accepted 16.05.2017

Keywords:
Yield components
Herbage mass
Tropical grassland
Kikuyu

Original Research Article,
Special Issue: Pastures for
Sustainable Productions Systems

**Corresponding author:*
Óscar Balocchi
E-mail address:
obalocch@uach.cl

ABSTRACT

In Colombia at 2,560 m.a.s.l. the effect of three defoliation frequencies (3, 4.5 and 6 leaves tiller⁻¹) was evaluated, during four months (August - November), on growth and nutritional quality of Kikuyu (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov). Nine plots of 6 x 4 m were established, which were distributed in a complete randomized block repeated measures design. Data were subjected to analysis of variance. A significant interaction between defoliation frequency and the month of utilization on total herbage mass yield and crude protein concentration was observed. The highest values for both variables were obtained at 6 leaves tiller⁻¹ in October (herbage mass) and October-November (crude protein). Defoliation frequency did not modify yield components (proportion of blades, sheath, stems and dead material). Neutral Detergent Fiber and Acid Detergent Fiber were not affected by defoliation frequency. In conclusion, grazing of kikuyu swards, under similar environmental conditions of this study should be performed at stage of 4.5 to 6 leaves tiller⁻¹ with a residual sward height of 5 cm.

RESUMEN

En Colombia a 2.560 m.s.n.m, se evaluó por cuatro meses (Agosto - Noviembre) el efecto de tres frecuencias de defoliación (basadas en la aparición de 3; 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹) sobre el crecimiento y calidad nutritiva del kikuyu (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov). Se establecieron nueve parcelas de 6 x 4 m, en un diseño experimental de bloques completos al azar con medidas repetidas en el tiempo. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza. Se observó interacción significativa entre la frecuencia de defoliación y los meses de utilización sobre la fitomasa total y sobre el contenido de proteína cruda. Los mayores valores para ambas variables se obtuvieron con 6 hojas macollo⁻¹ en el mes de octubre (fitomasa) y 6 hojas macollo⁻¹ en octubre - noviembre (proteína cruda). La frecuencia de defoliación no modificó los componentes del rendimiento (proporción de láminas, vainas, tallos y material muerto). Los valores de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida fueron similares en todos los tratamientos de defoliación. En conclusión, el pastoreo de esta especie, en condiciones ambientales similares a las de éste estudio, deberá realizarse en el estado de 4,5 a 6 hojas macollo⁻¹ respetándose la altura de residuo de 5 cm.

Palabras clave: componentes de rendimiento, fitomasa, pradera tropical, kikuyu.

INTRODUCCIÓN

La frecuencia de defoliación es una variable que ha mostrado tener un significativo efecto en la producción y calidad nutricional de una pradera (Barbosa *et al.*, 2011). Esto ha sido ampliamente demostrado en especies de clima templado, sin embargo, en especies de clima tropical existe menos información disponible. *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov, es una

gramínea tropical C4 constituida por 36 cromosomas (Crush y Rowarth, 2007; Ludlow, 1985; Mears, 1970) que acumula almidones en las células del mesófilo (McDonald *et al.*, 2002) y soporta altas concentraciones de CO₂ (Dood *et al.*, 2010). Presenta un alto rendimiento de fitomasa (Ludlow, 1985), lo que le permite soportar una alta carga animal (Colman y Kaiser, 1974), contiene una baja calidad nutritiva por los altos niveles de fibra y baja digestibilidad (Lowe *et al.*, 2010), con desbalance en mi-

nerales en comparación con otras gramíneas perennes templadas, pero con una excelente respuesta a la fertilización y riego (Bernal, 2008; Read y Fulkerson, 2003). Resiste el pisoteo de los animales y tolera las sequías debido a su profundo sistema radical (Marais, 2001).

El *P. clandestinum* es utilizado para pastoreo en los sistemas lecheros de Colombia. Los sistemas de producción basados en praderas deben tener una base de sustentación para conocer el punto óptimo de utilización como fuente primordial de la rentabilidad del sistema (García et al., 2014). Estudios realizados por Reeves et al. (1996) en Australia sugieren que para lograrlo, se debe pastorear el *P. clandestinum* cuando éste tenga 4,5 hojas macollo⁻¹, momento en que se logra una calidad nutricional adecuada a los requerimientos de vacas en lactancia. Al pasar ese estado, los parámetros nutricionales decrecen debido al incremento del tallo y la acumulación de material muerto (Chapman y Lemaire, 1993).

La cantidad de fitomasa recomendada para pastorear una pradera de kikuyu es de 2.600 kg de materia seca (MS) ha⁻¹, cuando sólo se cosechan entre 1.100 a 1.500 kg MS ha⁻¹ (Fariña et al., 2011; García et al., 2014). Por esta razón, la intensidad y frecuencia de pastoreo serán parte fundamental para mantener una adecuada relación hoja:tallo cuando se deja un residuo de pastoreo entre los 5-6 cm de altura (Chacón y Stobbs, 1976; Sinclair et al., 2007; Fulkerson et al., 2010).

En Colombia, no existen publicaciones sobre el efecto de frecuencias de pastoreo en base número de hojas sobre la calidad nutricional del forraje, volviéndose un tema relevante para los sistemas eficientes de producción. Al ser un país de localización tropical sin estaciones marcadas, sería importante conocer el comportamiento agronómico de sus praderas debido a que la mayoría de las investigaciones reportadas en *P. clandestinum* se encuentran en lugares geográficos diferentes como Australia, Brasil y Sudáfrica con alturas sobre el nivel del mar diferentes a las que se abordará en este estudio (Botha et al., 2008a; Botha et al., 2008b; Vander Colf et al., 2013).

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la frecuencia de defoliación en *P. clandestinum* sobre el rendimiento y calidad nutritiva de la pradera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio

El estudio se realizó en un periodo de 4 meses (Agosto - Noviembre 2014), en un campo agropecuario de lechería especializada en el Trópico Alto Colombiano en el municipio de Santa Rosa de Viterbo (Boyacá) a 2.560 msnm, localizado a 5° 49' 42" de latitud norte y 1° 2' 48" longitud en relación con el meridiano de Bogotá y 73° 03' longitud al oeste de Greenwich con una precipitación promedio anual de 849 mm en forma de lluvia (Gobernación de Boyacá, 2014; IDEAM, 2015; IGAC, 1995).

