

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y BROMATOLÓGICA DE SIETE
ESPECIES DE GRAMINEAS EN TRES ZONAS
AGROCLIMATICAS, UTILIZADAS EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN GANADEROS DE COSTA RICA**

Trabajo final de graduación bajo modalidad de artículo científico para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

Estudiante

Bach. José Mario Núñez Arroyo

Tutor

M.Sc. José Pablo Jiménez Castro

Asesores

Ph.D. Carlos Miguel Tobía Rivero

Lic. Luis Mauricio Arias Gamboa

Campus Omar Dengo
Heredia, Costa Rica, 2021

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y BROMATOLÓGICA DE SIETE
ESPECIES DE GRAMINEAS EN TRES ZONAS
AGROCLIMATICAS, UTILIZADAS EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN GANADEROS DE COSTA RICA**

Estudiante

Bach. José Mario Núñez Arroyo

**Trabajo final de graduación de tesis sometida a consideración del
tribunal examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar por el
grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.**

**Trabajo final de Graduación presentado como requisito parcial para optar al grado de
Licenciado en Ingeniería Agronómica.**

Tribunal Examinador

M.Sc. Jose Fabio Chaverri Fonseca
Decano Facultad Ciencias de la Tierra y el Mar

Ph.D. Rafael Evelio Granados Carvajal
Director Escuela de Ciencias Agrarias

M.Sc. José Pablo Jiménez Castro
Director de Tesis

Ph.D. Carlos Miguel Tobía Rivero
Asesor

Lic. Luis Mauricio Arias Gamboa
Asesor

Bach. José Mario Núñez Arroyo
Sustentante

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado de todo corazón a nuestro señor Jesús Cristo, por haberme dado el don de la vida y todas las capacidades para poder realizar este trabajo, se lo agradezco de todo corazón.

"Dad gracias en todo, porque esta es la voluntad de Dios para con vosotros en Cristo Jesús." 1 Tesalonicenses 5:18

AGRADECIMIENTOS

Les agradezco de todo corazón a mis tíos Sedy Arroyo Quesada y Gilberto Siles Guerrero, por todo el apoyo brindado en el transcurso de mi tiempo como estudiante ya que sin el apoyo de ella no podría haber empezado y concluir con mis estudios universitarios.

A mis padres Mario Núñez Quirós y Vera Virginia Arroyo Quesada por todo el apoyo brindado en toda mi vida por todas las palabras, consejos y por darme el don de la vida.

A mi esposa Yirlan Samaria Morales Jiménez por ser unos de los pilares de mi vida, apoyarme e impulsarme para concluir con la investigación.

A mi tutor José Pablo Jiménez Castro por todo el apoyo brindado en la elaboración de la investigación y por sus sabios consejos para poder terminarla con éxito.

A mis lectores Carlos Miguel Tobía Rivero y Luis Mauricio Arias Gamboa por todo el apoyo brindado y el tiempo dedicado en las revisiones de la tesis.

Al Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales de la Escuela de Ciencias Agrarias de la UNA por el apoyo brindado en los diferentes análisis de las diferentes muestras utilizadas.

Este estudio forma 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.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
MARCO TEÓRICO	5
Importancia de los pastos en la ganadería.....	5
Características generales de las pasturas.....	5
<i>Ischaemum indicum</i> (Ratana)	5
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (Estrella africana).....	6
<i>Lolium perenne</i> (Ryegrass perenne).....	7
<i>Brachiaria brizantha</i> (cv. Toledo)	8
<i>Brachiaria brizantha</i> (Diamantes)	8
<i>Panicum máximum</i> (Mombaza)	9
Manejo de las pasturas y su utilización.....	10
Producción de biomasa de los pastos tropicales	11
Composición de los pastos tropicales	11
Limitaciones de los forrajes tropicales para satisfacer las necesidades del ganado bovino	13
Factores que influyen en el valor nutritivo del forraje.....	14
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	16
CAPITULO 2	23
Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y calidad en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica.....	23
CAPITULO 3	43
Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre los componentes de la pared celular y digestibilidad in vitro de gramíneas.....	43
CONCLUSIONES GENERALES	64

RECOMENDACIONES GENERALES	65
ANEXOS	66

LISTA DE CUADROS

Capítulo 1

Tabla 1. Composición nutricional de algunos forrajes de uso frecuente en fincas de ganado bovino en el trópico, los cuales se han analizado en Costa Rica..... 12

Capítulo 2

Cuadro 1. Producción de materia seca y composición bromatológica de pastos de piso ubicados en la zona alta, en diferentes edades de rebrote y épocas del año. 29

Cuadro 2. Producción de materia seca y composición bromatológica del pasto estrella africana, a diferentes edades de rebrote y épocas del año. 31

Cuadro 3. Producción de materia seca y composición bromatológica de pastos ubicados en la zona baja, en diferentes edades de rebrote y épocas del año. 33

Capítulo 3

Cuadro 1. Composición bromatológica de pastos de piso ubicados en la zona alta, en diferentes edades de rebrote y épocas del año. 48

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). 51

Cuadro 3. Composición bromatológica de pastos de piso ubicados en la zona baja, en diferentes edades de rebrote y épocas del año. 54

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABC: American Bird Conservancy.
- AOAC: Official Methods of Analysis
- CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- CE: cenizas.
- CENAGRO: Censo Nacional Agropecuario.
- CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- CIPAV: Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria.
- cm: centímetro.
- CNF: Carbohidratos no fibrosos.
- dFND: digestibilidad de la fibra neutro detergente.
- DIVMS: digestibilidad in vitro de la materia.
- ED: Energía digestible.
- EE: extracto etéreo.
- EM: energía metabolizable.
- ENL: Energía neta de lactancia.
- FAD: fibra ácido detergente.
- FND: fibra neutro detergente.
- IMN: instituto meteorológico nacional.
- INEC: Instituto nacional estadística y censo.
- INTA: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.
- IPNI: International Plant Nutrition Institute.
- kg N/ha⁻¹: kilogramos nitrógeno por hectárea.
- Kg: kilogramos.
- KgMS/ha: kilogramos de materia seca por hectárea.
- LIG: lignina.
- m: metros.
- m²: metro cuadrado.

