

Artículo Científico

Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre los componentes de la pared celular y la digestibilidad *in vitro* de gramíneas (II PARTE)

José M. Núñez-Arroyo¹, José P. Jiménez-Castro², Carlos M. Tobía-Rivero³, Luis M. Arias-Gamboa⁴,
Esteban Jiménez-Alfaro⁵, José E. Padilla-Fallas⁶

RESUMEN

El trabajo consistió en evaluar siete especies de gramíneas a diferentes edades de rebrote y épocas del año (época seca y época lluviosa), en tres diferentes zonas agroclimáticas de Costa Rica. Se utilizó un diseño factorial 7x2x4 (especie forrajera, época y edad de rebrote) con 3 repeticiones, para un total de 168 unidades experimentales. Se evaluó la concentración de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina (LIG), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y digestibilidad *in vitro* de la fibra neutro detergente (dFND). En la zona alta se evaluaron los pastos *Kikuyuocloa clandestinum* y *Lolium perenne*, donde el mayor contenido de LIG (10,5%) se presentó en el pasto *K. clandestinum* con 14 días de rebrote en la época seca (interacción triple, $p < 0.01$). El pasto *L. perenne* presentó el mayor contenido de DIVMS (81,1%) a los 28 días de rebrote en época seca (interacción triple, $p < 0.01$). En la zona intermedia se evaluó el pasto *Cynodon nlemfuensis*, la mayor concentración de FAD (37,2%) se presentó a los 28 días de rebrote en la época seca (interacción doble, $p < 0.01$) y el mayor contenido de dFND (72,9%) a los 14 días de rebrote durante

¹José Mario Núñez-Arroyo. Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: jose.nunez.arroyo@una.cr (<https://orcid.org/0000-0002-6705-9520>).

²José Pablo Jiménez-Castro. Independiente. Autor para correspondencia: josepablo.jimenez@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-2136-3076>).

³Carlos Miguel Tobía-Rivero. Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: carlos.tobia.rivero@una.cr

⁴Luis Mauricio Arias-Gamboa. Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: luis.arias.gamboa@una.cr (<https://orcid.org/0000-0003-1214-5648>).

⁵Esteban Jiménez-Alfaro. Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: esteban.jimenez.alfaro@una.cr

⁶José Enrique Padilla-Fallas. Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: jose.padilla.fallas@una.cr (<https://orcid.org/0000-0003-3593-640X>).

Recibido: 08 julio 2022 Aceptado: 01 octubre 2022

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



la época lluviosa (interacción doble, $p < 0.01$). En la zona baja se evaluaron los pastos: *Brachiaria brizantha* cv. diamantes, *Panicum máximum* cv. mombaza, *Ischaemum indicum* y *Brachiaria brizantha* cv. toledo; el mayor contenido de LIG (9,7%) se presentó a los 14 días de rebrote, durante época seca en el pasto *I. indicum* (interacción triple, $p < 0.01$) y la mayor DIVMS (70,5%) a los 14 y 28 días de rebrote, en la época lluviosa en el pasto diamantes (interacción triple, $p < 0.01$).

Palabras claves: alimentación, rumiantes, composición bromatológica, pasturas de piso, digestibilidad *in vitro* de la materia seca, digestibilidad *in vitro* de la fibra neutro detergente.

ABSTRACT

Effect of regrowth age and time of year on cell wall components and *in vitro* digestibility of grasses (PART II). The study consisted of evaluating seven species of grasses at different regrowth ages and times of the year (dry season and rainy season), in three different agroclimatic zones of Costa Rica. A 7x2x4 factorial design (forage species, season, and regrowth age) was used with 3 repetitions for 168 experimental units. The concentration of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG), *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM), and *in vitro* digestibility of neutral detergent fiber (dNDF) were evaluated. In the high zone, the *Kikuyuocloa clandestinum* and *Lolium perenne* grasses were evaluated, where the highest content of LIG (10.5%) was presented in the *K. clandestinum* grass with 14 days of regrowth in the dry season (triple interaction, $p < 0.01$). The *L. perennia* grass showed the highest IVDDM content (81.1%) at 28 days of regrowth in the dry season (triple interaction, $p < 0.01$). In the intermediate zone, the *Cynodon nlemfuensis* grass was evaluated, where the highest concentration of ADF (37.2%) appeared at 28 days of regrowth in the dry season (double interaction, $p < 0.01$), and the highest content of dNDF (72.9%) at 14 days of regrowth during the rainy season (double interaction, $p < 0.01$). The following pastures were evaluated in the lower zone: *Brachiaria brizantha* cv. diamonds, *Panicum maximum* cv. mombaza, *Ischaemum indicum*, and *Brachiaria brizantha* cv. toledo, where the highest content of LIG (9.7%) was found in *I. indicum* grass after 14 days of regrowth during the dry season (triple interaction, $p < 0.01$), the highest DIVMS (70.5%) occurred at 14 and 28 days of regrowth in the rainy season in diamond grass (triple interaction, $p < 0.01$).

Keywords: feeding, ruminants, bromatological composition, pastures, *in vitro* digestibility of dry matter, *in vitro* digestibility of neutral detergent fiber.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, la ganadería bovina es una actividad de importancia en la producción de alimentos de consumo a nivel nacional y para la exportación a otros mercados de la región. Representa el 73,7% de la producción pecuaria nacional (SEPSA, 2017), siendo los sistemas de producción de carne, doble propósito y producción de leche los más relevantes (INEC, 2015).

Según el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) del año 2014, se registró que el 95% de los sistemas de producción bovina se manejan bajo pastoreo (INEC, 2015). Estos utilizan pasturas naturales y mejoradas como fuente primaria de alimentación, que se han adaptado a las condiciones tropicales.

En general, estas pasturas poseen un alto potencial para la producción de biomasa; aunque su producción se da de manera estacional, debido a los diferentes regímenes de precipitación a lo largo del año. Asimismo, la calidad nutricional de las pasturas varía dependiendo de la época del año y la edad fisiológica de cosecha, lo que genera fluctuaciones en la productividad de los animales (Jiménez, 2018). No obstante, debido a la alta competitividad que existe en el sector agropecuario, los productores se encuentran obligados a realizar un uso más eficiente de los recursos que poseen. Esto representa, entre otras acciones, la necesidad de intensificar la producción por unidad de área (Araya y Boschini, 2005).

