



Agronomía Mesoamericana
ISSN: 1021-7444
ISSN: 2215-3608
pccmca@ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto¹

Mejía-Díaz, Estefanía; Mahecha-Ledesma, Liliana; Angulo-Arizala, Joaquín

Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto¹

Agronomía Mesoamericana, vol. 28, núm. 2, 2017

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43750618005>

DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto¹

Dry matter intake in a silvopastoral system of *T. diversifolia* in high tropics

Estefanía Mejía-Díaz

Universidad de Antioquia, Colombia

estefamejia.diaz@hotmail.com

DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43750618005>

Liliana Mahecha-Ledesma

Universidad de Antioquia, Colombia

liliana.mahecha@udea.edu.co

Joaquín Angulo-Arizala

Universidad de Antioquia, Colombia

joaquin.angulo@udea.edu.co

Recepción: 12 Mayo 2016

Aprobación: 06 Septiembre 2016

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo fue estimar el consumo de materia seca de forraje (CMSf) por vacas holstein bajo pastoreo. La investigación se llevó a cabo en el altiplano norte de Antioquia; se empleó un sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* y *Cenchrus clandestinum* (SSP) y un monocultivo de *C. clandestinum*. Se estimó el CMSf por diferentes metodologías y la relación de consumo kikuyo:botón de oro; también se determinó la intercambiabilidad de dos metodologías. Se llevaron a cabo dos ensayos, en el primero se utilizó el SSP sin ramoneo de botón de oro y el monocultivo; en el segundo se utilizaron los mismos sistemas con la diferencia que para el SSP los animales ramonearon la arbustiva. Se utilizaron doce vacas holstein lactantes aleatorizadas en los dos sistemas. El CMSf se estimó por los métodos indicadores (I), agronómico (A) y comportamiento al pastoreo (C), el método I fue el de referencia. En el Ensayo 1 se observó un mayor CMSf en el SSP, con un promedio de 14,7 kg/día ($p<0,05$); en el Ensayo 2 no se evidenció diferencia en el CMSf, con un promedio de 13,3 kg/día ($p>0,005$). La relación de consumo kikuyo:botón de oro fue de 95:5. El coeficiente de correlación de concordancia entre los métodos I y C cercano a 0 demostró que no son intercambiables. Los resultados sugieren que el SSP evaluado ofreció suficiente forraje para garantizar un óptimo CMSf.

PALABRAS CLAVE: *Cenchrus clandestinum*, hábitos alimentarios, forraje, sistemas de pastoreo.

ABSTRACT:

The aim of this study was to estimate the intake of dry matter forage (CMSf) by grazing holstein cows. The research was conducted in northern Antioquia highlands; a silvopastoral system with *Tithonia diversifolia* and *Cenchrus clandestinum* (SSP) and a monoculture *C. clandestinum* were used. Were estimated the CMSf by different methodologies and kikuyu:wild sunflower consumption relation, also the interchangeability of two methodologies was determined. There were two conducted trials, in the first trial SSP was used without browsing of wild sunflower and monoculture; in the second trial the same system was applied, with the difference that for the SSP animals browsed the shrubby by themselves. Twelve random infant holstein cows were used in the two systems. CMSf was estimated by indicators (I), agronomic (A) and grazing behavior (C) methods, method I was the reference. In trial 1 more CMSf was observed in the SSP, with an average of 14.7 kg/day ($p<0.05$); trial 2 showed no difference in the CMSf, with an average of 13.3 kg/day ($p>0.005$). The kikuyu:wild sunflower consumption relation was 95:5. The correlation coefficient of concordance between the methods I and C near to 0 shown that they are not interchangeable. The results suggest that the SSP evaluated supplied sufficient forage to ensure optimal CMSf.

KEYWORDS: *Cenchrus clandestinum*, eating habits, forage, grazing systems.

NOTAS DE AUTOR

joaquin.angulo@udea.edu.co

INTRODUCCIÓN

La producción de leche en sistemas especializados está íntimamente relacionada con factores como la capacidad genética de los animales, actividades de manejo, estado sanitario del hato y plan de alimentación, considerando dentro de este último factor, la cantidad de nutrientes consumidos como la principal limitante para una producción eficiente (Velez, 2011; Gaviria et al., 2015).

La implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) con múltiples estratos de pastoreo se han presentado como una alternativa de producción sostenible, en donde se evidencia una mejora en la cantidad y calidad nutricional de los forrajes ofertados (Mahecha et al., 2000). Sin embargo, es común encontrar que en estos sistemas de producción no se cuantifica la cantidad de forraje que consumen los animales en pastoreo, siendo el pasto la principal fuente de alimentación para los bovinos.

El consumo de materia seca (CMS) es de importancia en la nutrición bovina, especialmente en animales en pastoreo, ya que establece la cantidad de nutrientes disponibles para la salud, reproducción y producción animal (NRC, 2001). Es por esto que la estimación del CMS, aparte de ser considerada como un indicador de la capacidad productiva y el estado nutricional de los animales en pastoreo, se hace necesaria en estos sistemas de producción para evitar una subalimentación, lo que restringiría la producción e incrementaría los costos, debido a los bajos índices de transformación del alimento en productos de origen animal (Sánchez-Chopa et al., 2012; Gaviria et al., 2015).

Existen diversas técnicas que pueden ser utilizadas para la estimación del CMS en sistemas silvopastoriles (SSP), entre ellas se encuentran el método agronómico, la técnica basada en el comportamiento al pastoreo y el método de indicadores externos e internos (Reis et al., 2015). Es importante tener en cuenta que todas las técnicas poseen algún tipo de limitación, ya sea en precisión, tiempo y costo; en el caso del método agronómico la limitante consiste en que se debe considerar que la estimación representada es un promedio del consumo de forraje del lote de animales que pastorea un área específica; el método de comportamiento al pastoreo tiene como principal limitante el alto coeficiente de variación que pueden presentar los resultados, en donde autores como Mejía (2002) mencionan una variación hasta del 50% en los resultados, por lo que, esto indica una baja precisión de la técnica. La principal limitante para el método de indicadores, es el alto costo en que se incurre por animal. Teniendo en cuenta lo anterior, no es posible referirse a una determinación exacta de consumo, sino que es más adecuado hablar de un índice estimativo de la cantidad de forraje consumido en pastoreo (Mejía, 2002).