- Mcal/Kg MS: mega calorías por kilogramo de materia seca.
- mg/Kg: miligramos por kilogramo.
- mm: milímetros.
- MS.ha⁻¹: materia seca hectárea.
- MS: materia seca.
- Msnm: metros sobre el nivel del mar.
- NITLAPAN: Instituto de Investigación y Desarrollo de la Universidad Centroamericana.
- NRC: Nutrient requirements of dairy cattle
- PC: proteína cruda.
- PVC: policloruro de vinilo.
- SAS: SAS INTITUTE.
- SEPSA: Secretaría Ejecutiva del Plan Sectorial Agropecuario.
- SIA: Sistema de Información Académica.
- ton ha⁻¹·año⁻¹: toneladas por hectárea por año.
- ton/ MS/ha: toneladas de materia seca por hectárea
- UA/ha: unidad animal por hectárea.
- UNA: Universidad Nacional.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

En los últimos años, en la mayoría de los países de América Latina se han presentado problemas de baja productividad en el ganado, esto ocasionado por la baja calidad de los pastizales y el alto nivel de degradación que estos poseen, los cuales alcanzan aproximadamente el 50% de la superficie aprovechable por los animales (Jiménez, 2004).

La participación del sector agropecuario en la producción nacional representa el 5,0%; en donde el área pecuaria equivale al 19% de la producción agrícola. Y la cría de ganado vacuno representa el 73,7% del sector pecuario nacional (SEPSA, 2017).

Según el Censo Agropecuario del año 2014, en Costa Rica hay un total de 37 171 fincas dedicadas a la producción de ganado bovino lo cual representan 1,04 millones de hectáreas, en total se contabilizaron 1 278 817 animales de los cuales 538 593 (42%) se dedican a los sistemas de producción cárnica, 409 889 (32%) a sistemas de doble propósito (producción de leche y carne) y por último 327 130 (26%) a sistemas de producción de leche. En donde más del 95% de las fincas poseen sistemas de pastoreo los cuales son utilizados para la alimentación de los animales. Además, se logró identificar que el 66,4% de las fincas dedicadas a sistemas de producción de bovinos son fincas de menos de 20 hectáreas por lo que se evidencia que esta es una actividad con gran influencia en pequeños y medianos productores (INEC, 2015).

Los sistemas productivos ganaderos en Costa Rica basan su alimentación principalmente en el uso de pasturas, ya sean autóctonas o provenientes de otras latitudes 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. Así mismo, 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). Sin embargo, las variedades de pastos utilizadas en los trópicos, en su mayoría no satisfacen los requerimientos nutricionales de los animales, por lo que los productores se ven obligados a utilizar suplementos alimenticios que conllevan a un aumento de los costos de producción y la disminución de la rentabilidad de la actividad.

Las reacciones bioquímicas y metabólicas que suceden en los pastos están asociadas a la temperatura ambiental, la cual también afecta el crecimiento de los pastos y la producción de materia seca. La temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividad de enzimas y coagulación de las proteínas (Eusse, 1994).

La intensidad lumínica es un factor que influye directamente en la producción de pastos, ya que el crecimiento de las pasturas está muy relacionado con la cantidad de horas luz y de la intensidad de esta que es aprovechada por los pastos. (Eusse, 1994).

De esta forma, es necesario establecer prácticas de manejo para un uso eficiente del pastoreo que consideren las fluctuaciones en cuanto a producción de biomasa y calidad nutricional, debido a los efectos de la época del año (verano e invierno) y la edad de rebrote de los pastos y así, poder discernir la edad óptima de rebrote para que los animales puedan pastorear y así obtener los mejores resultados.

Por lo tanto, el presente trabajo busca evaluar el efecto de la época del año y la edad de rebrote de las pasturas sobre la producción de materia seca y composición bromatológica en siete pastos de piso de importancia para la ganadería costarricense: *Ischaemum indicum* (Ratana), *Cynodon nlemfuensis* (Estrella africana), *Lolium perenne* (Ryegrass perenne), *Kikuyuocloa clandestinum* (Kikuyo), *Brachiaria brizantha* (cv. Diamantes), *B. brizantha* (cv. Toledo), *Panicum máximum* (cv. Mombaza) en tres fincas ubicadas en las zonas de Sabanilla de Alajuela, Barva y Sarapiquí de Heredia, con esto identificar el estado fenológico ideal de los pastos para ser aprovechado por los animales, de esta forma aumentar los rendimientos y las ganancias para los productores.

El estudio se realizará como parte del proyecto “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) mediante el código 0137-16, presentado por el área de producción animal de la Escuela de Ciencias Agrarias y apoyado por la Escuela de Química de la UNA y el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la edad de rebrote y la época del año sobre la producción biomasa y la composición bromatológica de siete gramíneas, en tres zonas con diferentes condiciones agroclimáticas, que genere información que contribuya con el uso eficiente del recurso forrajero para los sistemas de producción de rumiantes en Costa Rica.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de la edad de rebrote y la época del año sobre la producción de materia seca y los porcentajes de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas de siete especies de gramíneas, en tres condiciones agroclimáticas diferentes.

Determinar el efecto de la edad de rebrote y la época del año sobre los componentes de la pared celular, la digestibilidad in vitro de la materia seca y la digestibilidad in vitro de la fibra neutro detergente, de siete especies de gramíneas, en tres condiciones agroclimáticas diferentes.

MARCO TEÓRICO

Importancia de los pastos en la ganadería

Las pasturas son la fuente de nutrientes que mejor se adaptan a las necesidades fisiológicas del ganado vacuno, por lo que su alimentación se basa a partir de estos. En general, los pastos presentan una alta producción de biomasa, aunque en forma estacional, además de una buena calidad en la mayoría de los casos cuando se manejan de la forma adecuada (Palma, 2005). Es importante destacar que es una fuente de alimentación económica y los animales pueden cosecharla por si mismos directamente del potrero o del campo, sin tener que utilizar recursos económicos para su ofrecimiento en canoas o comederos.