De esta forma, es necesario establecer prácticas de manejo para un uso eficiente del pastoreo que consideren las fluctuaciones en cuanto a la producción de biomasa y la calidad nutricional. Esto se debe a que los efectos de la época del año (lluviosa y seca) y la edad de rebrote de los pastos, pueden discernir la edad óptima de rebrote para que los animales pastoreen y obtengan los mejores resultados.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los componentes de la pared celular y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de siete especies de pastos, bajo dos épocas del año y distintas edades de rebrote, en tres zonas agroclimáticas de importancia para la ganadería costarricense.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo de los pastos *Kikuyuocloa clandestinum* (kikuyo) y *Lolium perenne* (ryegrass perenne) se realizó en una finca de producción de leche, en el distrito de Sabanilla del cantón de Alajuela, provincia de Alajuela; a 1890 m s. n. m., entre las coordenadas 10° 10' 10.00" latitud norte y 84° 10' 57.00" longitud oeste. Las temperaturas oscilaron entre 12 y 22 °C durante todo el año. La precipitación promedio fue de 615,3 mm y 2692,5 mm en las épocas seca y lluviosa, respectivamente (IMN, 2017). En el sitio predominaban los suelos inceptisoles, los cuales presentan un pH ácido y alto contenido de materia orgánica (INTA, 2015).

Las muestras del pasto *Cynodon nlemfuensis* (estrella africana) fueron obtenidas de la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional (UNA), ubicada en distrito de Santa Lucía del cantón de Barva de Heredia; entre las coordenadas 10° 01' 20" latitud norte y 84° 06' 45" longitud oeste y una altitud de 1250 m s. n. m. Las temperaturas fluctuaron entre 15 y 25 °C durante el año. La precipitación promedio fue de 252 mm y 2166 mm en la época seca y lluviosa, respectivamente (IMN, 2017). El suelo predominante es del orden andisoles, moderadamente fértil y con mucha pedregosidad (Gómez y Montes de Oca, 1999).

En relación con los pastos *Brachiaria brizantha* cv. diamantes, *Panicum máximum* cv. mombaza, *Ischaemum indicum* (ratana) y *Brachiaria brizantha* cv. toledo, las muestras fueron obtenidas en una finca ganadera ubicada en el distrito de Horquetas del cantón de Sarapiquí, en la provincia de Heredia; entre las coordenadas geográficas 10° 19' 36.40" latitud norte y 83° 51' 37.41" longitud oeste; a una altura de 91 m s. n. m. La temperatura máxima en época seca fue de 30 °C y la mínima en la época lluviosa fue de 21 °C; la precipitación promedio en época seca fue de 1460,3 mm y 2106,3 mm en la época lluviosa (IMN, 2017).

Las mediciones se realizaron en potreros que cumplieran con las siguientes condiciones: fertilización nitrogenada menor a 200 kg/ha/año, carga animal menor a 3 UA/ha, poseer una única especie de pasto establecida y presentar baja incidencia de especies invasoras. Las dimensiones de los potreros variaron entre los 2000 m² y los 5000 m².

Las muestras fueron obtenidas durante la época lluviosa, entre los meses de setiembre y octubre del 2018 y, en la época seca durante los meses de marzo y abril del 2019, procurando evitar la transición entre ambas épocas.

La selección de los sitios de muestreo se realizó al azar, posterior a la salida de los animales del potrero (post-pastoreo) para cada una de las especies y edades de rebrote evaluadas (14, 28, 42 y 56 días) en ambas épocas. Se evitó seleccionar sitios a menos de 2 m del cercado para minimizar el efecto borde. Para cada época del año se establecieron 12 sitios de muestreo distintos, correspondientes a 4 edades de rebrote y 3 repeticiones. Cada sitio de muestreo tuvo un tamaño de 1 m², y fueron delimitados utilizando mecate tipo "piola" y estacas de madera de 0,5 m de altura para los pastos de porte bajo y 1,5 m de altura para los pastos de porte alto. No hubo paso de animales por los potreros donde se estableció el ensayo durante los 56 días de evaluación en cada una de las épocas.

Se programaron cortes de uniformización a los 0, 14, 28 y 42 días de rebrote, permitiendo que a los 56 días de rebrote se realizara el muestreo de forma simultánea en todos los sitios con las edades respectivas. Tanto la altura de uniformización como la de muestreo fueron las mismas, y se definieron simulando las alturas observadas en las fincas donde se establecieron los ensayos, midiendo previamente la del pasto cosechado por los animales. En los pastos ryegrass, kikuyo y ratana, el muestreo se hizo a 5 cm de altura. En el pasto estrella africana el corte se realizó a 20 cm de altura. Por otro lado, en los forrajes de crecimiento erecto (mombaza, diamantes y toledo) se realizó a 60 cm de altura.

Para el muestreo, se cosechó 1 m² de pasto en cada sitio, utilizando un marco de policloruro de vinilo (PVC) de 0,5 pulgadas de diámetro con medidas de 1 m de ancho por 1 m de largo. Previamente, se apartaron hojas y tallos que se habían introducido desde fuera del área delimitada.

El pasto cosechado fue pesado en fresco y secado en una estufa de aire forzado a 60 °C durante al menos 48 horas, o hasta que llegase a peso constante, utilizando el procedimiento propuesto por la AOAC (1980); esto permitió obtener el porcentaje de materia seca. La biomasa se determinó a partir de la masa del material fresco cosechado por metro cuadrado, corregido por el porcentaje de materia seca y multiplicado por 10 000, para indicar el valor como kilogramo de materia seca por hectárea.

Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional (UNA). Los contenidos de FND, FAD y LIG se estimaron siguiendo las metodologías descritas por Van Soest, Robertson y Lewis (1991); y la DIVMS según Van Soest y Robertson (1985), siguiendo el protocolo recomendado por el fabricante para el incubador Daisyll® (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA).

El contenido de dFDN se determinó a partir del contenido de lignina, de acuerdo con la ecuación [1] descrita por Van-Soest, Van Amburgh, Robertson y Knaus (2005), y por diferencia se calculó la dFDN.