Para homogenizar el sitio, el área experimental fue cortada al inicio del estudio a una altura residual de 5 cm, el 29 de julio de 2014 (Sinclair et al., 2007; Fulkerson et al., 2010). Las parcelas del ensayo fueron establecidas en praderas de kikuyu de una antigüedad superior a 30 años, sobre un suelo de origen aluvial, catalogado como pesado serie Río Chicamocha (Bernal, 2014; Municipio de Duitama, 2014). El pH del suelo se encuentra dentro de los valores adecuados para su crecimiento como lo reportan Awad et al. (1976) siendo éste de 5,6. Los valores de minerales del suelo son de N= 43,2; P= 45,1 (método Bray II); K= 321; Mg= 475; Ca= 3.997 ppm de suelo.

Al inicio del experimento se aplicó una fertilización de mantención correspondiente a 185 kg ha⁻¹ de una mezcla comercial que contenía 31-8-8% de N-P-K, respectivamente. Durante el ensayo, se realizaron otras dos aplicaciones más mensuales de esta misma mezcla, con un total de 172 kg ha⁻¹ de N y 44 kg ha⁻¹ de P y K para todo el estudio.

Los promedios de temperatura tanto ambiental, del suelo y los grados acumulados día fueron obtenidos de los registros llevados en el campo por medio de instrumentos de medición como termómetro ambiental de mínimas - máximas y digital de suelo (10 cm de profundidad). Los grados día acumulados fueron determinados considerando 8°C como temperatura base (Muscolo, 2013) (Cuadro 1).

La cantidad de agua regada fue programada con un requerimiento mensual de 150 mm, calculado con la precipitación semanal y el déficit correspondiente cubierto por riego de aspersión en las horas de la tarde (Cuadro 2).

Condiciones climáticas

Las condiciones de temperatura presentadas durante el periodo del experimento, mostraron un promedio de 15,6°C en el ambiente, de 16,3°C en el suelo y de 23,2°C acumulados mes (base de 8°C) (Cuadro 1).

Los valores de agua suministrados a la pradera fueron determinados por las horas de riego por aspersión y el volumen de precipitación mensual. El promedio diario entregado fue de 9,31 mm con una evapotranspiración de 3,7 mm tomada por metodología bandeja tipo A (Ortega y Acevedo, 1999; Zhai, 2010), ofreciendo un total mensual de 167 mm de agua (Cuadro 2).

Variables evaluadas

Rendimiento de fitomasa, altura de la pradera y componentes del rendimiento

Cuando cada tratamiento alcanzó el número de hojas correspondiente de 3, 4,5 o 6 hojas macollo⁻¹, se midió la altura no disturbada con una regla de medi-

Cuadro 1. Valores de temperaturas promedio mensual (°C) durante el estudio.

Table 1. Average monthly temperature (°C) during the study.

	Ambiente (°C promedio)	Suelo	Grados acumulado mes (base 8°C)
Agosto	14,6	16,9	204
Septiembre	16,1	15,4	243
Octubre	15,9	16,6	245
Noviembre	15,9	16,3	237
<i>Temporada</i>	15,6	16,3	232

Cuadro 2. Cantidad de precipitaciones y riego aplicado durante el estudio.

Table 2. Amount of rainfall and irrigation applied per month.

	Lluvia (mm de agua)	Riego	Total	Día (mm d ⁻¹)
Agosto	4	264	268	8,65
Septiembre	39	280	319	10,63
Octubre	123	160	283	9,13
Noviembre	83	120	203	8,83
<i>Promedio</i>				9,31

ción de 30 cm, con diez observaciones por parcela. Se procedió a eliminar el borde y posteriormente a cosechar las parcelas con una cortadora de césped dejando una altura de residuo de 5 cm. Se pesó en fresco todo el material cosechado de cada parcela. Se tomaron tres submuestras cada una de 100 g, una para determinar calidad nutritiva, otra para determinar concentración de materia seca por medio del horno de ventilación forzada a 60°C por 48 horas y otra para obtener los porcentajes de cada uno de los componentes del rendimiento (lámina, vaina, tallo y material muerto). Posteriormente, se tomaron 3 muestras de 50 x 50 cm del material por debajo de los 5 cm de altura para determinar la biomasa acumulada de residuo ha⁻¹, y a su vez, los componentes del rendimiento bajo la altura de corte.

Calidad nutricional

La calidad nutricional fue determinada en una de las submuestras tomada a 5 cm de altura de residuo antes de ser cosechada la parcela y a la misma hora en cada uno de los tratamientos (medio día). Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de

la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Tunja, Boyacá. La concentración de proteína cruda (PC) en la pradera fue obtenida por el método de micro-Kjeldahl según Bateman (1970) obteniendo la cantidad de nitrógeno total y multiplicando por la constante de 6,25. La concentración de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) fueron determinadas por el método de Van Soest *et al.* (1991), según lo reportado por AOAC (1996).

Diseño experimental y análisis estadístico

Para el análisis de los datos todos los resultados fueron agrupados por mes. Los tratamientos se distribuyeron en 9 parcelas de 6 x 4 m² ordenadas en tres bloques, para evaluar tres frecuencias de defoliación de 3, 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹, estableciéndose un diseño en bloques completos al azar con medidas repetidas en el tiempo. Los datos fueron sometidos a un análisis de medidas repetidas utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS® (9.4).

Adicionalmente se incluyó un efecto aleatorio para evaluar el componente de la varianza entre bloques. Las diferencias entre los tratamientos se determinaron utilizando la opción PDIFF con Tukey ajustado en SAS®. Los patrones de covarianza no estructurada evaluados fueron, Simetría Compuesta y Autorregresivo de primer orden. El patrón de covarianza final fue elegido mediante los criterios de información bayesianos (AIC y BIC, respectivamente), considerando de entre ellos el que convergiera y obtuviese el valor más bajo.