Existen gran cantidad de gramíneas y leguminosas adaptadas a las condiciones tropicales. En el mundo existen unas 10000 especies de gramíneas, en donde únicamente alrededor de 40 se emplean en los sistemas de producción animal y menos de la mitad de ellas se emplean en el trópico (Göhol, 1982). Los pastos tropicales pueden poseer rendimientos de producción de MS superiores a los de las zonas templadas, pero la calidad nutricional de estos tiende a ser de inferior a los que se utilizan en las zonas templadas siendo deficientes en proteína cruda (PC) y relativamente altas en fibra (Close y Menke, 1986). Además, los pastos varían en su composición y producción dependiendo del clima, el suelo donde crecen y del manejo que se les dé (Castiblanco, 2005).

Los sistemas de producción de rumiantes que basan su alimentación en la utilización de recursos forrajeros tales como pastos de piso, de corte y otras especies arbustivas, han disminuido los costos de producción al reducir el uso de alimentos balanceados, lo que ha permitido mantener producciones similares a las obtenidas en producciones utilizando alimentos balanceados, pero a un menor costo, lo que permite una mejora en la rentabilidad del productor (Castiblanco, 2005).

Características generales de las pasturas

Ischaemum indicum (Ratana)

El pasto Ratana (*I. indicum*) es una especie que se encuentra ampliamente difundida en zonas bajas y húmedas de Costa Rica, donde se ha reportado su crecimiento

principalmente en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica (Villarreal, 1992; Boschini, Pineda y Chacón, 2014). De acuerdo con diversos autores, esta especie es originaria del continente asiático, donde se ha visto favorecida en comparación con otras especies de gramíneas en suelos de baja fertilidad y con alta humedad (Harvard-Duclos, 1969; Ranacou, 1986), y en ocasiones ha sido reportada como una especie que muestra un comportamiento agresivo y alta palatabilidad (Aguila y Patino, 1970).

Respecto a la producción de forraje, Villarreal (1992) reporta valores desde 794 hasta 1695 kilogramos de materia seca por hectárea (Kg de MS/ha) en intervalos de corte de 28 días en la localidad de Río Frío del cantón de Sarapiquí; mientras que, en el distrito de Santa Clara en el cantón de San Carlos, las producciones fueron de 462 y 283 Kg MS/ha a los 35 días de rebrote en las épocas de mínima y máxima precipitación, respectivamente. Así mismo, el autor reporta contenidos de PC de 6,8 a 8,6 % y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de 59,7 %. Estudios realizados por Boschini *et al.*, (2014) encontraron contenidos de MS, PC, fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), extracto etéreo (EE), lignina (LIG) y cenizas (CE) de 27,2; 5,9; 66,2; 40,8; 2,2; 4,5 y 10,2 %, respectivamente.

***Cynodon nlemfuensis* (Estrella africana)**

El pasto Estrella africana es un forraje tropical perenne de clima caliente, el cual se adapta desde el nivel del mar hasta 2300 metros sobre el nivel del mar (msnm), el rango de adaptación a temperaturas va de los 20 a 27° C. El crecimiento se da por medio de estolones a menudo leñosos, lo que le permite distribuirse rápidamente al generar raíces profundas y culmos de hasta 1 m de altura. Al mismo tiempo producen semillas que facilita la dispersión, por lo que es un forraje de crecimiento bastante agresivo (Mislevy, 2002; Cook *et al.* 2005). El género *Cynodon* se caracteriza por su capacidad de extraer sustanciales cantidades de nutrientes del suelo (Pant, Mislevy y Rechcigl, 2004).

El periodo de descanso recomendado es de unos 25 días aproximadamente, además, se deben de implementar de manera conjunta programas de fertilización. Dentro de las características nutricionales de este pasto están el poseer de un 11,1 a 16,9% de PC, 61,3 a 81,4% DIVMS, 66,2 a 77,7% de FDN, 35,5 a 45,4% de FDA y de 1,8 a 2,7 mega calorías por kilogramo de materia seca (Mcal/Kg MS) de energía metabolizable (EM) (Laredo, 1985).

***Lolium perenne* (Ryegrass perenne)**

El pasto Ryegrass tiene un rango de adaptación que va de entre los 1800 y 3600 msnm, en alturas superiores a los 3000 msnm su crecimiento se reduce y por lo que los periodos de recuperación se deben de prolongar de 2 a 4 semanas. Crece en suelos de media a alta fertilidad, que cuenten con un adecuado drenaje y pH superior a 5,5. Además, es exigente a la nutrición de nitrógeno, fósforo y potasio (Oregon State University, 1999). Se adapta bien al clima frío en temperaturas no mayores a 22°C, mostrando buena productividad a temperaturas cercanas a los 15°C (Villalobos y Sánchez, 2010a).

Según Laredo y Cuesta (1988) este pasto posee un alto potencial forrajero debido a que presenta una alta proporción de carbohidratos solubles y una digestibilidad de 65-70%, por lo que se considera una alternativa para disminuir los costos de alimentación en los sistemas de producción de leche. La FDN, FDA y Lig son de 50,2 y 3%, respectivamente (Villalobos y Sánchez, 2010b).

Según Donaghy y Fulkerson (2001) la producción de MS en pasturas de Ryegrass asociado al trébol blanco, pueden llegar a 18-20 toneladas por hectárea de materia seca anuales ($\text{ton ha}^{-1}/\text{MS}/\text{año}^{-1}$) en condiciones de manejo y ambiente ideales. En condiciones de trópico y subtropico la producción de biomasa puede llegar a ser superior a $25 \text{ ton ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ de MS (Fulkerson, Lowe, Ayres y Launders, 1993).