El presente trabajo tuvo como objetivo estimar el consumo de materia seca de forraje (CMSf) por vacas holstein bajo pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar experimental

La investigación se llevó a cabo en La Hacienda La Montaña propiedad de la Universidad de Antioquia, la cual se encuentra ubicada en el Municipio de San Pedro de los Milagros, en la vereda Monterredondo, a una altura entre 2350 y 2500 msnm, con una temperatura promedio de 15 °C. Según la clasificación de Holdridge (1966), la zona se clasifica ecológicamente como bosque húmedo montano bajo (bh-MB).

Tratamientos

Sistema silvopastoril (SSP): utilizado tenía un área total de 1,4 ha y estaba compuesto por surcos lineales de arbustos de botón de oro (*T. diversifolia*) asociados a pasto kikuyo (*C. clandestinum*). El pastoreo en dicho sistema se realizó mediante rotación de franjas de 380 m² en promedio, con un día de ocupación y 35 días de descanso para el pasto y setenta para el arbusto. Al no coincidir los períodos de descanso de la gramínea y de la arbustiva, se diseñó una estrategia que permitió realizar por cada dos rotaciones del pasto kikuyo una

rotación del botón de oro. Esta estrategia consistió en la protección de los surcos de botón de oro mediante cinta eléctrica para la segunda rotación del kikuyo, asegurándose de esta manera que los animales no tuvieran acceso a las arbustivas. El SSP se estableció en el mes de marzo del año 2014, los arbustos se sembraron con tierra micorrizada comercial y el pasto kikuyo se fertilizó con urea. A partir de ese momento y durante el desarrollo de esta investigación, el SSP no recibió ningún tipo de fertilización química u orgánica.

Sistema monocultivo (MONO): contaba con un área de 1,4 ha y estaba compuesto únicamente por pasto kikuyo. Se realizó un pastoreo rotacional por franjas con áreas en promedio de 380 m², con un día de ocupación y 35 días de descanso. Este sistema se fertilizó en cada rotación con fertilizante comercial con alto contenido de nitrógeno (42-0-5) a razón de 52,73 kg N/ha, y con fertilizante orgánico (bovinaza) (Lafaux et al., 2015), de acuerdo con el manejo tradicional de la finca.

Período experimental

Ensayo 1: se llevó a cabo entre el mes de marzo y abril de 2015 y tuvo una duración de 36 días. Los tratamientos utilizados fueron un SSP con botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) y un sistema monocultivo de kikuyo. Los animales que se encontraban en el SSP solo tuvieron acceso al consumo de la gramínea, la arbustiva se protegió con cinta eléctrica. En ambos tratamientos se suministró alimento concentrado acorde a la producción de leche de cada animal, con una relación leche:concentrado de 3,71:1

Ensayo 2: se llevó a cabo en el mes de mayo de 2015, con una duración de veintiséis días. Los tratamientos consistieron en los mismos sistemas de producción descritos en el ensayo 1, teniendo como modificación que los animales que se encontraban en el SSP tuvieron acceso a la gramínea y a la arbustiva. En el MONO, se intensificó la fertilización orgánica. Se suministró igualmente alimento concentrado en ambos tratamientos, pero para este ensayo se utilizó una ración única independiente de la producción individual; se suministraron 8 kg por animal por día.

Para ambos ensayos, en la mitad del período experimental, día dieciocho y trece respectivamente, se realizó un intercambio de los animales entre tratamientos en el cual los animales que se encontraban pastoreando el SSP pasaron a pastorear el MONO y viceversa.

Animales experimentales

Se seleccionaron aleatoriamente doce vacas holstein lactantes para los dos tratamientos (seis cada uno), (Cuadro 1). Los animales se ordeñaron dos veces al día mediante ordeño mecánico, suministrándose en cada ordeño una ración de alimento concentrado como se especificó en la descripción de cada uno de los ensayos. El alimento concentrado utilizado en los dos ensayos correspondió a un mismo lote y tuvo un contenido de proteína cruda de 14,12%, energía neta de lactancia (Enl) de 1,8 Mcal/kg, fibra detergente neutro (FDN) de 18,8%, calcio de 1,78% y fósforo de 0,34%.

CUADRO 1
Características iniciales de los animales experimentales,
media y desviación estándar. Antioquia, Colombia. 2015.

		Peso (kg)	Nº de partos	Días en leche	Promedio de producción (l/día)	Grasa láctea (%)
Ensayo 1	SSP (sin botón de oro)	529 ± 17,8	3,8 ± 1,9	101 ± 26,8	26,7 ± 3,7	3,9 ± 0,6
	MONO	518 ± 46,9	3,8 ± 1,8	99,2 ± 24,3	27 ± 3,9	3,8 ± 0,5
Ensayo 2	SSP (con botón de oro)	537 ± 40,4	4 ± 2,0	112,7 ± 38,3	25,9 ± 4,6	3,9 ± 0,5
	MONO	548 ± 16,6	3,8 ± 1,9	110,7 ± 26,1	25,8 ± 4,2	3,8 ± 0,3

SSP: sistema silvopastoril; MONO: monocultivo / SSP: silvopastoral system; MONO: monoculture.

Table 1. Initials characteristics of the experimental animals, mean and standard deviation. Antioquia, Colombia. 2015.

Variables evaluadas

Consumo de materia seca de forraje (CMSf)

El consumo de materia seca de forraje (CMSf) se estimó usando los métodos de indicadores, agronómico y de comportamiento al pastoreo, los cuales se describirán a continuación.

Método de indicadores: con este método se estimó la producción de heces (indicador externo) y la digestibilidad del alimento (indicador interno) (Cordova et al., 1978). Para estimar la producción de heces se utilizó el óxido de cromo, el cual fue suministrado a cada animal experimental. El indicador se ofreció durante doce días en forma de pellet, con un contenido exacto de 10 g dos veces por día (en cada uno de los ordeños). Los primeros siete días, correspondieron al período de adaptación para lograr una excreción constante del indicador en las heces (Chamberlain y Thomas, 1983). A partir del octavo día de administración del óxido de cromo, se recolectaron dos muestras de heces por animal por día durante cinco días, obteniendo una muestra compuesta por animal. En el laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín se llevaron a cabo los análisis de concentración de cromo, los cuales se hicieron en los forrajes, en el alimento concentrado y en las heces. Para estimar la producción de heces con el indicador externo, fue necesario realizar una recolecta total de heces siguiendo la metodología descrita por Correa et al. (2009), con el objetivo de determinar la tasa de recuperación del óxido de cromo y ajustar la estimación por este parámetro.