RESULTADOS

Rendimiento de fitomasa

Al analizar los promedios de tasa crecimiento y fitomasa total de MS ha⁻¹ durante el periodo de estudio para cada una de las frecuencias de defoliación de 3, 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹, se observó que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Sin embargo, considerando la ausencia de diferencias significativas, se observa que numéricamente la frecuencia de 6 hojas fue la que presentó la mayor tasa de crecimiento y rendimiento total de materia seca en comparación con las frecuencias de defoliación de 3 y 4,5 hojas respectivamente (Cuadro 3).

Para las variables tasa crecimiento y producción de fitomasa existió una interacción significativa ($p < 0,05$) entre las frecuencias de defoliación y los meses de estudio. La interacción se produce únicamente en el mes de noviembre encontrándose que la mayor tasa de crecimiento y producción de fitomasa se observó con la menor frecuencia de defoliación (6 hojas macollo⁻¹) comparado con la mayor frecuencia de defoliación (3 hojas macollo⁻¹) pero no presento diferencia

Cuadro 3. Tasa de crecimiento y rendimiento de fitomasa total para las frecuencias de defoliación 3; 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹.

Table 3. Growth rate and total herbage mass for defoliation frequencies of 3; 4.5 and 6 leaves tiller⁻¹.

	Tasa crecimiento diaria (kg MS d ⁻¹)	Fitomasa Total (kg ha ⁻¹)
Frecuencia de defoliación		
3 hojas	75,4	6.787
4,5 hojas	77,4	6.966
6 hojas	95,3	8.576
valor P	0,092	0,092
e.e.	7,2	650

significativa con la frecuencia de 4,5 hojas macollo⁻¹ (Cuadro 4).

Fitomasa residual y altura de la pradera

La fitomasa residual presentó interacción significativa entre frecuencias de defoliación y meses de estudio ($p < 0,05$), observándose que en noviembre la frecuencia de 3 hojas macollo⁻¹ es mayor en kg MS ha⁻¹ que las frecuencias de 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹ respectivamente. La fitomasa residual obtenida mostró diferencias altamente significativas entre las frecuencias de defoliación y los meses del estudio ($p < 0,01$) encontrándose que la frecuencia de 6 hojas macollo⁻¹ presentó la menor cantidad de kg MS ha⁻¹ en comparación con las otras dos

Cuadro 4. Rendimiento de fitomasa y altura de la pradera previo al corte en las diferentes frecuencias de defoliación durante los meses de estudio.

Table 4. Herbage production and sward height as affected by defoliation frequencies, month of the year and their interaction.

	Tasa de crecimiento (kg MS d ⁻¹)	Fitomasa total (kg ha ⁻¹)	Fitomasa residual (kg ha ⁻¹)	Altura (cm)
Frecuencia de defoliación				
3 hojas	75,4	2.262	6.614	10,9
4,5 hojas	77,4	2.322	6.206	14,0
6 hojas	95,3	2.859	5.119	17,5
valor P	0,092	0,092	0,0026	<0,001
e.e.	7,2	217	251	0,6
Meses				
Septiembre	71,4	2.142	4.975	13,2
Octubre	91,8	2.753	6.710	13,7
Noviembre	84,9	2.547	6.253	15,6
valor P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
e.e.	3,9	117	318	0,5
Interaccion				
Septiembre				
3 hojas	76,8	2.303	5.244	10,9
4,5 hojas	70,7	2.121	5.335	14,0
6 hojas	66,7	2.002	4.345	14,7
Octubre				
3 hojas	83,8	2.513	6.707	10,7
4,5 hojas	79,2	2.376	7.300	13,3
6 hojas	112,4	3.370	6.122	17,0
noviembre				
3 hojas	65,7	1.970	7.889	11,0
4,5 hojas	82,3	2.468	5.982	14,7
6 hojas	106,8	3.203	4.889	21,0
valor P	0,001	0,001	0,031	0,002
e.e.	9,09	272,7	515,26	0,92

frecuencias 3 y 4,5 hojas macollo⁻¹ respectivamente. Respecto a los meses, se presentó menor cantidad de kg MS ha⁻¹ en el mes de septiembre comparado con los meses de octubre y noviembre (Cuadro 4).

La altura obtenida al corte mostró una interacción significativa entre las frecuencias de defoliación y los meses de estudio ($p < 0,01$), encontrándose en el mes de septiembre que las alturas fueron similares entre las frecuencias de 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹ pero mostraron diferencia significativa con la mayor frecuencia de defoliación (3 hojas macollo⁻¹). En octubre las alturas de las frecuencias de 3 y 4,5 hojas macollo⁻¹ fueron similares pero hubo diferencia altamente significativa entre la de 6 hojas con la de 3 hojas macollo⁻¹ y en noviembre se encontraron diferencias altamente significativas entre las frecuencias de defoliación de 3, 4,5 con la de 6 hojas macollo⁻¹ y diferencia significativa entre la frecuencia de 3 y 4,5 hojas macollo⁻¹ (Cuadro 4).

Componentes del rendimiento

Para fitomasa cosechada sobre 5 cm de altura, no se encontró interacción significativa entre frecuencias de defoliación y meses de estudio. No se encontró diferencias significativas para los componentes del rendimiento entre las diferentes defoliaciones, pero si se encontraron diferencias altamente significativas entre los meses de estudio para los componentes de láminas, tallos y material muerto ($p < 0,01$). Dentro del componente de láminas, se observó un menor porcentaje en el mes de noviembre en relación a los meses de septiembre y octubre, mientras que el porcentaje de los tallos fue mayor en noviembre en relación a los meses de septiembre y octubre siendo septiembre el de menor valor. La proporción de material muerto fue mayor en el mes de septiembre en relación a los meses de octubre y noviembre (Cuadro 5).

Cuadro 5. Componentes del rendimiento en las diferentes frecuencias de defoliación durante los meses de estudio.