***Kikuyuochloa clandestina* (Kikuyo)**

El Kikuyo es una gramínea de origen africano, perenne, requiere de suelos fértiles y es la especie más común y mejor adaptada al clima frío (Carrera, 2011; Avendaño, 2012). Este pasto forma estolones sobre la superficie del suelo con entrenudos cortos a partir de los cuales surgen raíces que fijan los estolones al suelo, de tal manera que lo que queda al acceso de los animales son principalmente hojas. Por lo que este forraje se caracteriza por tener una alta relación hoja: tallo (Soto, *et al.* 2005). Su hábito de crecimiento lo hace sumamente agresivo ante la invasión de otras forrajeras, es resistente al pisoteo y responde positivamente a la fertilización orgánica y química (Correa, Pabón, Carulla, 2008).

Dentro de las principales características nutricionales está es su alto contenido de PC de 20,5%, con valores máximos y mínimos de 27,1% 15,4%, respectivamente; dependiendo

de la edad de rebrote y otras condiciones como época del año y fertilización. La producción promedio es de 7,5 ton ha⁻¹/MS/año⁻¹ (Valderrama, 2014).

***Brachiaria brizantha* (cv. Toledo)**

El pasto *B. brizantha* cv. Toledo es de origen africano (Burundi). Se ha naturalizado en condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. Fue introducido a Colombia por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en 1985 donde empieza a sufrir un proceso de mejoramiento genético, siendo una gramínea perenne que crece formando macollas y puede alcanzar hasta 1,6 metros de altura. En Costa Rica fue introducido en 1988 y liberada en el 2001 como pasto Toledo (Argel, Hidalgo y Lobo, 2000).

En suelos de mediana fertilidad y precipitaciones superiores a 1600 milímetros (mm) anuales este pasto tiene rendimientos anuales cercanos a las 30 ton/ MS/ha (Lascano, 2002). Posee un buen crecimiento durante la época seca manteniendo una mayor proporción de hojas verdes que otros cultivares de la misma especie, como el Marandu y la libertad, lo cual parece estar asociado con un alto contenido de carbohidratos no estructurales 197 miligramos por kilogramo (mg/Kg) de MS (CIAT, 2019). Alcanza concentraciones de PC en hojas de 13%, 10% y 8% a edades de rebrote de 25, 35 y 45 días, respectivamente. En estas mismas edades la DIVMS fue de 67%, 64% y 60% (Lascano, 2002).

Lo descrito anteriormente explica que, sin embargo, a su rápido crecimiento después del pastoreo el nivel de PC en el forraje puede ser inferior que 7%, lo cual repercute negativamente en la producción animal. Para evitar esta condición se recomienda manejar las pasturas con altas cargas animales y pastoreos frecuentes para evitar esos bajos niveles de PC (Argel *et al.*, 2000).

***Brachiaria brizantha* (Diamantes)**

El pasto *Brizantha* cv Diamantes, es una gramínea perenne, estolonífera, con sistema radicular profundo que posee rizomas cortos y abundantes. Forma macollas gruesas y pueden alcanzar hasta 2 metros de altura, posee hojas erectas, largas y levemente pilosas de excelente palatabilidad y digestibilidad. Se adapta bien en suelos de mediana y alta fertilidad, y responde a la aplicación de fertilizantes. Necesita una precipitación mínima de 700 mm

anuales y se adapta a alturas que van desde los 0 a 1800 msnm (Guiot, 2001). El período de descanso debe ser de entre 30 y 35 días (Villareal, 1998).

Es originaria de África tropical, las cualidades de esta especie para mejorar la productividad animal son las siguientes: alta producción de forraje, buen valor nutritivo, buena producción de semilla y la tolerancia a sequías prolongadas, posee resistencia antibiótica al salvazo, resistencia a insectos comedores de hoja, alto vigor por ser establecido por semilla, resistencia a la roya y buen comportamiento ante condiciones de sombra y periodos secos prolongados, es bien consumida por los bovinos y es buena productora de semillas, Villareal, (1998). Pero no tolera los suelos pobremente drenados, ni el encharcamiento (CIAT, 2019).

Según Chávez (1990), las producciones para la época de mayor precipitación son de 985 Kg Ms/ha y un 19% de MS, por otra parte, Miranda (1991), en Río Frío, Sarapiquí en el período de máxima precipitación obtiene valores de 1,8 ton MS/ha y un 9,3% de PC. A las 6 semanas de rebrote se han reportado contenidos de 13% de PC y de 55 a 59,5 % de DIVMS, en la Zona Atlántica de Costa Rica (CIAT, 2019).

***Panicum maximum* (Mombaza)**

El Mombaza es una especie con amplio rango de adaptación que va desde 0 a 1800 msnm es originaria de Tanzania (África). Fue liberada por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) en 1993 con el código BRA 006645 (Coauro, González, Araujo y Vergara, 2004). Crece bien en suelos de alta fertilidad y soporta niveles moderados de sequía, por su gran sistema radicular. La altura de pastoreo varía, pero se recomienda hacerlo cuando alcanza entre 60 y 80 cm, aprovechándolo hasta los 20 cm.

Requiere una adecuada preparación del terreno, es exigente en fertilidad del suelo, por lo que, con adecuados programas de fertilización, se han alcanzado niveles de producción de 40-50 ton de MS/ha/año que expresados en términos de materia verde serían de 150 a 200 ton/ha/año) (CATIE, CIPAV, NITLAPAN y ABC, sf).

Se han encontrado porcentajes aceptables de DIVMS la cual ronda el 70%; el contenido de los contenidos de PC pueden variar de entre el 8 y el 22%. (CATIE *et al.* sf). En muestreos realizados a los 21, 42 y 63 días de edad, se comprobó que el contenido de PC de los cultivares Mombaza y Tanzania es de 12% a los 21 días, de 10% a los 42 días y de 9% a

los 63 días. Valderrama (2002), refería rendimientos de 4,4 y 4,7 ton MS/ha. Con contenidos de fibra de 1,7 ton/ha en las épocas de mínima y máxima precipitación.