Análisis estadístico

Para determinar la influencia de los tratamientos sobre las variables de respuesta estudiadas (FND, FAD, LIG, DIVMS y dFND), los resultados se analizaron mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS INTITUTE 2009), asumiendo un diseño factorial de 3 factores (especies de pastos, época del año y días rebrote) 7x2x4 con 3 repeticiones. Las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante una prueba de Tukey, utilizando un nivel crítico de significancia $\alpha=0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de los pastos de zona alta

Los contenidos de LIG y DIVMS presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la interacción entre las variables época, rebrote y pasto y significativas ($p < 0.05$) para la variable dFND.

Las FND y FAD se vieron afectadas ($p < 0.05$) por la interacción entre las variables época-pasto y rebrote-pasto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición bromatológica de pastos de piso ubicados en la zona alta en diferentes edades de rebrote y épocas del año.

Pasto	Época	Rebrote	FND %	FAD %	LIG %	DIVMS %	dFND %			
Kikuyo	Lluviosa	14	55,5	25,4	2,9	j	66,1	bcdef	55,2	abcd
		28	57,7	26,8	3,6	fhij	59,4	efg	46,2	bcd
		42	60,4	28,1	3,5	gi	55,4	fg	42,8	cd
		56	58,1	25,6	3,1	ij	72,9	abc	65,5	a
	Seca	14	66,4	32,1	10,5	a	48,6	g	39,2	d
		28	62,1	27,3	8,7	b	60,3	defg	50,6	abcd
		42	66,8	30,1	9,7	ab	61,6	cdef	53,8	abcd
		56	65,8	29,6	8,8	b	61,6	cdef	52,8	abcd
Ryegrass	Lluviosa	14	49,1	25,8	3,2	hj	69,6	abcde	58,2	abcd
		28	47,7	26,8	2,9	jk	76,1	ab	66,2	a
		42	53,2	28,4	3,9	efghij	76,8	ab	68,6	a
		56	55,9	30,6	4,7	cfg	72,2	abcd	62,6	ab
	Seca	14	42,2	24,1	4,2	de	72,4	abcd	57,1	abcd
		28	39,4	23,8	5,6	cd	81,1	a	61,6	abc
		42	44,1	26,5	5,1	ce	68,3	bcde	58,8	abc
		56	49,5	29,1	5,1	ce	65,7	bcdef	49,5	abcd
Época-rebrote		-	-	**	**	*				
Época-pasto		**	**	**	-	-				
Rebrote-pasto		*	**	**	**	**				
Época-rebrote-pasto		-	-	**	**	*				

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes $p < 0.05$ (Tukey).

En los pastos de la zona alta, no existió una tendencia a aumentar la concentración de la FND al avanzar la edad de rebrote (Cuadro 1). El pasto kikuyo presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la interacción época-pasto; donde en la época seca se tuvo un 13% de aumento en el contenido de FND en comparación con la lluviosa. Estudios realizados por Bernal (2003) y Zambrano

et al. (2014) demuestran que los contenidos de pared celular pueden variar significativamente de acuerdo con la edad de corte, la época del año, el nivel de fertilización y las condiciones físicas y químicas del suelo.

La interacción rebrote-pasto del kikuyo presentó una diferencia significativa ($p < 0.05$) en la edad de 28 días con el menor contenido de FND (58,9%); las demás edades de rebrote no se diferenciaron significativamente entre sí. Por su parte, Correa et al. (2016), en una investigación evaluando el efecto de la edad de rebrote del pasto kikuyo, señalaron valores promedios entre 62,2% y 68% de FND para 45 y 80 días, respectivamente; los cuales son muy similares a los señalados en esta investigación (Cuadro 1).

Caso contrario se presentó en el pasto ryegrass, donde el contenido promedio de la FND fue mayor en la época lluviosa (51,5%) con respecto a la época seca (43,8%), evidenciándose un incremento del 17,4% ($p < 0.01$). El comportamiento observado para este pasto puede estar relacionado a las condiciones climáticas de la zona del estudio, donde las variaciones en las temperaturas podrían modificar los valores de FND como mecanismo de la planta para sobrevivir a condiciones climáticas adversas (Villalobos, 2006). Armijos (2014) en la Sierra Ecuatoriana a 1800 m s. n. m., trabajando con el mismo pasto, señaló promedios de FND para la época lluviosa de 40,8% y para la seca de 57,8%; los cuales son similares a los encontrados en la presente investigación. En la interacción rebrote-pasto se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), entre las diferentes edades de rebrote se resalta un crecimiento del 21% a los 56 días.

En relación con las concentraciones de FAD en el pasto kikuyo, se evidenció un incremento significativo del 12,5% ($p < 0.01$) en la época seca (29,8%) con respecto a la época lluviosa (26,5%). Estos resultados concuerdan con Andradre (2006), quien encontró en la zona de San José de la Montaña, Heredia, en el mismo pasto, promedios de FAD de 29% en ambas épocas. En relación con la edad de rebrote, el pasto kikuyo no presentó una tendencia clara al incremento de los contenidos de FAD al avanzar la edad de rebrote. Vargas (2019), en una investigación realizada en la zona de Sucre (1340 m s. n. m.), San Carlos, Alajuela, encontró concentraciones mayores de FAD para el pasto kikuyo de 29,9 a 31,5% entre las edades 30 y 60 días de rebrote, correspondientemente.

El pasto ryegrass mostró un incremento del 7,8% ($p < 0.01$) en las concentraciones de FAD durante la época lluviosa en comparación con la seca (Cuadro 1). Esto difiere con lo encontrado por Villalobos y Sánchez (2010), quienes, en una investigación en la provincia de Cartago, Costa Rica (3090 m s. n. m.), evaluando el mismo pasto, encontraron un incremento del 7,4% en el contenido de FAD en la época seca respecto a la lluviosa. Con respecto a la edad de rebrote, se evidenció un incremento en el contenido de FAD que oscila entre 10,2 y 16,9% a partir de los 28 días de rebrote en ambas épocas ($p < 0.05$). Estos resultados difieren a los indicados por Dimaté (2016), quien trabajó con el pasto ryegrass en el altiplano colombiano, señalando valores promedios de FAD de 34,4% a los 28 días y 32,4% a los 42 días de rebrote; los cuales son superiores a los encontrados en esta investigación.