Table 5. Yield components as affected by defoliation frequency, month of the year and their interaction.

	% Material Cosechado				% Material Residual			
	Laminas	Vainas	Tallos	Material muerto	Laminas	Vainas	Tallos	Material muerto
Frecuencia de defoliación								
3 hojas	56,9	17,6	16,8	9,0	23,9	16,1	26,3	33,6
4,5 hojas	59,0	16,6	15,7	8,8	13,1	12,9	35,7	38,3
6 hojas	57,5	16,3	16,6	9,7	12,9	11,5	36,9	28,7
valor P	0,653	0,438	0,668	0,617	0,070	0,19	0,003	0,316
e.e.	2,2	1,0	1,2	0,9	4,3	2,1	1,5	3,4
Meses								
Septiembre	60,2	16,0	10,9	13,22	15,9	11,7	27,8	44,7
Octubre	60,3	15,4	17,0	7,26	18,9	12,2	32,6	36,3
Noviembre	52,9	18,9	21,2	6,93	15,3	18,9	38,5	29,6
valor P	0,004	0,069	<0,001	0,004	0,597	0,056	0,011	<0,001
e.e.	2,0	1,5	1,3	1,7	3,7	2,0	2,9	2,7
Interacción								
<i>Septiembre</i>								
3 hojas	60,6	16,4	11,3	12,6	20,9	14,3	20,6	44,3
4,5 hojas	61,8	15,3	10,4	12,6	16,3	11,6	28,8	43,3
6 hojas	58,2	16,4	10,9	14,5	10,4	9,2	34,0	46,4
<i>Octubre</i>								
3 hojas	61,0	16,1	15,4	7,5	34,4	12,5	24,9	28,2
4,5 hojas	59,0	15,1	17,5	8,4	10,1	12,3	36,9	40,7
6 hojas	60,8	15,2	18,2	5,9	12,2	11,9	36,0	39,9
<i>Noviembre</i>								
3 hojas	49,1	20,4	23,7	6,8	16,5	21,6	33,5	28,3
4,5 hojas	56,1	19,3	19,3	5,3	13,1	14,8	41,3	30,8
6 hojas	53,4	17,2	20,7	8,7	16,3	13,5	40,6	29,7
valor P	0,370	0,885	0,356	0,678	0,124	0,578	0,834	0,331
e.e.	3,5	2,3	2,2	2,5	6,8	3,5	4,4	5,12

Para la fitomasa residual, por debajo de 5 cm de altura de corte, no se encontró interacción significativa entre frecuencias de defoliación y meses de estudio. Se presentaron diferencias altamente significativas en la proporción de tallos en las frecuencias de defoliación ($p < 0,01$) observándose que la frecuencia de 3 hojas macollo⁻¹ mostró una menor proporción de tallos en relación a las frecuencias de 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹ (Cuadro 5).

Analizando los componentes de rendimiento del material residual en cada uno de los meses de estudio, se encontró diferencias altamente significativas en la proporción de tallos y material muerto ($p < 0,01$), observándose un mayor porcentaje de tallos en el mes de noviembre en comparación con el mes de septiembre. El porcentaje de tallos en el mes de octubre no presentó diferencias significativas con ninguno de los otros dos meses ($32,62\% \pm 2,93$ e.e.). En cuanto al material muerto, el mes de septiembre presentó el mayor porcentaje observándose diferencias significativas con los meses de octubre y noviembre (Cuadro 5).

Calidad nutritiva

Para FDN y FDA, no se presentó interacción significativa entre frecuencias de defoliación y meses de estudio. La frecuencia de defoliación no modificó significativamente ($p > 0,05$) estas variables. Los meses de estudio modificaron la concentración de FDN ($p < 0,05$) mostrándose una mayor concentración en los meses de octubre y noviembre siendo similares entre sí pero presentando una diferencia significativa con el mes de septiembre como se observa en el Cuadro 6, sin embargo la concentración de FDA no fue diferente.

Para la concentración de PC, se presentó interacción significativa entre frecuencias de defoliación y meses de estudio. Las frecuencias de defoliación modificaron significativamente la concentración de PC. En los meses de estudio, las diferencias fueron altamente significativas ($p < 0,01$).

En la interacción, el mes de octubre mostró diferencias significativas entre las tres frecuencias siendo mayor la frecuencia de 6 hojas macollo⁻¹ y en el mes de noviembre la menor concentración de PC se dio con la frecuencia de 3 hojas macollo⁻¹ mostrándose diferencias significativas con las frecuencias de 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹ las cuales fueron similares entre ellas.

Las concentraciones de PC en las frecuencias de 3 y 4,5 hojas macollo⁻¹ y entre 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹ mostraron similitud entre ellas pero con diferencias significativas entre la frecuencia de 3 y 6 hojas macollo⁻¹. Respecto a los meses, se presentan diferencias significativas entre los tres meses siendo noviembre el de mayor porcentaje de PC y septiembre el de menor porcentaje (Cuadro 6).

Cuadro 6. Concentraciones de PC, FDN y FDA en las diferentes frecuencias de defoliación durante los meses de estudio.

Table 6. Chemical composition (CP, NDF and ADF) as affected by defoliation frequency, month of the year and their interaction.