Manejo de las pasturas y su utilización

El manejo de las pasturas debe orientarse a la producción de biomasa, en donde estas aporten los nutrientes necesarios a los animales y puedan ser aprovechados de manera productiva. Por lo que se tiene la necesidad de manejar las pasturas bajo un concepto de persistencia de pasturas y agricultura sostenible. La edad de rebrote a la que se deben de pastorear o cosechar los forrajes es un punto sumamente crítico para poder obtener el mayor aprovechamiento de las pasturas. Esto se logra al obtener el mejor balance entre la producción de MS y calidad bromatológica de la misma; o sea, en otras palabras, una mayor cantidad de MS digestible por metro cuadrado anualmente (Sánchez, 2006).

Según Fulkerson y Donaghy (2001) el periodo mínimo al que debe de pastorearse los forrajes se determina por el momento en el que la planta alcanza su capacidad plena para almacenar carbohidratos solubles, lo que puede variar entre especies. Si el pastoreo ocurre antes, los pastos no pueden recuperarse y posteriormente ocurre una degradación o pérdida de las pasturas ocasionado por invasión de malezas; esto se traduce en una disminución de la productividad por unidad de área dentro de los sistemas productivos.

Reeves y Fulkerson (1996) indican que el estado adecuado para pastorear el forraje es de 4 a 5 hojas de crecimiento. Este estado vegetativo corresponde al periodo de cosecha en que se obtiene la mayor producción de MS digestible por año.

Según Sánchez (2006) los forrajes de piso y los de corta como los de género *Pennisetum* deben de cosecharse en su estado de prefloración, el maíz utilizado para el consumo de rumiantes en su estado de leche, el sorgo forrajero en el estado de masa y la caña de azúcar cuando la planta ha alcanzado su estado de madurez. El valor nutricional de los forrajes debe considerar que cuando éstos maduran sus contenidos de PC y de carbohidratos no fibrosos se reducen y que el contenido de las fibras por lo que su valor nutricional y el consumo se deprimen (Van Soest, 1994). Lo mencionado anteriormente pone en evidencia la importancia de determinar cuál es la edad optima de pastoreo de los forrajes.

Producción de biomasa de los pastos tropicales

La medición de la biomasa disponible es de suma trascendencia ya que brinda información de gran importancia para los sistemas de producción, debido a la relación que existe entre el material ofrecido diariamente a los animales y el efecto sobre la carga animal, pues según Tozer, Bargo y Muller (2004) a mayor disponibilidad, la carga animal tiende a disminuir al igual que la eficiencia de los animales en pastoreo.

Es importante buscar un adecuado balance entre el rendimiento, la composición química y el contenido de reservas en las partes bajas y subterráneas de los pastos, que permitan una máxima persistencia y empleo. (Thomas, 1980; Entrena, Chacón y Gonzáles, 1998).

Composición de los pastos tropicales

Conocer los contenidos de nutrimentos de los pastos es de vital importancia en bovinos de producción, debido a que éstos poseen altos requerimientos nutricionales (NRC, 2001) y una gran proporción de sus necesidades deben ser cubiertas por los pastos. Algunos de los nutrimentos más importantes que suelen determinarse para conocer si los pastos son de buena calidad son la MS, la PC, la FND, la FAD y la DIVMS, además, de elementos como el calcio, fósforo, magnesio, potasio y selenio. Algunos de estos nutrimentos pueden desagregarse para determinar la fracción que puede ser degradada en el rumen a través de los microorganismos, tal es el caso de la PC (Sánchez, 2006).

El contenido de FND y FAD son indicadores de la calidad de los pastos debido a que ejercen un efecto en el consumo voluntario de la MS y la energía que estos aportan al rumiante (Cruz y Sánchez, 2000). Ambas fracciones son parte de la pared celular de los pastos y son responsables de estimular el masticado y la rumia. Además, actúan como una sustancia amortiguadora del pH en el rumen y ayudan a prevenir problemas por desbalances metabólicos en el periparto, por lo que juegan un papel indispensable en la adecuada salud y funcionalidad del rumen (Van Soest, 1994; Ishler, Heinrichs y Varga, 1996).

Así mismo, la fibra de los forrajes aporta la mayor proporción de carbohidratos en dietas para rumiantes y son la base para formar ácidos grasos volátiles que participan en la síntesis de grasa, proteína y lactosa en la leche (Mertens, 1992). De esta forma, la producción de leche se encuentra influenciada por el consumo de MS y por la calidad del forraje ofrecido.

De acuerdo con Cruz y Sánchez, (2006), los consumos de MS de los animales en el trópico rara vez superan el 2% del peso vivo, debido a que en la mayoría de los pastos ofrecidos los contenidos de FND supera el 60% y se hace necesario suplementar con ingredientes que mejoren el contenido de nutrientes de la ración total.

Se han observado diferencias entre los forrajes que crecen en lugares con climas templados en comparación con aquellos crecidos en climas tropicales. De acuerdo con Van Soest, (1994), la digestibilidad de los forrajes de climas tropicales es menor, debido a que éstos poseen una cantidad mayor de pared celular y menor de carbohidratos no fibrosos; además, el contenido de lignina es mayor, lo que afecta la degradación de la pared celular en el rumen y, en consecuencia, disminuye la energía disponible para el animal.

La composición nutricional de algunos recursos forrajeros utilizados en el trópico se muestra en la tabla 1. El primer valor corresponde a los valores más frecuentes encontrados durante la época seca o de menor precipitación y el segundo valor se obtuvo durante la época lluviosa.

Tabla 1. Composición nutricional de algunos forrajes de uso frecuente en fincas de ganado bovino en el trópico, los cuales se han analizado en Costa Rica.