Como indicador interno, se utilizó la lignina detergente ácido (LDA), la cual fue analizada en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Antioquia. La LDA se determinó igualmente en el forraje, en el alimento concentrado y en las heces.

$$\text{Producción de heces (gMS/d)} = \text{Cr suministrado (g/día)} \times \text{Tasa recuperación / g de Cr en heces} \quad (\text{Mejía, 2002})$$

$$\text{Consumo materia seca forraje (g/día)} = \text{LF} \times 100 / \% \text{LigF}$$

$$\text{LF} = \text{LH} - \text{LC}$$

$$\text{LH} = \% \text{LigH} \times \text{PH}$$

$$\text{LC} = \% \text{LigC} \times \text{consumo de concentrado (g)}$$

Donde:

LF: lignina en forraje (g)

%LigF: % de lignina del forraje

LH: lignina en heces (g)

LC: lignina del alimento concentrado (g)

PH: producción de heces (g)

Método agronómico: para estimar el CMSf se estableció la cantidad de forraje verde ofrecida a los animales y la cantidad de forraje remanente después del pastoreo, asumiendo que la diferencia entre el aforo de entrada y el de salida fue la cantidad de forraje consumido por los animales. Para el aforo de la gramínea se utilizó la metodología del aforo de doble muestreo descrita por Haydock y Shaw (1975), para el de la arbustiva se llevó a cabo una adaptación de la metodología propuesta por Mahecha et al. (2000), la cual consistió en seleccionar tres estratos o arbustos en el potrero para recolectar todas las hojas y tallos tiernos presentes en cada uno de los arbustos. Se calificaron de manera visual cada uno de los arbustos presentes en el área a aforar, de acuerdo con los estratos establecidos. Por último, se procedió a realizar el análisis de regresión lineal, obteniendo de esta manera la disponibilidad de forraje verde por arbusto.

En el caso del SSP, el CMSf del kikuyo y del botón de oro se estimó de manera independiente, pero dichos resultados se compilaron para obtener la estimación del CMSf total de este sistema de producción.

Estimación de la relación de pasto kikuyo:botón de oro: a partir de las estimaciones del consumo de forraje que se realizaron mediante el método agronómico en el SSP durante el segundo ensayo, se estimó la relación de pasto kikuyo:botón de oro consumida.

Comportamiento al pastoreo: para estimar el CMSf con esta metodología, se utilizó la de observación directa, para lo cual en cada sistema de producción se encontró un observador (capacitado previamente), quien fue el encargado de determinar los hábitos de comportamiento diurno y nocturno de cada uno de los

animales experimentales. Las mediciones se realizaron de forma alterna durante dos días y dos noches en cada ensayo. Las mediciones diurnas se realizaron desde las 06:00 horas hasta las 18:00 horas y las nocturnas desde las 18:00 horas hasta las 06:00 horas del día siguiente. Durante el tiempo que los animales permanecieron en el potrero, se registraron cada diez minutos cuál de las principales actividades comportamentales se encontraba haciendo cada animal experimental, pastoreando o ramoneando, rumiando, descansando, tomando agua o caminando. El número de bocados y el peso de cada bocado se evaluaron cada media hora por un período de 30 s (contabilizados con un cronómetro); el bocado se estimó de acuerdo con la metodología del “hand plucking” (Halls, 1954), la cual consistió en simular de manera manual un bocado, recolectando de esta manera las estructuras vegetales que el animal consumió. Previo a los períodos de evaluación, se adaptaron los animales a la presencia del observador con el fin de que estos no alteraran su comportamiento.

Composición química de la dieta y consumo de nutrientes

Se comparó la composición química de la dieta y el consumo de nutrientes entre tratamientos, teniendo en cuenta el análisis bromatológico del forraje y del alimento concentrado, y el consumo de materia seca estimado mediante el método de indicadores. Se determinó el contenido de proteína cruda (PC), mediante el procedimiento descrito por la AOAC (2005), el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) por los procedimientos descritos por Van-Soest y Robertson (1985) y lignina detergente ácido (LDA), mediante una adaptación al método descrito por Van-Soest y Robertson (1985). El contenido de Enl se estimó con la fórmula de la NRC (2001) a partir del contenido de nutrientes digestibles totales. En una muestra de óxido de cromo y en las heces, se determinó la concentración de cromo (Cr) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica (Williams et al., 1962).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos por los métodos de indicadores y de comportamiento al pastoreo se analizaron mediante un diseño rectángulo latino con dos tratamientos (SSP y MONO), dos períodos de medición y doce unidades experimentales.

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + P_j + S_k + E_{l(ijk)}$$

Donde:

Y_{ijkl} : variable dependiente o respuesta.

μ : media general.

V_i : efecto fila (vaca).

P_j : efecto columna (período).

S_k : efecto del tratamiento o sistema.

$E_{l(ijk)}$: error experimental.

Para el método agronómico se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{j(i)}$$

Donde:

Y_{ij} : variable dependiente o respuesta.

μ : media general.

T_i : efecto del tratamiento.

$E_{j(i)}$: error experimental.

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (versión 9), mediante procedimientos de ANOVA, incluyendo la composición química de la dieta y el consumo de nutrientes. Se comprobaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad y no aditividad mediante las pruebas de Shapiro-Wilk, Cochran y Tukey, respectivamente.

La comparación entre los métodos de indicadores y de comportamiento al pastoreo se realizó mediante un análisis del coeficiente de correlación de concordancia, con el objetivo de evaluar su intercambiabilidad,

utilizando el comando “epi.ccc” del programa R Project y apoyándose en el método gráfico de Bland y Altman (1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de materia seca de forraje (CMSf) y de nutrientes, y composición química de la dieta en los sistemas evaluados

Ensayo 1

El consumo de materia seca de forraje (CMSf), estimado por el método de indicadores, se ajustó por porcentaje de recuperación del indicador externo determinado en la presente investigación, el cual fue de 80,4%, valor que estuvo dentro del rango de 79,4 y 85,7% reportado por otros autores (Phar et al., 1970; Correa, 2009).

Es importante resaltar la consistencia de los resultados obtenidos con las tres metodologías en ambos ensayos, existiendo diferencia significativa en el CMSf entre tratamientos en el ensayo 1 con las tres metodologías evaluadas ($p<0,05$) (Cuadro 2), evidenciándose un mayor CMSf en el SSP.