	PC	FDN	FDA
	% MS		
Frecuencia de defoliación			
3 hojas	25,3	54,3	26,5
4,5 hojas	26,8	54,5	26,8
6 hojas	27,3	54,5	27,4
valor P	0,028	0,970	0,636
e.e.	0,55	0,98	0,92
Meses			
Septiembre	23,1	52,4	27,1
Octubre	26,1	55,6	26,5
Noviembre	30,2	55,4	27,1
valor P	<,0001	0,022	0,801
e.e.	0,6	1,1	1,0
Interacción			
<i>Septiembre</i>			
3 hojas	23,7	52,0	26,9
4,5 hojas	22,8	53,1	27,3
6 hojas	23,0	52,2	27,1
<i>Octubre</i>			
3 hojas	24,3	56,5	27,6
4,5 hojas	26,4	56,5	26,1
6 hojas	27,5	53,6	25,8
<i>Noviembre</i>			
3 hojas	28,1	54,5	25,1
4,5 hojas	31,3	55,0	27,0
6 hojas	31,3	57,8	29,3
valor P	0,036	0,152	0,265
e.e.	1,0	1,8	1,7

DISCUSIÓN

En este estudio, los rendimientos de fitomasa cosechados en las diferentes frecuencias de defoliación 3, 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹ no presentaron diferencias estadísticas a pesar de obtenerse una mayor cantidad de producción total en el tratamiento de 6 hojas macollo⁻¹. Reeves *et al.* (1996) en Australia, consideran que el *P. clandestinum* por ser una gramínea tropical C4 debe ser regulada por su calidad nutricional y no por su rendimiento de fitomasa total debido a las limitantes

de consumo animal que presenta por sus valores altos de fibra, mientras que García *et al.* (2014) mencionan que no solo influye la alta cantidad de pared celular sino también las bajas concentraciones de carbohidratos hidrosolubles y el desbalance de minerales como los principales limitantes de esta especie. En Colombia, la mayor cantidad de materia seca se produce en época lluviosa (marzo-abril-mayo y octubre-noviembre) con un intervalo de defoliación de 30 días (Vela y Vargas, 2009), lo cual sería consistente con los resultados de este estudio en donde la mayor cantidad de fitomasa se obtuvo con las 6 hojas macollo⁻¹ con un intervalo de defoliación de 37 días \pm 5,5 (promedio \pm e.e.) en los meses de octubre y noviembre época lluviosa del año. En contraste, las menores producciones de materia seca en este estudio se obtuvieron en el mes de septiembre. IDEAM (2005) categorizó el año en dos temporadas secas (desde enero a febrero y desde julio hasta agosto) y dos lluviosas (desde finales de marzo a junio y desde octubre hasta principios de diciembre). En los meses secos de la primera temporada llueve alrededor de 7 días mientras que en los de mitad de año llueve en promedio 15 días mes⁻¹ respectivamente. En la época lluviosa llueve alrededor de 15 a 20 días mes⁻¹ (IDEAM, 2015).

El intervalo más corto de aparición de hoja (tiempo en días que toma una hoja para extenderse completamente) fué de 4,4 días, obtenido en un intervalo de defoliación de 24,3 días \pm 2,6 (promedio \pm e.e.), en el tratamiento de 4,5 hojas macollo⁻¹, mientras que el intervalo de aparición de hoja más largo fue de 8 días encontrándose en un intervalo de defoliación de 37 días \pm 5,5 (promedio \pm e.e.) en el tratamiento de 6 hojas macollo⁻¹. Los mayores intervalos de aparición de hoja se encontraron en el primer corte de las tres frecuencias de defoliación obtenidas del crecimiento de la planta a partir del mes de agosto con una temperatura de 14,6°C \pm 0,5 (promedio \pm e.e.), resultados que corroboraron lo escrito por Herrero *et al.* (2000a; 2000b); Chapman y Lemaire, (1993) quienes relacionaron la tasa de aparición de hojas con la temperatura encontrándose una disminución en el tiempo a medida que ésta se incrementó.

La fitomasa residual encontrada por debajo de los 5 cm de corte fue mayor a medida que se incrementa la frecuencia de defoliación pero sin afectar la fitomasa total, presentándose una relación de fitomasa disponible para oferta de un 30% \pm 0,02, en relación a la fitomasa total existente a ras de suelo. Briske *et al.* (1994) reportan que las continuas defoliaciones estimulan la producción de nuevos tallos constantemente, razón que podría ser utilizada como estrategia de protección en suelos arcillosos en épocas de lluvia.

La altura de la pradera al momento de cosecharse, presentó diferencias significativas en el mes de noviembre siendo mayor en el tratamiento de 6 hojas macollo⁻¹ con 17 cm \pm 0,92 en comparación con los tra-

tamientos de 3 y 4,5 hojas de 10,8 y 14 cm respectivamente. Dobos *et al.* (2009a, 2009b) relacionan altura de pastoreo con consumo animal demostrando que a 13 cm se presenta el mayor consumo de materia seca, siendo este valor similar a la altura reportada en este estudio con el tratamiento de 4,5 hojas macollo⁻¹. Por otro lado, Sbrissia *et al.* (2003) reportan que al cosechar a 10 cm de altura, el aprovechamiento del forraje será de un 67% debido a la baja acumulación de tallos dentro de la pradera, confirmando así la relación directa entre hoja:tallo.

La proporción de componentes de rendimiento del material cosechado, mostró diferencias en el mes de noviembre en relación a los otros dos meses, coincidiendo con Rautenbach *et al.* (2008), quienes reportan que en temporada de invierno la proporción de láminas en relación a los tallos disminuye. Respecto al material muerto, las diferencias encontradas en el mes de septiembre fueron dadas por la presentación de heladas con -4°C finalizando el mes de agosto, las cuales influyeron sobre el primer mes cosechado en septiembre en las diferentes frecuencias de defoliación.

Rautenbach *et al.* (2008), encuentran una proporción de láminas de 56-65 % que concuerda con lo observado en este estudio 57,78% \pm 2,18 (promedio \pm e.e.). Fulkerson *et al.* (1999), reportan una disminución en la proporción de hojas a medida que se incrementa la frecuencia de defoliación, este fenómeno no fué observado en este estudio donde no se encontró diferencia significativa entre las diferentes frecuencias de defoliación. Las proporciones de hoja (lámina y vainas) vs. tallos se encuentran en un 74,5% vs. 25,4% \pm 0,53 (promedio \pm e.e.) siendo similares entre las diferentes frecuencias de defoliación, manteniendo así una baja proporción de material muerto dentro de la pradera lo que conlleva a una adecuada oferta forrajera para el consumo del animal, considerando un manejo adecuado de defoliación a la altura de 5 cm. Fulkerson *et al.* (2010) demuestran que esta especie debe pastorearse entre 5 a 8 cm de residuo. Fulkerson *et al.* (1999), reportan que a mayores alturas de residuo (12 cm) la proporción de material muerto se incrementa, razón por la cual recomienda pastorear a 5-6 cm con 4 hojas, concordando con la altura reportada para corte en este estudio. Chapman *et al.* (1993), sugieren que al llevarse a cabo pastoreos severos la calidad nutricional de la pradera mejora, no obstante, es necesario buscar el punto óptimo entre elevada calidad nutricional y altas tasas de crecimiento. Con pastoreos adecuados la cantidad de tallos disminuye considerablemente como también el material muerto mejorándose la digestibilidad del forraje.