Especie	Nutrimiento					
	MS	PC	FND	CNF	ED	ENL
	% de MS				Mcal/Kg MS	
Kikuyo	19 – 14	21 – 23	60 – 62	9,0 – 10,0	2,8 – 3,0	1,3 – 1,4
Estrella	25 – 22	13 – 18	72 – 70	5,0 – 8,0	2,2 – 2,6	1,1 – 1,3
Brizantha	25 – 21	10 – 12	70 – 69	7,0 – 9,0	2,4 – 2,6	1,2 – 1,3
Toledo	25 – 20	9 – 11	69 – 67	8,0 – 10	2,4 – 2,7	1,2 – 1,3
Dictyoneura	31 – 22	7 – 10	72 – 71	7,0 – 8,0	2,4 – 2,5	1,2 – 1,3
Mulato	20	11,5	65	9,0	2,6	1,3
Jaragua	35 – 20	4 – 8	75 – 69	5,0 – 8,0	1,8 – 2,1	0,9 – 1,0
Guinea	19	11	68	8,0	2,3	1,2
King grass	17	9	72	6,0	2,1	1,1
Camerún	17,5	8,6	71	8,0	2,2	1,1
Maralfafa (<i>Pennisetum sp.</i>)	28 - 7	7,5	71	9,0	2,25	1,1
Sorgo	23	9,0	61	18	2,5	1,3

Caña de azúcar	27	3,6	61,9	30	2,8	1,5
Cogollo de caña	26	7,0	63,3	12	2,4	1,2
Maíz	28	8,5	47	30	3,0	1,5
Ensilaje de maíz	34	8,9	46	8	3,0	1,5
Maní forrajero	21	23	61	15	2,6	1,3
Cratylia	28	16	70	9,0	2,2	1,1

*MS (materia seca), PC (Proteína cruda), FND (Fibra detergente neutro), CNF (Carbohidratos no fibrosos), ED (Energía digestible) y ENL (Energía neta de lactancia).

Fuente: Sánchez y Soto, 1997; Sánchez y Soto, 1999.

Limitaciones de los forrajes tropicales para satisfacer las necesidades del ganado bovino

Entre los nutrientes que limitan la producción en el ganado bovino, destaca la energía y se ve reflejada en bajas producciones de leche y bajo crecimiento de los animales. De acuerdo con Sánchez y Soto (1999) esta energía es suplida principalmente por los carbohidratos de la pared celular, como la celulosa y hemicelulosa, así como carbohidratos solubles localizados en el interior de las células vegetales como azúcares simples y almidones.

Por lo contrario, si los forrajes se utilizan en su estado maduro, los almidones y azúcares en estado vegetativo ya se han convertido parcialmente en pared celular, la cual a su vez es poco digestible por la lignificación que caracteriza a los forrajes maduros (Van Soest, 1994).

Las proteínas y grasas de los forrajes también son de menor importancia en los pastos en cuanto al aporte de energía (NRC, 2001). Lo anterior indica que los forrajes deben pastorearse o cosecharse en el momento en que exista una buena producción de biomasa y a su vez, una buena digestibilidad y aprovechamiento de esta.

Las raciones basadas en forrajes implican que la energía en su forma de carbohidratos no fibrosos es el primer nutrimento limitante y que estos no solo limitan el nivel de producción de leche, sino también el aprovechamiento de la proteína. Para que los microorganismos del rumen puedan hacer uso de la proteína degradable en el rumen y que el animal pueda producir más leche, el animal debe suplementarse con fuentes de azúcares (melaza de caña de azúcar), pectinas (frutas y los subproductos de su procesamiento) y

almidones (granos como el maíz, sorgo, trigo o arroz, así como los subproductos de su procesamiento). Se recomienda que los alimentos balanceados contengan más de 50% de CNF (Sánchez, 2006).

Factores que influyen en el valor nutritivo del forraje

Los pastos o forrajes pueden verse modificados en su calidad nutricional por diferentes factores ya sean internos o externos. Entre estos se pueden mencionar los internos como: la especie o la variedad utilizada y el estado fisiológico del pasto. Respecto a los factores externos, se pueden mencionar el clima, la fertilización, las características fisicoquímicas del suelo, la edad de corte entre otras (Elizondo, 2017).

La calidad del forraje disminuye según aumenta el grado de madurez de la planta, siendo también menor el nivel de ingestión voluntaria de los animales al aumentar la fibrosidad de aquél y disminuir la velocidad de tránsito digestivo. Por otra parte, según la planta envejece disminuye la relación hoja/tallo. Ello da lugar a un menor valor nutritivo del forraje, pues son las hojas las que contienen la mayor parte de los nutrientes de mayor digestibilidad. El aumento de la proporción de tallos también supone unas mayores pérdidas cuando se henifica en condiciones ambientales adversas. (Díaz y Callejo, 2019).

El agua es uno de los factores de mayor importancia en el desarrollo de los pastos, ya que forma parte del 80% de los tejidos de las plantas (Araya y Boschini, 2005).

La calidad del forraje puede ser sustancialmente alterada por la aplicación de fertilizantes. En general, puede ocurrir que la deficiencia en el suelo de un mineral reduzca el rendimiento del forraje. Se acepta que los niveles de aplicación al suelo de un mineral puedan originar un alto consumo por parte de la planta y una elevada concentración en esta o un bajo nivel de otros nutrientes (Díaz y Callejo, 2019).

Las reacciones bioquímicas y metabólicas que suceden en los pastos están asociados a la temperatura ambiental, la cual también afecta el crecimiento de los pastos y la producción de materia seca. La temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividad de enzimas y coagulación de las proteínas (Eusse, 1994).

La intensidad lumínica es un factor que influye directamente en la producción de pastos, ya que el crecimiento de las pasturas está muy relacionado con la cantidad de horas luz y de la intensidad de esta que es aprovechada por los pastos. Por eso la densidad de siembra, la altura de corte o pastoreo y la combinación con especies arbustivas tienden a disminuir o acelerar el crecimiento de los pastos (Eusse,1994).

La capacidad de las plantas para absorber los nutrientes en las cantidades necesarias está muy asociada con las condiciones de los suelos, porque suelos con propiedades físicas, químicas y biológicas deficientes, no producirán condiciones normales o adecuadas para el crecimiento normal de los pastos (IPNI, 2003).