En relación con los contenidos de LIG, los mayores contenidos se presentaron en el pasto kikuyo durante la época seca a la edad de 14 y 42 días de rebrote, presentando diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) con las demás edades de rebrote. La lignina forma estructuras sólidas, y es por ello por lo que las pasturas de mayor edad presentan estructuras más consolidadas que se reflejan en la dureza de los tallos (Sorio, 2012). En otros estudios, Vargas (2019) y Andrade (2006), indicaron contenidos de LIG en el pasto kikuyo de entre 1,8-2,8% en la época seca y 2,3-3,1% en la lluviosa; los cuales se encuentran por debajo a los obtenidos en la presente investigación.

De igual forma, en el pasto ryegrass los mayores porcentajes de LIG se presentaron en la época seca (Cuadro 1). Promedios menores fueron señalados por Villalobos y Sánchez (2010) en una evaluación del pasto ryegrass en la zona de Cartago, Costa Rica; quienes indican promedios de 3,3% para ambas épocas del año.

Durante la época lluviosa, el pasto kikuyo mostró la mayor DIVMS a los 14 y 56 días de rebrote, sin encontrarse diferencias ($p > 0.05$) entre estos, por lo que no se observa una tendencia clara de aumento o disminución. Mientras que, en la época seca, la DIVMS fue constante en las distintas edades de rebrote. En un experimento realizado por Andrade (2006) en San José de la Montaña, provincia de Heredia, Costa Rica, trabajando con el mismo pasto, se señalan promedios de 66,4 y

62,7% de DIVMS, los cuales se encuentran dentro del rango obtenido durante la presente investigación.

La DIVMS del pasto ryegrass superó al kikuyo, específicamente entre los 28 y 42 días de rebrote de la época lluviosa y entre los 14 y 28 días de la época seca ($p < 0.05$), al comparar ambas especies en las mismas edades y épocas. Si bien durante la época seca la digestibilidad más alta se observó a los 28 días, no hay evidencia estadística que sugiera un comportamiento decreciente. No se encontraron diferencias entre edades durante la época lluviosa. Cabe mencionar que la edad con mayor DIVMS obtenida en la época seca, coincide con el manejo rotacional (entre 28 y 32 días) que le dan la mayoría de los productores de leche de la zona.

La dFND mostró un comportamiento similar al observado en la DIVMS del pasto kikuyo durante la época lluviosa, donde los mayores valores ocurrieron a los 14 y 56 días de rebrote ($p > 0.05$), sin presentar un incremento evidente asociado a la edad de rebrote. De igual manera, Campos et al. (2015), en una investigación de 9 especies forrajeras de piso utilizadas en lecherías de altura (Santa Rosa de Oreamuno, San Juan de Chicué y Ochomogo) y bajura (Río Frío, Sarapiquí, Heredia) en Costa Rica, indicaron valores promedios entre 68,7% y 61,3% dFND en edades comprendidas entre 25 y 33 días de rebrote para el mismo pasto; los cuales son equivalentes a los obtenidos en esta investigación.

Para el caso de ryegrass, la dFND no varió ($p > 0.05$) entre edades de rebrote en ambas épocas. Valores ligeramente superiores a los encontrados fueron reportados por Campos et al. (2015), los cuales oscilaron entre 73,8% y 70% en las edades de 24 y 34 días para el mismo pasto, respectivamente.

Comportamiento de pasto de zona media

Las variables FND, FAD, LIG, DIVMS y dFND en el pasto estrella africana presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la interacción entre la época y el rebrote.

Cuadro 2. Efecto de la época del año y la edad de rebrote, sobre los porcentajes de FND, FAD, DIVMS, dFND y LIG en el pasto estrella africana ubicada en la zona de Santa Lucía, Barva, Heredia.

Época	Rebrote	FND %	FAD %	LIG %	DIVMS %	dFND %
Lluviosa	14	48,5 ^c	22,5 ^c	3,9 ^{bc}	79,6 ^a	72,9 ^a
	28	53,2 ^{bc}	24,3 ^{bc}	3,8 ^{bc}	69,1 ^b	60,7 ^b
	42	55,9 ^b	27,0 ^{bc}	2,7 ^c	67,3 ^{bc}	58,6 ^{bc}
	56	59,1 ^{ab}	30,0 ^b	5,4 ^c	59,1 ^c	48,6 ^c
Seca	14	54,6 ^{bc}	26,7 ^{bc}	5,8 ^a	67,8 ^{bc}	59,7 ^{bc}
	28	63,8 ^a	37,2 ^a	6,4 ^a	43,1 ^d	32,5 ^d
	42	57,7 ^{ab}	29,6 ^b	5,3 ^{ab}	60,8 ^{bc}	50,8 ^{bc}
	56	56,3 ^b	28,6 ^{bc}	2,7 ^c	63,3 ^{bc}	53,9 ^{bc}
Época		**	**	*	**	**
Rebrote		**	**	-	**	**
Época-Rebrote		**	**	**	**	**

*p<0.05 **p<0.01.

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes p<0.05 (Tukey).

El contenido de FND de estrella africana, en la época lluviosa, se incrementó al avanzar los días de rebrote (Cuadro 2). A los 14 días de rebrote se encontró la menor concentración, 15% menos que a los 42 días y 22% menos que a los 56 días de rebrote. En la época seca no se evidenció la misma tendencia, sobresaliendo el contenido más alto de FND a los 28 días de rebrote.

Martínez (2018), en una investigación sobre los principales pastos utilizados en sistemas ganaderos en Costa Rica, encontró en estrella africana promedios de FND de 66,9% con 21 días de rebrote y 67,7% con 42 días de rebrote; ligeramente superiores a los encontrados en la presente investigación. Herrera (1981) argumenta que los incrementos en los contenidos de la pared celular de los pastos, al aumentar la edad de rebrote, han sido asociados a incrementos en la síntesis de carbohidratos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa), lo que afecta la calidad del pasto. El incremento en el contenido de celulosa al envejecer la planta se debe al engrosamiento de la pared celular al formarse microfibrillas compactas que proporcionan la fuerza y rigidez requerida en las paredes celulares (Cornu et al., 1994). También, se han encontrado aumentos en la proporción de tallos y material senescente en relación con la proporción de hojas nuevas al avanzar la edad de la planta, lo que incrementa el contenido de carbohidratos estructurales y de FND (Pizarro et al., 1993; Cowan y Lowe, 1998; Ramírez et al., 2010).