En este estudio se puede observar que la relación de los componentes del rendimiento no fue diferente en ninguno de los tratamientos dado por el manejo adecuado de la altura de corte y de la capacidad de la

planta para captar la luz (Laca y Lemaire, 2000; Lowe, 2010), permitiendo una calidad nutritiva similar y una baja cantidad de material muerto.

Aunque Reeves *et al.* (1996), reportan una gran caída en la calidad nutricional después de las 4,5 hojas macollo⁻¹, esto se debe a los cambios encontrados en la relación hoja:tallo. Los valores encontrados en este estudio no son similares, ya que la calidad nutricional referida a FDN y FDA no mostraron diferencias significativas en ninguna de las frecuencias de defoliación confirmándose por la homogeneidad de los resultados de la relación hoja:tallo. Los valores de FDN y FDA obtenidos se encuentran por debajo de los reportados por Correa *et al.* (2008), y Marais (2001), sin embargo, similares a los reportados por Miles *et al.* (2000).

Respecto a la PC, Correa *et al.* (2008); Reeves *et al.* (1996); Soto *et al.* (2005), y Vela y Vargas (2009), encuentran valores promedios menores a los obtenidos en este estudio.

Soto *et al.* (2005), al evaluar dosis de fertilización sobre la calidad nutricional de pradera de kikuyu, demuestran que ésta no influye sobre la PC, mientras que Mejía *et al.* (2014) reportan que a medida que se incrementa la fertilización, los valores de PC aumentan alcanzando el 20,04% en praderas de 45 días con dosis de 50 kg N ha⁻¹. Loaiza *et al.* (2016) sugieren que con fertilización y pastoreos intensos la concentración de PC se incrementa hasta un 38%. Whitney (1974) en un estudio realizado con 3 diferentes dosis de fertilización (22, 56 y 168 kg ha⁻¹) con intervalos de aplicación de 10 semanas evaluó rendimiento total, %PC, mostrando que con niveles altos de fertilización (168 kg ha⁻¹) los valores de PC pueden alcanzar 30% a los 30 días y disminuir a partir de los 42 días, mientras que con dosis de 22 y 56 kg ha⁻¹ los valores de PC alcanzan un 20%. Osorio (1996) coincide con Loaiza *et al.* (2016), en que altos niveles de fertilización nitrogenada incrementan la PC por encima de un 25% siendo similar a los resultados obtenidos en este estudio con dosis de fertilización mensual de 44 de N kg ha⁻¹ (Fulkerson, 2007).

Nuestros resultados indican que no habría diferencias importantes al pastorear en cualquiera de las 3 frecuencias de defoliación estudiadas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta otros aspectos antes de recomendar este tipo de estrategias. Fulkerson *et al.* (1999) señalan que las vacas consumen las 2/3 partes de la pradera ofrecida sobre 5 cm de altura equivalentes a un 70-80% de la cobertura total, mientras que Marais (2001) menciona un consumo máximo por vacas de 1.200 kg MS ha⁻¹ en cada pastoreo. García *et al.* (2014) sugieren que las vacas deberán cosechar entre 1.000 y 1.300 kg MS ha⁻¹ en cada pastoreo y Fariña *et al.* (2011) recomiendan una cobertura de fitomasa de 2.600 kg MS ha⁻¹ con un consumo de 1.500 kg MS ha⁻¹ en cada pastoreo. Tomando en consideración las investigaciones men-

cionadas, solo el tratamiento de 6 hojas macollo⁻¹ del presente estudio cumpliría con las cantidades de cobertura de fitomasa de 2.600 kg MS ha⁻¹ y de consumo de 1.500 kg MS ha⁻¹. Por otra parte, las cantidades de forraje ofrecidas a un animal siempre estarán limitadas por la cantidad de fibra que este contenga. Más aún en praderas como kikuyu en donde la producción está restringida por el consumo de forraje dado por las cantidades de FDN altas que esta especie contiene. Correa *et al.* (2008); Kolver y Muller (1998); Marais (2001) sugieren cantidades máximas de consumo de kikuyu de 13 kg MS vaca⁻¹ d⁻¹, dado por el 1,2, 1,5 a 1,6% del peso vivo de FDN, mientras que Henning *et al.* (1995) reportan consumos de hasta 15,7 kg MS vaca⁻¹ d⁻¹ equivalente al 2,8% del peso vivo. García *et al.* (2014) confirman que ésto podría ser incierto, ya que estudios han demostrado la habilidad de algunas vacas para consumir valores mayores al 2% de su peso vivo en FDN dado por la digestibilidad ruminal de la materia orgánica en las diferentes especies forrajeras, mostrándose una digestibilidad por encima del 85% en gramíneas C3 (*Avena spp.* y *Lolium spp.*) y una hasta del 59 - 62% en gramíneas C4 (*P. clandestinum*).

Con los valores reportados en este estudio, se podría obtener consumos de 13 kg MS para un animal de 600 kg sin importar la frecuencia de defoliación dado por las similares concentraciones de FDN presentadas en las tres defoliaciones (54%) equivalentes al 1,2% del peso vivo (Mertens, 1987).

En el presente estudio no se analizó la digestibilidad, pero si es importante destacar la similar calidad nutricional encontrada en todos los tratamientos y la homogénea relación hoja:tallo de las diferentes defoliaciones, siendo estos parámetros fundamentales en el momento de una buena utilización de la pradera y un adecuado consumo del animal.