CUADRO 2

Consumo de materia seca de kikuyo (kg/animal/día) por animal experimental en el ensayo 1, donde los animales no consumieron botón de oro. Antioquia, Colombia. 2015.

	SSP	MONO	p-value	CV
Indicadores	14,7	12,5	0,0264	20,89
Agronómico	13,3	10,91	0,032	24,82
Comportamiento	4,98	4,05	0,0011	22,26

SSP: sistema silvopastoril; MONO: monocultivo; CV: coeficiente de variación / SSP: silvopastoril system; MONO: monoculture; CV: coefficient of variation.

Table 2. Kikuyu dry matter intake (kg/animal/day) for experimental animal in trial 1, where animals that didn't consume wild sunflower. Antioquia, Colombia. 2015.

La diferencia observada en el CMSf en este ensayo es atribuido principalmente a la concentración de materia seca (MS) del pasto kikuyo de ambos tratamientos, la cual fue de 14 y 11,9% para el SSP y monocultivo, respectivamente, viéndose afectado el consumo voluntario de MS en los animales del monocultivo debido al mayor contenido de agua en los forrajes, lo que genera un efecto de saciedad y por consiguiente, una disminución en la ingesta de la gramínea. De esta manera, los animales que pastorearon en el SSP pudieron llenar en mayor proporción los requerimientos nutricionales para mantenimiento y producción, a partir del consumo voluntario de forraje, lo que le permite al animal tener unas mejores condiciones ruminales favoreciendo, a su vez, los procesos fermentativos (Villalobos y Sánchez, 2010), y traduciéndose este mayor consumo en una mayor eficiencia productiva como lo refleja la correlación positiva ($r= 0,86$) existente entre el CMS y el nivel de producción de leche arrojado por Betancur y Trujillo (2004).

En este primer ensayo es importante resaltar como el monocultivo de kikuyo, produjo una inferior concentración de MS en la gramínea. Mientras que en el SSP, sin fertilización alguna, la introducción de diferentes estratos de pastoreo, permitió una mejor interrelación de los componentes vegetales, favoreciendo las condiciones bióticas y abióticas del suelo, lo que se vio reflejado en la calidad composicional de la pastura (Martín y Rivera, 2015).

En los Cuadros 3 y 4 se presenta la composición química de la dieta y el consumo de nutrientes estimado por el método de indicadores para los dos tratamientos en el ensayo 1. Se encontró diferencia significativa en la composición química de la dieta entre tratamientos. La PC, LDA y energía fueron mayores en la dieta de los animales que pastoreaban en el monocultivo, mientras que FDN y FDA fueron mayores en la dieta de los animales del SSP, y no hubo diferencia significativa en el contenido de MS de las dietas (Cuadro 3). La ingesta de nutrientes mostró diferencias significativas entre tratamientos, con un mayor consumo de MS, FDN, FDA y energía en el SSP, sin diferencias para la PC y LDA (Cuadro 4).

CUADRO 3

Calidad composicional de las dietas ofrecidas en el ensayo de los animales no consumieron botón de oro (ensayo 1), de acuerdo con el consumo de forraje y alimento concentrado (media y desviación estándar). Antioquia, Colombia. 2015.

	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)	EB (cal/g)
SSP	35,6 ± 3,5	18,5b ± 0,3	47,7a ± 2,0	20,4a ± 0,9	2,3b ± 0,07	4063,3b ± 3,3
MONO	35,5 ± 4,8	20,7a ± 0,6	45,6b ± 2,4	19,7b ± 1,2	2,4a ± 0,1	4118,4a ± 9,4

SSP: sistema silvopastoril; MONO: monocultivo; MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; LDA: lignina detergente ácido; EB: energía bruta / SSP: silvopastoral system; MONO: monoculture; MS: dry matter; PC: crude protein; FDN: neutral detergent fiber; FDA: acid detergent fiber; LDA: acid detergent lignin; EB: gross energy.

Table 3. Compositional quality of diets offered in the trial where animals didn't consume wild sunflower (test 1), according to the consumption of forage and concentrate feed (mean and standard deviation). Antioquia, Colombia. 2015.

CUADRO 4

Estimación del consumo de nutrientes por los animales experimentales que no consumieron botón de oro (ensayo 1) (media y desviación estándar). Antioquia, Colombia. 2015.

	MS (kg/animal/ día)	PC (kg/animal/ día)	FDN (kg/animal/ día)	FDA (kg/animal/ día)	LDA (kg/animal/ día)	EB (Mcal/ animal/día)
SSP	20,7a ± 2,3	3,8 ± 0,5	9,9a ± 1,4	4,2a ± 0,6	0,47 ± 0,06	84,2a ± 9,6
MONO	18,4b ± 2,6	3,8 ± 0,6	8,3b ± 1,6	3,6b ± 0,7	0,44 ± 0,08	75,8b ± 10,9

SSP: sistema silvopastoril; MONO: monocultivo; MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; LDA: lignina detergente ácido; EB: energía bruta / SSP: silvopastoral system; MONO: monoculture; MS: dry matter; PC: crude protein; FDN: neutral detergent fiber; FDA: acid detergent fiber; LDA: acid detergent lignin; EB: gross energy.

Table 4. Estimation of nutrients intake by experimental animals that didn't consume wild sunflower (test 1) (mean and standard deviation). Antioquia, Colombia. 2015.

El mayor consumo de MS en el ensayo 1 en el SSP podría explicarse por el menor contenido de LDA en la dieta. Según la NRC (2001), la LDA es utilizada como indicador nutricional de los forrajes, ya que esta fracción se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos. Sin embargo, con la determinación de la LDA se puede observar que en el ensayo 1 la dieta del sistema monocultivo fue la que presentó un mayor contenido de esta fracción. La LDA podría inhibir la acción de los microorganismos ruminales, obteniendo una menor digestibilidad de la MS y por ende, un menor consumo (Cruz y Sánchez, 2000). De igual forma, la fracción de FDA del SSP estuvo compuesta en una mayor proporción por celulosa del monocultivo, la cual puede ser utilizada en los procesos de fermentación microbiana, aportando parte de la energía que requiere el animal.