La misma tendencia observada en las concentraciones de FND se pudo evidenciar en los contenidos de FAD en ambas épocas del año, donde entre los 14 y 56 días de rebrote en la época lluviosa, el contenido de FAD se incrementó un 33% ($p < 0.05$), lo que afectó negativamente la DIVMS y dFND (Cuadro 2). Durante la época seca, se presentó un incremento ($p < 0.05$) de alrededor del 30% aproximadamente a los 28 días de rebrote con respecto a las demás edades, las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$). Martínez (2018) reporta valores similares a los encontrados durante la época seca, pero superiores a los encontrados durante la época lluviosa para esta misma especie.

En lo referente a los contenidos de LIG, estos fueron mayores en la época seca, sin encontrarse diferencias ($p > 0.05$) entre los 14, 28 y 42 días, y significativamente ($p < 0.05$) menor a los 56 días. En la época lluviosa no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las edades de rebrote. Estos resultados son similares a los indicados por Villalobos y Arce (2013) en una evaluación en Monteverde (1200 m s. n. m.) de Puntarenas, Costa Rica; con el mismo pasto, señalaron promedios de 4,1% en el contenido de LIG.

La DIVMS presentó un patrón decreciente altamente significativo ($p < 0.01$, Cuadro 2) en la época lluviosa al avanzar los días de rebrote. En forma contraria, durante la época seca no se presentó un patrón creciente o decreciente durante las edades evaluadas. Por lo general, en la mayoría de los sistemas ganaderos de Costa Rica, las rotaciones con pasto estrella africana se realizan entre los 28 y 35 días, en donde la DIVMS promedio es del 55 a 60% (Mislevy 2002). En la presente investigación, en la época lluviosa se encontraron valores de DIVMS de 69,1% y 67,3% a las edades de 28 y 42 días, correspondientemente. Estos resultados son muy similares a los señalados por Campos et al. (2015), los cuales indican promedios de DIVMS entre los 72,6% y 70,7%, en las edades de 21 y 35 días de rebrote. Para la época seca, se observa una disminución en la DIVMS.

Con respecto a la dFND, se presentó un patrón decreciente altamente significativo ($p < 0.01$) al avanzar la edad de rebrote en la época lluviosa. En esta época, el mayor contenido de dFND se presentó a los 14 días de rebrote, y su disminución se acentuó al llegar a los 56 días de rebrote. Estos resultados fueron mayores a los indicados por Campos et al. (2015), los cuales señalan promedios de dFND de 55,7% a los 21 días y 52,1% a los 35 días de rebrote. De igual manera, para la época seca

no se observa un patrón decreciente en el contenido de dFND en comparación con la época lluviosa ni con los resultados presentados por Campos et al. (2015).

Es importante señalar que, entre los 14 y 28 días de rebrote, se evidenció un deterioro en la calidad de la pastura, producto de las condiciones de sequía y alta temperatura. A partir del día 35 se dieron las primeras lluvias, lo que generó un incremento acelerado de rebrotes en la pastura producto del estrés hídrico al que se había sometido, lo cual tuvo una repercusión sobre la composición y calidad bromatológica del forraje.

Comportamiento de los pastos de zona baja

Los contenidos DIVMS y LIG presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la interacción entre las variables de época, rebrote y pasto. La FND y dFND se vieron afectadas de manera altamente significativa ($p < 0.01$) por la interacción entre las variables época-pasto y rebrote-pasto. La FAD se afectó significativamente ($p < 0.01$) para la interacción entre las variables rebrote-pasto.

Cuadro 3. Composición bromatológica de pastos de piso ubicados en la zona baja en diferentes edades de rebrote y épocas del año.

Pasto	Época	Rebrote	FND %	FAD %	LIG %	DIVMS %	dFND %
Diamantes	Lluviosa	14	59,1	30,0	3,6 ^{cd}	68,3 ^{abcd}	59,8
		28	60,4	32,1	3,5 ^d	70,5 ^a	61,5
		42	57,2	30,7	3,0 ^d	69,1 ^{abc}	57,6
		56	58,7	32,1	3,6 ^d	66,8 ^{abcdef}	54,5
	Seca	14	62,4	34,1	8,9 ^{ab}	61,3 ^g	48,4
		28	61,1	34,1	9,1 ^{ab}	56,8 ^h	42,7
		42	63,3	34,8	9,1 ^{ab}	51,5 ⁱ	37,6
		56	62,7	35,0	8,5 ^{ab}	57,4 ^h	44,5
Mombaza	Lluviosa	14	57,3	30,5	3,5 ^c	65,8 ^{abcdefg}	59,0
		28	62,4	35,2	3,1 ^d	61,7 ^{fg}	50,2
		42	60,1	34,8	3,5 ^d	57,5 ^h	42,7
		56	63,1	37,0	4,0 ^c	54,8 ^h	42,4
	Seca	14	56,8	31,1	8,1 ^b	69,8 ^{ab}	58,7
		28	63,1	36,1	8,6 ^{ab}	56,0 ^h	42,5
		42	63,5	36,4	8,8 ^{ab}	54,8 ^h	41,3
		56	66,3	40,0	9,3 ^{ab}	49,2 ⁱ	35,0
Ratana	Lluviosa	14	58,3	28,7	3,2 ^d	59,9 ^h	49,3
		28	50,3	30,4	4,4 ^c	51,6 ⁱ	37,3
		42	51,1	26,1	3,1 ^d	65,2 ^{bcdefg}	53,1
		56	52,2	26,2	4,1 ^c	59,4 ^h	46,9
	Seca	14	59,9	30,1	9,7 ^a	57,7 ^h	49,4
		28	57,5	29,9	9,2 ^{ab}	63,3 ^{defg}	54,7
		42	59,9	29,5	9,2 ^{ab}	60,0 ^h	52,1
		56	59,6	28,6	8,7 ^{ab}	62,5 ^{efg}	54,4
Toledo	Lluviosa	14	59,6	30,8	3,8 ^c	64,8 ^{bcdefg}	54,4
		28	59,6	31,5	5,0 ^c	67,4 ^{abcde}	57,3
		42	58,4	31,2	2,8 ^d	64,4 ^{cdefg}	52,4
		56	59,2	31,6	2,3 ^d	68,5 ^{abcd}	58,2
	Seca	14	60,0	33,1	8,3 ^b	57,9 ^h	45,3
		28	58,5	32,3	8,8 ^{ab}	60,7 ^g	48,8
		42	61,4	32,8	8,7 ^{ab}	58,8 ^h	47,4
		56	61,9	33,4	8,5 ^{ab}	58,6 ^h	48,6
Época-rebrote			*	-	**	-	-
Época-pasto			**	-	**	**	**
Rebrote-pasto			**	**	-	**	**
Época-rebrote-pasto			-	-	**	**	-

* p<0.05 y **p>0.01.