Aunque la hipótesis planteada en este estudio no se cumplió al no presentarse un incremento en el rendimiento de fitomasa y en la proporción de lámina con una menor calidad nutritiva al disminuir la frecuencia de defoliación en el *P. clandestinum*, debe resaltarse que esto pudo estar influenciado por el manejo adecuado de las defoliaciones respetando la altura de residuo de 5-6 cm para obtener una buena calidad nutricional dada por la relación hoja:tallo.

CONCLUSIONES

La frecuencia de defoliación como estrategia de pastoreo en la especie *P. clandestinum* en condiciones similares a las reportadas en esta investigación bajo riego y fertilización, sugieren la utilización de esta gramínea dentro del rango de frecuencia de defoliación de 4,5 y 6 hojas macollo⁻¹ donde se reportan la mejor calidad nutritiva dada por la homogénea relación existente de hoja:tallo a una altura de ingreso a pastoreo de 14 a

17,5 cm con una fitomasa total entre 2.350 a 2.900 kg MS ha⁻¹ y una altura residual de 5 cm.

Se sugiere para próximas investigaciones con esta especie, evaluarla bajo diferentes altitudes y temperaturas por un mayor período de tiempo comparándola bajo condiciones naturales de humedad y fertilidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Hacienda Casa Vieja (Santa Rosa de Viterbo, Boyacá) por proporcionar las instalaciones y apoyo financiero al programa y al laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja, Boyacá) por facilitar las instalaciones y equipos para el procesamiento de muestras de esta investigación.

REFERENCIAS

- Awad, A.S., Edward, D.G., Milham, P.J., 1976. Effect of soil pH and phosphate on soluble aluminium and on growth and composition of kikuyu grass. *Plant and Soil* 45, 531-542.
- AOAC, 1996. Official Methods of Analysis of AOAC International 16th ed. Método 973.18. Gaithersburg MD, USA.
- Bateman, J.V., 1970. Nutrición Animal: Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero Hermanos, México, pp. 463-468.
- Barbosa, R., Domicio, J.R., Helio, V., Carneiro Da Silva, R., Valeiria, P., Batista, E., Sbrissia, A., Sousa, B., 2011. Morphogenic and structural characteristic of guinea pastures submitted to three frequencies and two defoliation severities. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40, 947-954.
- Bernal, J., 2008. Pastos y Forrajes Tropicales. 5^a Ed. Manejo de Praderas. Stilos Impresoras Ltda. Bogotá, Colombia, pp. 385-420.
- Bernal, E., 2014. Geografía Cultural de Boyacá. Aspectos físico-bióticos y clasificación del suelo. Recopilación datos de FAO, INCORA, CAR y IGAC. http://www.boyacacultural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=25
- Briske, D.D., Richards, J.H., 1994. Physiological responses of individual plants to grazing: current status and ecological significance. Ecological implications of livestock herbivory in the west. *Society for Range Management*, Denver, pp. 147-176.
- Botha, P.R., Meeske, R., Snyman, H.A., 2008a. Kikuyu over-sown with ryegrass and clover: dry matter, production botanical and nutritional value. *African Journal of Range and Forage Science* 25(3), 93-101.
- Botha, P.R., Meeske, R., Snyman, H.A., 2008b. Kikuyu over-sown with ryegrass and clover: grazing capacity, milk production and milk composition. *African Journal of Range and Forage Science* 25(3), 103-110.
- Colman, R.L., Kaiser, A., 1974. The effect of stocking rate on milk production from Kikuyu grass pastures fertilized with nitrogen. *Journal of Animal Science* 14, 155-160.
- Correa, C., Pabón, M.L., Carulla, J.E., 2008. Valor nutricional del pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov) para la producción de leche en Colombia: Una revisión: I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development* 20(4). <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm>
- Chacón, E., Stobbs, T.H., 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 27, 709-727.
- Chapman, D.F., Lemaire, G., 1993. Interaction between plant physiology and pasture feeding value: a review. *Crop and Pasture Science* 65, 721-734.
- Chapman, D.F., Lee, J.M., Waghorn, G.C., 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceeding Grasslands for our world. Proc. 17th International Grasses Congress Hamilton, New Zealand Grassland Association*. pp. 95-104.
- Crush, J.R., Rowarth, J.S., 2007. The role of C4 grasses in New Zealand pastoral systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 50, 115-137.
- Dobos, R.C., Fulkerson, W.J., Sinclair, K., Hinch, G.N., 2009a. Grazing behaviour and pattern of intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) grass pastures in relation to sward height and length of grazing session. *Animal Production Science* 49, 233-238.
- Dobos, R.C., Sinclair, K., Hinch, G.N., Fulkerson, W.J., 2009b. Frequency distribution of sward height of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) grass pastures intensively grazed by dairy cows. *Animal Production Science* 49, 574-585.
- Dood, M.B., Newton, P.C.D., Liefferring, M., Luo, D., 2010. The responses of three C4 grasses to elevated and CO₂ in the field. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 72, 61-66.
- Fariña, S.R., García, S.C., Fulkerson, W.J., 2011. A complementary forage system whole-farm study: forage utilization and milk production. *Animal Production Science* 51(5), 460-470.
- Fulkerson, B., 2007. Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Future Dairy*, Tech note, pp. 1-7. <http://futuredairy.com.au/wp-content/uploads/2016/02/TechNoteKikuyu.pdf>
- Fulkerson, B., Griffiths, N., Sinclair, K., Beale, P., 2010. Milk production from Kikuyu grass based pastures. *Prime Facts*, Australia, pp. 2-13. <http://www.jingeri.com/wp-content/uploads/2014/11/Milk-production-from-kikuyu-grass-based-pastures.pdf>
- Fulkerson, W.J., Slack, K., Havilah, E., 1999. The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical Grasslands* 33, 138-145.
- García, S.C., Islam, M.R., Clark, C.E.F., Martin, P.M., 2014. Kikuyu-based pasture for dairy production: a review. *Crop and Pasture Science* 65(8), 787-797.
- Gobernación de Boyacá, 2014. Aspectos Geográficos de Boyacá, Colombia. <http://www.boyaca.gov.co/prensa-publicaciones/mi-boyac%C3%A1/aspectos-geograficos>
- Herrero, M., Fawcett, R.H., Silveira, V., Busqué, J., Bernués, A., Dent, J.B., 2000a. Modelling the growth and utilization of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 2. Model definition and parameterization. *Agricultural Systems* 65, 73-97.
- Herrero, M., Fawcett, R.H., Dent, J.B., 2000b. Modelling the growth and utilization of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 2. Model validation and analysis of management practices. *Agricultural Systems*