El mayor contenido de fibra (FDN y FDA) en la dieta del SSP en el ensayo 1, se vio reflejado en un mayor consumo de estos compuestos. Aunque existe una correlación negativa entre la FDN y el CMSf, en este

ensayo se evidenció que el contenido de FDN en la dieta no fue limitante para el consumo, ya que los animales consumieron aproximadamente 1,5% de FDN con respecto al peso vivo, valores que se encuentran dentro de lo reportado por Mertens (1973) para vacas lecheras en pastoreo, quien mencionó que el consumo de FDN para estos animales puede alcanzar valores hasta de 1,6% de peso vivo (PV) del animal.

Ensayo 2

En el ensayo 2, no se observó diferencia significativa en el CMSf entre tratamientos con ninguna de las metodologías evaluadas (Cuadro 5), resaltando que para este ensayo el contenido de MS del pasto kikuyo de los dos tratamientos fue similar, debido a una mayor fertilización orgánica realizada en el sistema monocultivo, en donde al adicionar materia orgánica al suelo, se propició una mejor condición biótica y física, lo que favoreció la asimilación de nutrientes por parte del pasto, incrementando entre ellos el contenido de MS de la gramínea (Apráez et al., 1999; Borges et al., 2012).

CUADRO 5

Consumo de materia seca de forraje (kg/animal/día) por animal experimental en el ensayo 2, donde los animales consumieron botón de oro en el sistema silvopastoril. Antioquia, Colombia. 2015.

	SSP	MONO	p-value	CV
Indicadores	13,1	13,5	0,0546	18,51
Agronómico	13,6	13,13	0,5908	22,15
Comportamiento	6,3	5,34	0,2416	29,31

SSP: sistema silvopastoril; MONO: monocultivo; CV: coeficiente de variación / SSP: silvopastoral system; MONO: monoculture; CV: coefficient of variation.

Table 5. Forage dry matter intake (kg/animal/day) for experimental animal in test 2, where animals consumed wild sunflower in the silvopastoral system. Antioquia, Colombia. 2015.

Estos resultados, dan una idea del potencial de consumo que se puede alcanzar en el SSP evaluado, sin evidencia de restricciones para su consumo por la calidad composicional del kikuyo y del botón de oro.

Los resultados del CMSf obtenidos por la metodología de indicadores arrojaron un consumo con respecto al porcentaje de peso vivo (PV) de 2,6 y 2,45 para los dos ensayos respectivamente, valor similar al reportado por Frota et al. (2006) en animales cruzados (holstein x cebú) y como indicador interno n-alcanos (2,45%). En el ensayo 2, la técnica de indicadores arrojó un consumo promedio con respecto al porcentaje del peso vivo de 2,4, valor semejante al 2,5% del PV encontrado en un SSP intensivo al evaluarlo con la técnica de indicadores de n-alcanos (Gaviria et al., 2015).

La composición química de la dieta y el consumo de nutrientes en el ensayo 2 se presentan en los Cuadros 6 y 7. Para este ensayo se evidenció diferencia entre tratamientos en la composición química de la dieta, con un mayor contenido de PC y energía en el sistema de monocultivo, y mayor LDA en el SSP. Sin embargo, no se evidenció ninguna diferencia estadística en el consumo de nutrientes.

CUADRO 6

Calidad composicional de las dietas ofrecidas en el ensayo que los animales consumieron botón de oro en el sistema silvopastoril (ensayo 2), de acuerdo con el consumo de forraje y alimento concentrado (media y desviación estándar). Antioquia, Colombia. 2015.

	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)	EB (cal/g)
SSP	39,9 ± 2,5	18,5b ± 0,2	42,4 ± 1,2	18,9 ± 0,7	2,4a ± 0,06	4037,4b ± 1,1
MONO	39,4 ± 3,2	19,5a ± 0,4	42,5 ± 1,6	18,4 ± 0,8	2,2b ± 0,06	4082,6a ± 4,5

SSP: sistema silvopastoril; MONO: monocultivo; MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; LDA: lignina detergente ácido; EB: energía bruta / SSP: silvopastoral system; MONO: monoculture; MS: dry matter; PC: crude protein; FDN: neutral detergent fiber; FDA: acid detergent fiber; LDA: acid detergent lignin; EB: gross energy.

Table 6. Compositional quality of diets offered in trial where animals consumed wild sunflower in the silvopastoril system (test 2), according to the consumption of forage and concentrate feed (mean and standard deviation). Antioquia, Colombia. 2015.

CUADRO 7

Estimación del consumo de nutrientes por los animales experimentales en el ensayo que los animales consumieron botón de oro en el sistema silvopastoril (ensayo 2) (media y desviación estándar). Antioquia, Colombia. 2015.

	MS (kg/animal/ día)	PC (kg/animal/ día)	FDN (kg/animal/ día)	FDA (kg/animal/ día)	LDA (kg/animal/ día)	EB (Mcal/ animal/día)
SSP	20,2 ± 1,8	3,7 ± 0,4	8,6 ± 1,0	3,6 ± 0,5	0,49 ± 0,06	81,4 ± 7,4
MONO	20,6 ± 2,8	4,0 ± 0,6	8,8 ± 1,5	3,8 ± 0,7	0,45 ± 0,07	84,2 ± 11,5

SSP: sistema silvopastoril; MONO: monocultivo; MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; LDA: lignina detergente ácido; EB: energía bruta / SSP: silvopastoral system; MONO: monoculture; MS: dry matter; PC: crude protein; FDN: neutral detergent fiber; FDA: acid detergent fiber; LDA: acid detergent lignin; EB: gross energy.

Table 7. Estimation of nutrient intake by experimental animals in trial where animals consumed wild sunflower in the silvopastoril system (test 2) (mean and standard deviation). Antioquia, Colombia. 2015.

A diferencia del ensayo 1, en el que la dieta de los animales del monocultivo tuvo un menor contenido de materia seca (MS), comparado con la dieta de los animales en el SSP, en el ensayo 2 no se observaron estas diferencias. En el ensayo 2, el SSP aportó mayor cantidad de LDA, debido a la inclusión de botón de oro, el cual tuvo en promedio un 16% de LDA; sin embargo, el contenido de esta fracción no fue una limitante para el consumo de materia seca de esta arbustiva por parte de los animales.