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes p<0.05 (Tukey).

En lo que respecta a los contenidos de FDN encontrados en los pastos evaluados en la zona baja, no se evidenció una tendencia en aumentar la concentración de la FND al avanzar los días de rebrote (cuadro 3), comportamiento similar al ocurrido en los pastos de zona alta.

Los pastos diamantes y toledo no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de FND para la interacción rebrote-pasto. En el caso de los pastos mombaza y ratana, sí presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). La edad de rebrote de 14 días es diferente estadísticamente a las demás, obteniendo un 57,1% de FND para el pasto mombaza, siendo este contenido inferior a los encontrados en las demás edades de rebrote. En el caso del pasto ratana, a la edad rebrote de 14 días, se obtuvo un porcentaje de FDN del 59,1%, superior a las demás edades de cosecha evaluadas.

Villalobos (2010) reportó valores promedio para FND en pasto ratana de 53,8 y 54,7% entre edades de rebrote de 28 a 42 días, similares a los encontrados en la presente investigación. Jumbo y Rodríguez (2019) obtuvieron resultados superiores para FDN (63,9% a 68,7%) en este pasto, en un estudio realizado en la provincia de Manabí Ecuador, a una altura de 250 m s. n. m.

En un estudio realizado por Marcías et al. (2019), en la provincia de Manabí Ecuador a una altura de 250 m s. n. m., se reportaron valores promedio de FND en el pasto mombaza de 60% a 68,7% en edades de 20 a 30 días de rebrote; similares a los encontrados en la presente investigación.

En lo que respecta a la interacción época-pasto, se presentó un aumento significativo ($p < 0.05$) en el contenido de FND en la época seca para los pastos diamantes, mombaza y ratana. Solo en el pasto toledo no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre épocas del año.

Ortega et al. (2015) reportaron valores promedio de FND para el pasto toledo del 70,8% en una investigación realizada en el estado de Xalisco, México; estos resultados se encuentran por encima de los obtenidos en la presente investigación.

En relación con las concentraciones de FAD, en la interacción rebrote-pasto, los pastos de bajura no presentaron una tendencia clara en el incremento de los contenidos de FAD al avanzar la edad de rebrote, solo el pasto mombaza mostró un aumento del 15,5% en el contenido entre las edades de 14 (30,8%) y 56 (38,5%) días de rebrote. Los resultados obtenidos en la presente investigación son

inferiores a los reportados por Jumbo y Rodríguez (2019), los cuales indican valores promedio de 35,4% a 45,8% en las edades de 20 a 35 días de rebrote. Marcías et al. (2019) indicaron concentraciones de 31,7% a 44,5% de FAD en edades de 20 a 30 días de rebrote, los cuales son similares a los reportados de en esta investigación.

En el pasto ratana se presentó un comportamiento inverso al descrito en el pasto mombaza, donde los contenidos más altos de FAD se presentaron en edades de 14 y 28 días, con valores de 29,4% y 30,2% correspondientemente, siendo estadísticamente ($p < 0.01$) superiores a los encontrados en las edades de 48 y 56 días (27,8% y 27,4% respectivamente). Villalobos (2010) reportó concentraciones de FAD de 30,3% a los 28 días de rebrote, concordando con los resultados obtenidos en esta investigación.

Con relación a los contenidos de LIG, los mayores se encontraron en el pasto ratana durante la época seca a la edad de rebrote de 14 días. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) con las demás edades de rebrote en esta época (Cuadro 3), pero sí con las diferentes edades evaluadas para este pasto durante la época lluviosa. Los contenidos de LIG más bajos en los pastos evaluados en zona baja se encontraron durante la época lluviosa.

De igual forma, los contenidos de LIG de los pastos diamantes, mombaza y toledo fueron mayores en la época seca. En el caso del pasto diamantes, al igual que en el ratana, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las edades de rebrote durante la época seca. En los pastos toledo y mombaza, los contenidos de LIG a la edad de 14 días fueron inferiores ($p < 0.05$) a los obtenidos en las demás edades de rebrote evaluadas. Al igual que el pasto ratana, las demás especies de pastos presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los contenidos de LIG entre las diferentes edades de rebrote durante la época lluviosa.

Suárez et al. (2011), en un estudio donde se evaluó el pasto mombaza en ganado bovino, encontraron valores promedios de LIG de 4,6% a 5,9%, los cuales están por debajo de los obtenidos en la presente investigación. Martínez (2018) reportó contenidos de LIG en el pasto ratana entre 2% y 3,6% en las edades de 20 a 40 días de rebrote, los cuales son inferiores a los encontrados en la presente investigación. Además, indicó promedios de 1,5% a 2% en el contenido de LIG del pasto

toledo entre las edades de 20 a 40 días de rebrote, resultados inferiores a los encontrados en la presente investigación.

En lo que respecta a los porcentajes de DIVMS, de manera general los valores más altos se encontraron durante la época lluviosa en todas las especies evaluadas. El pasto diamantes, no presentó diferencias significativas durante la época lluviosa ($p>0.05$), entre ninguna de las edades de rebrote. Caso contrario se presentó en la época seca, donde sí se presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre las edades de rebrote, siendo la edad de 14 días la que obtuvo la DIVMS más alta (61,3%), estadísticamente superior a las demás edades evaluadas. La DIVMS más baja para esta especie se obtuvo en la edad de 42 días (51,5%), siendo esta 19% inferior a la obtenida en la edad de rebrote de 14 días. Resultados superiores fueron reportados por Martínez (2018) en una investigación realizada con el mismo pasto en Costa Rica, indicando promedios de DIVMS de 61,3% a 72,5% entre las edades de 20 a 40 días de rebrote.