- 65, 99-111.
- Henning, W.P.H., Barnard, H.H., Venter, J.J., 1995. Effect of grazing cycle on milk production of cows on kikuyu pastures. *South African Journal of Animal Science* 25(1), 7-12.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2015. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos de Colombia. <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/1772>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1995. Suelos de Colombia. Bogotá, Colombia, pp. 5-18.
- Kolver, E.S., Muller, L.D., 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 81, 1403-1411.
- Laca, E., Lemaire, G., 2000. Field and Laboratory methods for grassland and animal production research. Measuring sward structure. Capítulo 5. Cabi Publishing. New York, USA, pp. 104-110.
- Loaiza, P., Balocchi, O.A., Bertrand, A., 2016. Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate. *Grass and Forage Science* (Published On-line doi: 10.1111/gfs.12258).
- Lowe, K.F., Bowdler, T.M., Sinclair, K., Holton, T.A., Skabo, S.J., 2010. Phenotypic and genotypic variation within populations of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) in Australia. *Tropical Grasslands* 44, 84-94.
- Ludlow, M., 1985. Photosynthesis and dry matter production in C₃ and C₄ pasture plants, with special emphasis on tropical C₃ legumes and C₄ grasses. *Australian Journal of Plant Physiology* 12, 557-572.
- Marais, J.P., 2001. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*): a review. *Tropical Grasslands* 35, 65-84.
- Mertens, D.R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science* 64, 1548-1558.
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., 2002. *Nutrition animal*. Gosport, England.
- Mears, P.T., 1970. Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) as a pasture grass: a review. *Tropical Grasslands* 4, 2.
- Mejía, A.C., Ochoa, R., Medina, M., 2014. Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto en la calidad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst Ex Chiov). *Pastos y Forrajes* 37(1), 31-37.
- Miles, N., Thurtell, L., Riekert, S., 2000. Quality of Kikuyu herbage from pastures in the Eastern Cape coastal belt of South Africa. *South African Journal of Animal Science* 30 (Supplement 1), 85-86.
- Municipio de Duitama, 2014. Sistema de Información Oficial, Colombia. http://www.duitama-boyaca.gov.co/indicadores_anuales.shtml?apc=bexx-1-&x=2998187
- Muscolo, A., Panuccio, M.R., Eshel, A., 2013. Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. *Environmental and Experimental Botany* 92(1), 55-63.
- Osorio, F., 1996. Efecto de la condición corporal sobre la producción y reproducción en ganado lechero. *Avances tecnológicos de la producción lechera*, Finca S.A, Colombia, pp. 21-26.
- Ortega, S., Acevedo, C., 1999. Programación del riego en sistemas por surco y goteo, Comisión Nacional de Riego, Universidad de Talca, Chile, pp. 17-20. <http://www.citrautalca.cl/intranet/archivos/1164912291.pdf>
- Rautenbach, E., Van Ryssen, J.B.J., Van Niekerk, W.A., 2008. Changes in nutrient composition of kikuyu foggage as winter progressed. *South African Journal of Animal Science* 38, 342-349.
- Reeves, M., Fulkerson, W.J., Kellaway, R.C., 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*). *Australian Journal of Agricultural Research* 47(8), 1349-1359.
- Read, J.W., Fulkerson, W.J., 2003. Managing kikuyu for milk production; Agfacts P 2.5.3, 3th Ed. State of New South Wales, NSW Agriculture. pp. 2-4. https://www.google.cl/?gfe_rd=cr&ei=zDtIVaCFKsrhwATbnIDoDw&gws_rd=ssl#q=Managing+kikuyu+for+milk+production+Agfact+P2.5.3%2C+third+edition%2C+revised+March+2003+JW+Read1+WJ+Fulkerson
- Sbrissia, A., Euclides, V.P.B., Barbosa, R.A., Montagner, D.B., Padilha, D.A., Santos, G.T., Zanini, G.D., Duchini, P.G., Da Silva, S.C., 2013. Grazing management flexibility in pastures subjected to rotational stocking management: herbage production and chemical composition of kikuyu-grass sward. *Proceedings 22nd International Grassland Congress*, Australia, pp. 1038-1040. <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/2013/proceedings-22nd-igc.pdf>
- Sinclair, K., Lowe, K.F., Pembleton, K.G., 2007. Effect of defoliation interval and height on the growth and quality of *Arachis pintoii* cv. Amarillo. *Tropical Grasslands* 41(4), 260-268.
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R.D., Correa, H.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(1), 17-26.
- Vander Colf, J., Botha, P.R., Meeske, R., Truter, W.F., 2013. The production potential of Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) over-sown with ryegrass (*Lolium spp.*) in a no-till system. *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress*, Australia, pp. 476-478. <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/2013/proceedings-22nd-igc.pdf>
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597.
- Vela, J., Vargas, R., 2009. Caracterización de la dinámica de producción de materia seca del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) asociado con árboles y en pastoreo para producción de leche en el trópico colombiano. *Revista Ciencia Animal* 2, 27-40.
- Whitney, A.S., 1974. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. II. Regrowth characteristics in relation to nitrogen fertilization and climate. *Agronomy Journal* 66(6), 763-767.
- Zhai, L., Feng, Q., Li, Q., Xu, C., 2010. Comparison and modification of equations for calculating evapotranspiration (ET) with data from Gansu province, Northwest China. *Irrigation and Drainage* 59, 477-490.