El sistema monocultivo presentó un mayor aporte de PC para los dos ensayos, lo que podría ser explicado por la alta fertilización nitrogenada, química y orgánica, que recibió la pastura de este sistema. Esto incrementó el contenido de nitrógeno no proteico en los forrajes (Treviño et al., 2011). Sin embargo, no se evidenció diferencia en el consumo de este nutriente en los dos ensayos, posiblemente relacionado con el mayor consumo de materia seca registrado en el SSP. Se considera importante realizar estudios a futuro para profundizar en los efectos en el animal del excedente de consumo de nitrógeno en el monocultivo respecto al SSP.

Tanto los resultados obtenidos en el ensayo 1, donde los animales del SSP no ramonearon el botón de oro, como los del ensayo 2, demostraron que este sistema, sin fertilización química ni orgánica, proporcionó la cantidad de forraje necesario para asegurar un óptimo consumo por parte de los animales en pastoreo. También se demostró que el contenido de lignina del botón de oro no fue limitante para el consumo de esta arbustiva, por lo que, se puede inferir que la principal restricción para una mayor inclusión de esta, reposa

principalmente en la cantidad de forraje ofrecido, pues en este estudio se observó una alta eficiencia en el ramoneo de la arbustiva, logrando inclusiones hasta de un 27% de *T. diversifolia* en la dieta cuando se presentó una mayor disponibilidad de forraje.

Relación kikuyo:botón de oro

Con el método agronómico se pudo establecer cuál fue la disponibilidad por área de pasto kikuyo y botón de oro (Cuadro 8) para el ensayo 2, a su vez se pudo determinar cuál fue la cantidad consumida de cada uno de estos forrajes, con un consumo promedio de materia seca de $13 \pm 2,9$ kg para el kikuyo y $0,58 \pm 0,5$ kg para el botón de oro, representando para este sistema de baja densidad una relación de consumo kikuyo:botón de oro de 95:5. Sin embargo, se evidenciaron consumos hasta de 2,2 kg de materia seca de botón de oro por animal, cuando la oferta de materia seca total por franja de esta arbustiva fue de 13,3 kg, lo que representa una relación de 73:27.

CUADRO 8

Oferta de *C. clandestinum* y *T. diversifolia*, y relación de consumo de estos forrajes por los animales experimentales en el ensayo que los animales consumieron botón de oro en el sistema silvopastoril (ensayo 2) (media y desviación estándar). Antioquia, Colombia. 2015.

Forraje	Área/ Nº arbustos	OTMS/franja (kg)	CMSf/animal (kg)	% consumo	Relación (%) Kikuyo:Botón
Kikuyo	$375,9 \pm 24,7$	$152,5 \pm 44,6$	$13 \pm 2,9$	$52,8 \pm 10,5$	95
Botón de oro	$25,6 \pm 9,5$	$3,6 \pm 3,2$	$0,58 \pm 0,5$	$94,9 \pm 7,1$	5

OTMS: oferta total de materia seca; CMSf: consumo de materia seca de forraje / OTMS: total supply of dry matter; CMSf: forage dry matter intake.

Existen diferentes estudios que han evaluado el consumo de materia seca de kikuyo comparando cantidades contrastantes de oferta; sin embargo, no se ha establecido un valor máximo de consumo de materia seca en pastoreo (Mendoza, 2011).

En este estudio, la oferta de MS del kikuyo (4,7 kg de MS/100 kg PV) fue la necesaria para garantizar un adecuado consumo de forraje verde de esta gramínea, dicha oferta se encuentra dentro del rango reportado por algunos autores, los cuales mencionan la necesidad de ofrecer entre 4 a 5 kg de MS/100 kg PV para obtener un óptimo consumo de forraje (Carulla et al., 2011). Asimismo, la oferta de materia seca estuvo dentro de lo sugerido por Bargo et al. (2003), quienes mencionaron que para un máximo consumo de forraje en vacas lactantes suplementadas, se debe dar una oferta de dos veces el consumo esperado o alrededor de 25 kg MS/vaca/día.

Para la presente investigación, la oferta de MS, el CMSf y la eficiencia de pastoreo fueron similares a las reportadas por Mendoza (2011) para el pasto kikuyo con una edad de rebrote de 39 días, en donde la oferta de MS por cada 100 kg PV fue de 4,5 kg, obteniendo consumos promedios de 12,2 kg de MS y con una eficiencia de pastoreo de 45,7%; con la eficiencia en la utilización del forraje del 50% (eficiencia promedia de este estudio), es posible garantizar una rápida recuperación de la gramínea (Sierra, 2011).

Investigaciones realizadas sugieren que variaciones en la oferta forrajera explican en mayor grado las variaciones en el consumo de materia seca, con un efecto directo sobre el volumen de leche y en menor grado, sobre las variaciones en su composición (Mendoza, 2011). En un estudio encontró una de las mayores producciones de leche con una oferta de 4,5 kg MS/100 kg PV, por lo que, es de esperarse que la producción de leche se vea beneficiada con la cantidad de forraje ofrecido a los animales (Mendoza, 2011).

El consumo de botón de oro estuvo influenciado por la disponibilidad de forraje; los animales consumieron casi la totalidad del forraje de *T. diversifolia* ofrecido en el potrero, encontrándose una eficiencia de ramoneo del 95%. Sin embargo, el SSP evaluado presentó una baja densidad de arbustos de botón de oro y esto se vio reflejado en la baja inclusión lograda de la arbustiva en la dieta forrajera (95% kikuyo y 5% botón de oro). No

obstante, es de resaltar la existencia de reportes en donde en SSP intensivos (>5000 arbustos/ha para trópico bajo) la inclusión de biomasa de la arbustiva en la dieta forrajera alcanzó en promedio un 15% (Rivera et al., 2015). Existen otros reportes que mencionaron una mayor inclusión de botón de oro en la dieta, hasta un 35% en suplementación (Mahecha et al., 2007), sin verse afectado el consumo, lo que podría indicar que el CMS de la arbustiva no parece estar limitado por el contenido de FDA y lignina, sino por la cantidad de forraje ofertado a los animales, lo que a su vez, se vio reflejado en el incremento del CMS de *T. diversifolia* conforme la disponibilidad de este forraje aumentó, encontrándose relaciones kikuyo:botón de oro en este ensayo hasta del 73:27.