El pasto mombaza presentó un patrón decreciente para la DIVMS al avanzar la edad de rebrote en ambas épocas del año; presentándose una disminución del 20% entre las edades de rebrote de 14 y 56 días rebrote en la época lluviosa, y del 42% durante época seca entre las mismas edades. Campos et al. (2015), en una investigación realizada la zona de Sarapiquí, Costa Rica, reportaron DIVMS entre los 66,7% a 69,5% en edades de rebrote entre 15 a 19 días, resultados superiores a los encontrados en la presente investigación.

El pasto ratana, durante la época lluviosa presentó diferencias significativas ($p<0.05$) para la edad de rebrote. Obtuvo el porcentaje de DIVMS más alto en la edad de 42 días (65,2%), el cual fue superior significativamente ($p<0.05$) al obtenido en las otras edades. En la época seca, las edades de 28 y 56 días fueron estadísticamente ($p<0.05$) superiores a las edades de 14 y 42 días (Cuadro 3). Campos et al. (2015) reportaron valores de 71,8% a 72,4% de DIVMS entre las edades de 16 a 20 días de rebrote, promedios superiores de DIVMS a los de la presente investigación.

El pasto toledo en la época lluviosa no presentó diferencias significativas ($p>0.05$) entre las diferentes edades de rebrote. Durante la época seca, la edad de rebrote de 28 días fue superior a las demás. Datos superiores fueron reportados por Ortega et al. (2015), quienes en una caracterización de 4

especies de los géneros *Brachiaria* y *Panicum* (en la zona de Xalisco, México) reportan promedios de DIVMS de 64,2%; lo cual difiere con los encontrados en la presente investigación.

En relación con la interacción rebrote–pasto sobre la dFND, el pasto diamantes no presentó una tendencia clara en disminuir la dFND al avanzar la edad de rebrote. Se dio una disminución significativa ($p < 0.05$) en la edad de rebrote de 42 días (47,6%) con respecto a las edades de 14 (54,1%) y 28 días (52,1%), pero se dio un incremento (49,5%) en la edad de 56 días. Promedios superiores fueron indicados por Campos et al. (2015), quienes indican valores de dFND de 56,6%, 55,2% y 52,1% para las edades de 20, 22 y 24 días de rebrote, respectivamente, en el mismo pasto.

En el pasto mombaza, la dFND disminuyó significativamente ($p < 0.05$) al avanzar la edad de rebrote entre las edades de 14 y 56 días de rebrote. No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre las demás edades. Datos superiores fueron indicados por Campos et al. (2015), quienes encontraron promedios de 57,2% en el contenido de dFND en el rango 15 a 35 días de rebrote; difiriendo con los contenidos obtenidos en la presente investigación.

El pasto ratana presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de dFND en las diferentes edades de rebrote; los valores más altos se encontraron en las edades de 48 y 56 días, y el valor más bajo y diferente significativamente, en la edad de 28 días (46%). Resultados superiores fueron indicados por Campos et al. (2015), quienes reportaron valores promedio de 56,1% en el contenido de dFND en el rango de 16 a 20 días de rebrote; los cuales son superiores a los indicados a la presente investigación.

En el caso del pasto toledo, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el contenido de dFND para la interacción rebrote–pasto.

En lo que respecta a la interacción época-pasto, se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la variable dFND, obteniéndose valores superiores durante la época lluviosa en los pastos diamantes, mombaza y toledo. En el pasto ratana se dio un comportamiento distinto: el valor más alto de dFND se obtuvo durante la época seca (52,7%). Los valores más altos de dFND se obtuvieron durante la época lluviosa en los pastos diamantes con 58,4% y toledo con 55,6%.

CONSIDERACIONES FINALES

Se logró identificar un efecto sobre los componentes de la pared celular (FND, FAD y LIG) al avanzar la edad de rebrote, presentándose mayores contenidos de las diferentes fracciones durante la época seca. Los valores más altos de DIVMS y dFND se presentaron en los pastos de zona alta, principalmente en el pasto ryegrass con promedios superiores al 70%.

Los resultados obtenidos muestran las diferencias existentes entre los pastos utilizados en las zonas bajas y las zonas altas del país, observándose menores contenidos de pared celular y mayores porcentajes de DIVMS en los pastos de altura. Esto está directamente relacionado a los tipos de actividades ganaderas que se encuentran en cada zona, siendo más común los sistemas lecheros intensivos con mayores requerimientos nutricionales en las zonas altas y sistemas ganaderos de carne extensivos en las zonas bajas del país.

Los resultados obtenidos muestran cómo se debe de modificar una práctica de manejo como el periodo de descanso de la pastura (edad de rebrote) en los sistemas ganaderos dependiendo la zona, época del año y la especie de pasto. Se pudo evidenciar cómo a la misma edad de rebrote los componentes de la pared celular y la DIVMS varían dependiendo de la época del año.

Debido a esto, los productores deben de modificar los periodos de descanso de la pastura dependiendo de la época del año para lograr mantener la calidad de los pastos. Para esto se recomienda monitorear de manera periódica la condición de las pasturas a través de muestreos que permita al productor disponer de información y de esta forma ofrecer a los animales pasto de buena calidad durante todo el año.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio formó parte del Proyecto de Investigación "Factores asociados a la emisión de metano entérico a través de métodos indirectos en siete especies de gramíneas utilizadas en sistemas ganaderos de Costa Rica" inscrito ante el Sistema de Información Académica (SIA) de la Universidad

Nacional (UNA), bajo el código 0137-16. Nuestro más sincero reconocimiento por el apoyo financiero aportado que hizo posible la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Andrade, M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 225 p.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 1980. Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington D.C., USA, Association of Official Analytical Chemists. 1040 p.
- Araya, M., y C. Boschini. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 161:37-43.
- Armijos, W. 2014. Caracterización bromatológica y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 15 variedades de pastos de la sierra ecuatoriana. Tesis Mag., Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.
- Bernal, E.J. 2003. Pastos y forrajes tropicales. Producción y Manejo. Colombia, Ideagro. 421 p.
- Campos-Granados, C., A. Rojas-Bourrillon. y A. Martínez-Machado. 2015. Digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro de 9 forrajes de piso utilizados en lecherías de altura y bajura en Costa Rica". *Memorias XXI Congreso Nacional Lechero*. Cámara Nacional de Productores de Leche. 3p.
- Cornu, A., J.M. Besle, P. Mosoni, y E. Grenet. 1994. Lignin – carbohydrate complexes in forage: Structure and consequences in the ruminal degradation of cell wall carbohydrates. *Reproduction Nutrition Development*, 34(5):385-398. doi: 10.1051/rnd:19940501.
- Correa, H., L. Jaimes, J. Avellaneda, M. Pabón, y J. Carulla. 2016. Efecto de la edad de rebrote del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *Livestock Research for Rural Development*, 28 (3).