Comparación de los métodos de indicadores y comportamiento al pastoreo

El método agronómico para esta investigación no fue comparable estadísticamente con las otras metodologías, ya que proporciona estimaciones grupales y no individuales; sin embargo, con esta técnica se obtuvieron resultados similares a los arrojados por el método de referencia (método de indicadores); lo que indica que el método agronómico podría ser un método utilizable a nivel de campo, resaltando el bajo costo y la facilidad de implementación. Estrada et al. (2014) compararon el método agronómico y el método de indicadores (n-alcanos), y no encontraron diferencias en la estimación del consumo, razón por la cual podría ser recomendado para ser utilizado de manera práctica, sencilla y confiable dentro de las rutinas de manejo en los sistemas de producción en pastoreo.

Los valores de CMSf estimados por el método de indicadores estuvieron dentro del rango reportado por la literatura (Frota et al., 2006; Gaviria et al., 2015) lo cual no ocurrió con el método de comportamiento al pastoreo en ambos ensayos, subestimando el CMSf para los tratamientos evaluados.

Esta subestimación hizo que las dos metodologías, indicadores y comportamiento al pastoreo, no fueran intercambiables como lo demuestra el método de Lin (1989) apoyado en el método gráfico de Bland y Altman (1986), al arrojar un coeficiente de correlación de concordancia de 0,00177 y 0,02844 para el ensayo 1 y 2 respectivamente, interpretándose como independencia entre los métodos. Asimismo, en la Figura 1 se pueden observar las amplias diferencias que existieron entre los dos métodos para estimar el CMSf por animal, adicional, los gráficos de dispersión del CMSf para los dos ensayos (Figura 2), muestran que no existió una relación lineal entre los dos métodos, por lo que se descarta igualmente la relación entre ellos.

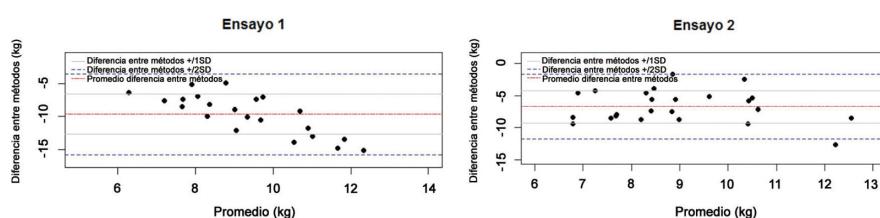


FIGURA 1

Método gráfico de Bland y Altman (1986). Promedio y diferencias entre las estimaciones del método de indicadores y de comportamiento al pastoreo. Antioquia, Colombia. 2015.

Figure 1. Bland and Altman (1986) graphical method. Average and differences between estimates of the method indicators and grazing behavior. Antioquia, Colombia. 2015.

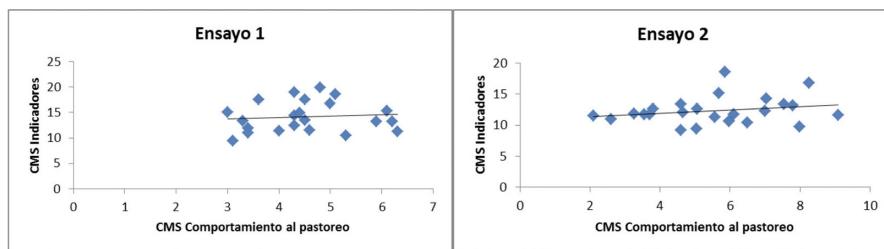


FIGURA 2

Gráfico de dispersión entre los métodos de comportamiento al pastoreo e indicadores para el Ensayo 1 y 2. Antioquia, Colombia. 2015.

Figure 2. Scatter plot of dry matter intake between grazing behavior methods and indicators for test 1 and 2. Antioquia, Colombia. 2015.

La subestimación del método de comportamiento al pastoreo probablemente estuvo relacionada con la dificultad que se presentó para estimar el peso del bocado mediante la técnica de “hand plucking”, debido a los diferentes códigos o tipo de bocados que puede tener un bovino, los cuales dependen principalmente de la altura y densidad de la pastura (referencia), encontrando que cuando el forraje es de poca altura, el animal utiliza los labios para la aprehensión y corte del forraje, dificultándose aún más para el observador identificar las estructuras y la cantidad de forraje que el animal consume por bocado. Esta problemática coincide con lo reportado por Castillo (2007), evidenciando principalmente una subestimación de la masa de bocado por la técnica de “hand-plucking”, en comparación con el método realizado con animales fistulados al esófago, encontrando un peso de bocado de 0,4 y 0,85 g respectivamente. Asimismo, al realizar de manera indirecta la estimación del peso del bocado, teniendo en cuenta el número de bocados diarios y el CMS estimado por el método de indicadores en este ensayo, se evidenció claramente una masa de bocados estimada por “hand-plucking” aproximadamente tres veces inferior a la calculada de manera indirecta. Se hace importante realizar ajustes a la estimación del peso del bocado con el objetivo de obtener estimaciones más confiables, que permitan estimar el CMSf de los animales en pastoreo considerando las principales actividades comportamentales como lo son la tasa de bocado, el tiempo de pastoreo y el peso de bocado.

CONCLUSIONES

La técnica de indicadores fue la más precisa en la estimación del CMS de forraje, sin embargo, aunque el método agronómico en este estudio no fue estadísticamente comparable con los otros métodos, arrojó resultados similares a los proporcionados por el método de indicadores, lo que resalta la importancia práctica de implementar este método en los sistemas de producción. Se considera necesario realizar ajustes a la metodología de comportamiento al pastoreo con el objetivo de obtener estimaciones más ajustadas a la realidad; se rescata de esta técnica el bajo costo para su implementación y la posibilidad de estimar el consumo de manera individual y considerando condiciones ambientales como temperatura y precipitación.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al proyecto “Fortalecimiento de la cadena productiva de leche del Distrito del Norte Antioqueño”, convenio especial de asociación para la investigación No. 2013AS180031 celebrado entre el Departamento de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, La Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), con recursos del Sistema General de Regalías (SGR), al proyecto CODI 2014_910 y a Colciencias por el apoyo económico brindado para la ejecución de este trabajo.

REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analysis Chemistry). 2005. AOAC: Official methods of analysis. 18th ed. AOAC, MD, USA.
- Apráez, J.E., O.F. Benavides, e I. Tarapuez. 1999. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoechst) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada orgánica y/o mineral. Rev. Cienc. Agríc. 16:38-55.
- Bargo, F., L.D. Muller, E.S. Kolver, and J.E. Delahoy. 2003. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. J. Dairy Sci. 86:1-42.
- Betancur, J.F., y L.G. Trujillo. 2004. Balance de nitrógeno en vacas lecheras de alta producción alimentadas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y dos niveles de suplementación de proteína no degradable en el rumen. Tesis Lic., Universidad Nacional de Colombia, Medellín, COL.
- Bland, J.M., and D.G. Altman. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1:307-310.
- Borges, J.A., M. Barrios, y O. Escalona. 2012. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nemfuensis*). Zootec. Trop. 30:17-25.
- Carulla, J., E.A. Cárdenas, N. Sánchez, y C. Riveros. 2011. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la Zona Andina Colombiana. Universidad Nacional de Colombia, COL.
- Castillo, E. 2007. Comportamiento ingestivo en ganado bovino de doble propósito. UNAM, MEX.
- Chamberlain, D.G., and P.C. Thomas. 1983. A note on the use of chromium sesquioxide as a marker in nutritional experiments with dairy cows. Anim. Sci. 36:155-157. doi:10.1017/S0003356100040071
- Cordova, F.J., J.D. Wallace, and R.D. Pieper. 1978. Forage intake by grazing livestock: A review. J. Range Manag. 31:430-438.
- Correa, H. 2009. Producción de leche con base en pasturas: el caso de los hatos especializados en Colombia. Rev. Fac. Nal. Agron. 62:1-5
- Correa, H., M. Pabón, y J. Carulla. 2009. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y el contenido de proteína en la leche. Tesis Dr., Universidad Nacional de Colombia, COL.
- Cruz, M., y J. Sánchez. 2000. La fibra en la alimentación del ganado lechero. Nutrición Animal Tropical 6(1):39-74.
- Estrada, I., F. Avilés, J.G. Estrada, P.E. Pedraza, G. Yong, y O.A. Castelán. 2014. Estimación del consumo de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* K. Schum.) por vacas lecheras en pastoreo, mediante las técnicas de n-alcanos, diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 17:463-477.
- Frota, M.J., J.F. Coelho, L. Magalhães, F.C. Ferraz, A.C. Wyllie, e E. Detmann. 2006. Óxido de cromo e n-alcanos na estimativa do consumo de forragem de vacas em lactação em condições de pastejo. R. Bras. Zootec. 35:1535-1542.
- Gaviria, X., J.F. Naranjo, D.M. Bolívar, y R. Barahona. 2015. Consumo y digestibilidad en novillos cebúinos en un sistema silvopastoril. Arch. Zootec. 64:21-27.
- Halls, L.K. 1954. The approximation of cattle diet through herbage sampling. J. Range Manag. 7:269-270.
- Haydock, K.P., and N.H. Shaw. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 15:663-670.
- Holdridge, L.R. 1966. The life zone system. Adansonia 6(2):199-203.
- Lin, L. 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. Biometrics 45:255-268.
- Lafaux, M.P., J.A. Bastidas, y E. Insuasty. 2015. Efecto de la bovinaza en la composición nutricional del tubérculo de remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Rev. Cienc. Anim. 9:209-221.
- Mahecha, L., C.V. Durán, y M. Rosales. 2000. Análisis de la relación planta-animal desde el punto de vista nutricional en un sistema silvopastoril de *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. Acta Agron. 50:59-70.

- Mahecha, L., J.P. Escobar, J.F. Suárez, y L.F. Restrepo. 2007. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Liv. Res. Rural Dev.* 19(2) <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Martín, G.M., y R. Rivera. 2015. Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz. *Cultivos trop.* 36:34-50.
- Mejía, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria* 12(3):56-63.
- Mendoza, C.A. 2011. Efecto de la variación diaria en la oferta forrajera sobre el volumen y composición de la leche en explotaciones de la Sabana de Bogotá. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, COL.
- Mertens, D.R. 1973. Applications of theoretical mathematical models to cell wall digestion and forage intake in ruminants. PhD. Diss., Cornell Univ., Ithaca, NY., USA.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrients requirements of dairy cattle. 7th ed. National Academy Press, WA, USA.
- Phar, P.A., N.W. Bradley, C.O. Little, and L.V. Cundiff. 1970. Effects of confinement and level of feed intake on digestibility of nutrients and excretion of chromic oxide, crude protein and gross energy in the bovine. *J. Anim. Sci.* 30:589-592. doi: 10.2134/jas1970.304589x
- Reis, S.F., G. Huntington, M. Hopkins, S. Whisnant, and P.V. Paulino. 2015. Herbage selection, intake and digestibility in grazing beef cattle. *Liv. Sci.* 174:39-45. doi:10.1016/j.livsci.2015.01.020
- Rivera, J.E., C.A. Cuartas, J.F. Naranjo, O. Tafur, E.A. Hurtado, F.A. Arenas, J. Chará, y E. Murgueitio. 2015. Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. *Liv. Res. Rural Dev.* 27(10). <http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html>
- Sánchez-Chopa, F., L.B. Nadin, and H.L. Gonda. 2012. Two drying methods of bovine faeces for estimating n-alkane concentration, intake and digestibility: A comparison. *Anim. Feed Sci. Technol.* 177:1-6. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.06.003
- Sierra, J.O. 2011. Producción y manejo agroecológico de pasturas y cultivos forrajeros en el trópico: para una ganadería natural más limpia, eficiente y sostenible. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, COL.
- Treviño, J., C. Centeno, y R. Caballero. 2011. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno sobre la composición de la fracción nitrogenada del *Lolium multiflorum* var. Westerwoldicum. Instituto de Alimentación y Productividad Animal (CSIC), Madrid, ESP.
- Van-Soest, P.J., and J. Robertson. 1985. Analysis of forages and fibrous of the feeds. Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Velez, O.M. 2011. Análisis de las limitaciones nutricionales y de manejo en un sistema de producción lechera en el Valle del Cauca. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, COL.
- Villalobos, L., y J.M. Sánchez. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agron. Costarricense* 34(1):43-52.
- Williams, C.H., D.J. David, and O. Lismaa. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* 59:381-385.

NOTAS

- Este trabajo formó parte del proyecto “Fortalecimiento de la cadena productiva de leche del Distrito del Norte Antioqueño” financiado por el Sistema General de Regalías del cual se desglosa la tesis de grado de Maestría en Ciencias Animales de la primer autora titulada “Productividad de un sistema silvopastoril de baja densidad de *T. diversifolia* y pasto *C. clandestinum* en una lechería especializada de trópico alto”, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, Colombia.