<http://www.lrrd.org/lrrd28/3/jaim28047.html> (consultado 15 nov. 2020).

Cowan, R.T, y K.F. Lowe. 1998. Tropical and subtropical grass management and quality. En: Chenney, J.H. y D.J. Cherney. editors, Grass for Dairy Cattle. CABI Publishing. Wallingford, Oxon, U.K.p 101-136.

Dimaté, H. 2016. Caracterización agronómica y nutricional de cultivares de Raigrás (*Lolium perenne*) en el Noreste de Bogotá. Universidad de La Salle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/288> (consultado 30 oct. 2020).

Gómez, O. y P. Montes de Oca. 1999. Estudio detallado de suelos de la Finca Santa Lucía en Barva, Heredia. XI Congreso Nacional Agronómico. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_031.pdf (consultado 30 oct. 2020).

Herrera, R. 1981. Influencia de la fertilización nitrogenada y edad de rebrote en la calidad del pasto bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross). Tesis Ph.D., Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2017. Datos climáticos. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. <https://www.imn.ac.cr/web/imn/inicio> (consultado 3 nov. 2020).

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2015. Datos estadísticos. <https://www.inec.cr/multimedia/encuesta-nacional-de-hogares-2015> (consultado el 15 nov. 2020).

INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria). 2015. Suelos de Costa Rica orden inceptisol. Boletín técnico 5. San José, Costa Rica. 2 p.

Jiménez, J. 2018. Efecto de la época y los días de rebrote sobre la producción y la calidad nutritiva de pastos en Costa Rica. Tesis M.Sc., Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Jumbo, M. y A. Rodríguez. 2019. Comportamiento agronómico del pasto marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) en El Carmen provincia de Manabí, Ecuador. TLATEMOANI: Revista

Académica de Investigación 11 (33): 1-15.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7451962> (consultado 29 set. 2020).

Macías D., P. Vargas, M. Solórzano, F. Mendoza, y F. Intriago. 2019. Evaluación agroproductiva del pasto (*Panicum máximum* cv. Mombaza) en el cantón El Carmen, Manabí-Ecuador. Revista SPAMCIENCIA, 102: 78-84.

Martínez, A. 2018. Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 78 p.

Mislevy, P. 2002. Stargrass. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, USA. 4 p.

Ortega, C., C. Lemus, J. Bugarín, G. Alejo, A. Ramos, O. Grageola, y J. Bonilla. 2015. Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en 4 especies de pasto de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*. Tropical and Subtropical Agroecosystems 18(3): 291-301. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93944043005> (consultado 15 nov. 2020).

Pizarro, E., R. Amaral, y R. Vera. 1993. Efecto de diferir la época de utilización en la producción y calidad de *Panicum maximum*. Revista Pasturas Tropicales, 151: 23-29.

Ramírez, J., D. Verdecia, I. Leonard, y Y. Álvarez. 2010. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Panicum máximum* cv. Likoni en un suelo Fluvisol de la región oriental de Cuba. Revista Electrónica de Veterinaria, 117: 1-14.

SAS Institute. 2009. The SAS system for Windows. Release 9.4 SAS Inst. Cary, NC, USA.

SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2017. Informe de gestión del sector agropecuario y de desarrollo rural mayo 2016 – abril 2017. http://www.sepsa.go.cr/DOCS/2017-008-Inf_Gestion_Sector_Mayo2016-Abril2017.pdf (consultado 5 oct. 2020).

Sorio, H. 2012. Pastoreo Voisin: Teorías – prácticas – vivencias. 3ª ed. Méritos Editora Ltda. 298 p.

- Suárez, E., S. Reza, F. García, I. Pastrana, y E. Díaz. 2011. Comportamiento ingestivo diurno de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea *Panicum maximum* cv. Mombasa. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 12 (2):167-174.
- Van Soest, P.J., y J.B. Robertson. 1985. Analysis of forages and fibrous feeds. Cornell University. Ithaca, NY.
- Van Soest, P.V., J.B. Robertson, y B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583 - 3597.
- Van-Soest, P.J., M.E. Van Amburgh, J.B. Robertson, y W.F. Knaus. 2005. Validation of the 2.4 times lignin factor for ultimate extent of NDF digestion, and curve peeling rate of fermentation curves into pools. In: Cornell University, editor, Proceedings of the Cornell Nutritional Conference for Feed Manufacturers. Fecha conferencia. Cornell University, Ithaca, New York, USA. 139-149 p.
- Vargas, V. 2019. Efecto del intervalo de corte sobre parámetros productivos y nutricionales de una pastura a base de kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina* hochst. Ex chiov h. Scholz), en Sucre, San Carlos, Costa Rica. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Villalobos, E. 2010. Respuesta del pasto ratana (*Ischaemum indicum*) a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela. 45 p.
- Villalobos, L.A. 2006. Disponibilidad y valor nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) en las zonas altas de Costa Rica. Tesis Lic. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Villalobos, L. y J. Arce. 2013. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. Revista Agronomía Costarricense, 37(1): 91-101 doi 10.15517/RAC.V37I1.10715.
- Villalobos, L. y J. 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. Revista Agronomía Costarricense, 34(1): 31-42. doi 10.15517/RAC.V34I1.6698.

Zambrano, G., J. Apráez, y J. Navia. 2014. Relación de las propiedades del suelo con variables bromatológicas de pastos, en un sistema lechero de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 31(2): 106-121.