La disminución de la calidad nutricional de los pastos está muy relacionado al estado fisiológico de las plantas y su madurez que presentan los diferentes pastos en el momento de su corta, porque al aumentar la edad disminuyen los componentes asimilables por los rumiantes, por lo cual su calidad disminuye considerablemente (Del Pozo, 2002). Tal es el caso de la PC disminuye al aumentar la edad de rebrote, principalmente por la disminución de la actividad metabólica que disminuye la actividad de síntesis de la proteína (Ramírez, Verdecia y Leonard, 2008).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguila, C.F. y Patino, B. (1970). Situación actual de la ganadería de carne, pastos y forrajes en Panamá. Boletín no. 10. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Panamá. 24 p.
- Araya, M. y Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* 16(1): 37-43. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5040006>.
- Argel, P., Hidalgo, C., y Lobo, M. (2000). Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110). Gramíneas de crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo subhúmedo. Consorcio Tropoleche: CATIE, CIATECAG, MAG, UCR. Bol, Téc. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). 18 p.
- Avendaño, J. (2012). Producción de heno de Kikuyo como alternativa de un forraje bajo en costos y alto en calidad. Tesis Lic. Antioquia, Colombia, Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. 40p.
- Boschini, C., Pineda, L. y Chacón, P. (2014). Evaluación del ensilaje de pasto ratana (*Ischaemum indicum* HOUTT.) con tres diferentes aditivos. *Agronomía Mesoamericana*. 25(2): 297-311.
- Carrera, I. (2011). Fertilización del Kikuyo *Pennisetum clandestinum* con tres fuentes nitrogenadas, dos sólidas y una líquida en tres niveles y dos frecuencias. Tesis Lic. Sangolquí, Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército. 97p. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4815/1/T-ESPE-IASA%20I-004575.pdf>.
- Castiblanco, J. (2005). Producción de biomasa, consumo y calidad de los pastos *Brachiaria* híbrido (Mulato 1) y *Brachiaria decumbens* en la Hacienda San Rafael, Bucay, Ecuador. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5201/1/CPA-2005-T018.pdf>.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), CIPAV (Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria),

NITLAPAN (Instituto de Investigación y Desarrollo de la Universidad Centroamericana), (ABC) (American Bird Conservancy). (Sf). Guinea Tanzania y Guinea Mombaza *Panicum maximum*.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2019). Pasto Diamantes 1. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/forrajes_tropicales/Released/Materiales/Diamantes1CostaRica.pdf.

Chavez, P. (1990). Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en la región Huetar norte de Costa Rica. Tesis de Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Close, W. y Menke, K. (1986). Selected Topics in Animal Nutrition. Second edition. Deutshe Stiftung fur Internationale Entwicklung (DSE); Universitat Hohenheim. Germany. 17 p.

Coauro. M, González. B, Araujo-Febres. O y Vergara. J. (2004). Composición química y digestibilidad in vitro de tres cultivares de guinea (*Panicum maximum* jacq.) a tres edades de corte en bosque seco tropical. Pastos y forrajes. p 112. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/congresos/memorias_xiicongreso/pdfs/07_pastos/07_pastos_gramineas_pag121.pdf.

Cook. B.G., Pengelly. B.C., Brown. S.D., Donnell. J.L., Eagles. D.A., Franco. M.A., Hanson. J., Mullen. B.F., Partridge. I.J., Peters. M. y Schultze. R. (2005). Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM]. CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.

Correa, H., Pabón, M. y Carulla, J. (2008). Valor nutricional del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I –Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd20/4/corra20059.htm>.

Cruz, M. y Sánchez, J. (2000). La fibra en la alimentación de ganado lechero. *Nutrición animal tropical*. 6 (1) 39:74.

- Del Pozo, P. (2002). Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Rev. Pastos*. 32(2): 109-137.
- Díaz, V. y Callejo, A. (2019). Calidad del forraje y del heno. Disponible en: http://oa.upm.es/34352/1/INVE_MEM_2004_186668.pdf.
- Donaghy, D. y Fulkerson, B. (2001). Principles for developing an effective grazing management system.
- Elizondo, J. (2017). Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n2/43750618001.pdf>.
- Entrena, I., Chacón, E. y Gonzáles, V. (1998). Influencia de la carga animal y la fertilización con azufre sobre las tasas de crecimiento, biomasa y producción aérea neta de una asociación de *Brachiaria mutica* -*Teramnus uncinatus* *Zoot. Trop.* 16(2):183-206.
- Eusse, J.B. (1994). *Pastos y forrajes tropicales*. 3 ed. Banco Ganadero, Bogotá, Colombia.
- Fulkerson, W.J. y Donaghy, D.J. (2001). Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence- Key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 261-275.
- Fulkerson, W.J., Lowe, K.J., Ayres, J.F. y Launder, T. (1993). Winter pastures and crops. *Tropical*.
- Göhol, B. (1982). Piensos Tropicales, Resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 123 p.
- Guiot, J. (2001) Manual de actualización técnica. Asesoría Papalotla, México. 64p.
- Havard-Duclos, B. (1969). Las plantas forrajeras tropicales. Blume, España. 300 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario: Actividades pecuarias, prácticas y Servicios agropecuarios. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. –1 ed.– San José, Costa Rica: INEC.

- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2015). Suelos de Costa Rica orden inceptisol. Boletín técnico 5. San José, Costa Rica. 2 p.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). (2003). Manual de nutrición y fertilización de pastos. Quito, Ecuador. 94 p.
- Ishler, V.A., Heinrichs, J. y Varga, G.A. (1996). From Feed to Milk: Understanding Rumen Function. Extension Circular N° 422. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. The Pennsylvania State University. University Park, Pa., USA. 27 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. Sistema de Estudios de Posgrado. Tesis para optar al grado de Maestría. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. Maestría en Producción Animal Sostenible. 111 p.
- Jiménez, M. N. (2004). Principales forrajes en praderas de la región caribe y propuesta de manejo integrado. En: Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos. Corpoica-MADR, Bogotá. pp. 91-97.
- Laredo, M. (1985). Tabla de Contenido Nutricional en Pastos y Forrajes de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Bogotá.
- Lascano, C. (2002) Pasto Toledo (*Brachiaria brizatha*, CIAT 26110). Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Corpoica-CIAT, Colombia. 21p.
- Mertens, D.R. (1992). Nonstructural and structural carbohydrates. In: Large dairy herd management. H.H. Van Horn y C.J. Wilcox (eds.). *American Dairy Sci. Association*. III. USA. 219-239 p.
- Miranda, J. (1991). Evaluación de gramíneas y leguminosas: establecimiento y producción en época de máxima y mínima precipitación en la zona de Río Frío. Tesis de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica. 95 p.
- Mislevy, P. (2002). Stargrass. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, USA. 4 p.

- NRC. (2001) "Nutrient requirements of dairy cattle". Seventh revised edition, National Academy Press, Washington, D.C. 381p.
- Oregon State University. (1999). Brochure: Perennial Ryegrass. Oregon Ryegrass Growers Seed Commission. Disponible en: www.ryegrass.com.
- Palma, J. M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. Avances en Investigación Agropecuaria). Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83709101>> ISSN 0188-7890.
- Pant, H.K., Mislevy, P. y Rechcigl, J.E. (2004). Effect of Phosphorus and Potassium on Forage Nutritive Value and Quantity: Environmental Implications. *Agronomy Journal* 96:1299-1305.
- Ramírez, J; Verdecia, D. y Leonard, I. (2008). Rendimiento y caracterización química del Pennisetum Cuba CT 169 en un suelo pluvisol. Revista Electrónica de Veterinaria 9(5). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf>.
- Ranacou, E. (1986). Review of research and recorded observations on pastures in Fiji (1920-1985). 3. Batiki Blue grass (*Ischaemum indicum*). *Fiji Agricultural Journal*, 48:24-29.
- Reeves, M. y Fulkerson, W.J. (1996). Establishment of an optimal grazing time of Kikuyu pastures for dairy. In Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference. Towomba, Regional Institute. 5 p.
- Sánchez, C. y Soto, H. (1999). Calidad nutricional de los forrajes de una zona con niveles medios de producción de leche, en el trópico húmedo del norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(2): 165-171.
- Sánchez, J. (2006). Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. Disponible en: http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/UTILIZACION_DE_PASTURAS_TROPICALES_POR_EL_GANADO_LECHERO.pdf.

- Sánchez, J. y Soto, H. (1997). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. III. Energía para la producción de leche. *Nutrición Animal tropical* 5 (1): 31- 49.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva del Plan Sectorial Agropecuario). (2017). Boletín de Estadística Agropecuaria N°24. San Jose Costa Rica. Disponible en <http://www.sepsa.go.cr/DOCS/BEA/BEA27.pdf>.
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R. y Correa, H. (2005). Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 18(1): 17-26. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a03.pdf>.
- Thomas, H. 1980. Terminology and definitions in studies of grassland plants. *Grass Forage Sci.* 35(1):13-23.
- Tozer P.R., Bargo F., Muller I.D. (2004). The Effect of Pasture Allowance and Supplementation on Feed Efficiency and Profitability of Dairy Systems. *Journal of Dairy Science* 87:2902-2911.
- Valderrama, R. (2002). Introducción y evaluación de seis gramíneas forrajeras en la provincia carrasco del trópico de cochabamba. Lic. Bolivia. UMSS. Disponible en: www.agr.umss.edu.bo/invest/rbalderrama.htm - 5k -.
- Van Soest, J.P. (1994). Nutritional Ecology of the ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. York. 476 p.
- Villalobos, L. y Sánchez, J. (2010a). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agron. Costarricense* 34(1): 31-42.
- Villalobos, L., y Sánchez, J. (2010b). 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.

Villareal, M. (1998). Alternativas forrajeras para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera. Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Villarreal, M. (1992). Experiencias con el pasto Ratana (*Ischaemum indicum*): Producción de forraje, valor nutritivo y alternativas de manejo. In: Memorias del Seminario-Taller El Pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) en Costa Rica, ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, abril 1992. 12 p.

CAPITULO 2

**Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y calidad en gramíneas
utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica**

Jose Mario Núñez Arroyo

RESUMEN

El trabajo de investigación consistió en la evaluación de siete especies forrajeras a diferentes edades de rebrote, en dos épocas del año en tres diferentes zonas agroclimáticas de Costa Rica. Se utilizó un diseño de tratamientos con arreglo factorial 7x2x4 (especies forrajeras, época del año y días rebrote) con 3 repeticiones, para un total de 168 unidades experimentales. A cada muestra se evaluó la biomasa y kg MS/ha⁻¹), la concentración de materia seca (%MS), proteína cruda (%PC), cenizas (%CE) y extracto etéreo (%EE). Los resultados se analizaron mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico (SAS, 2009) y la prueba de Tukey para la comparación de medias entre los tratamientos. En la zona de mayor altitud se evaluaron los pastos de *Kikuyuocloa clandestinum* (Kikuyo), *Lolium perenne* (Ryegrass perenne), donde el mayor contenido de PC (18,9%) se presentó en el pasto ryegrass en la época seca a los 28 días de rebrote (interacción triple, P<0,01), el pasto ryegrass presentó el mayor contenido de CE (17,0%) en la época seca a los 42 días de rebrote (interacción triple, P<0,01). En la zona intermedia se evaluó el pasto *Cynodon nlemfuensis* (estrella africana), el mayor contenido de MS (36,6%) se presentó, en la época seca a los 28 días de rebrote (interacción triple, P<0,05) y la mayor producción de biomasa (5240,0 kg MS/ha⁻¹) a los 56 días de la época lluviosa (interacción triple, P<0,05). En la zona baja se evaluaron los pastos: *Brachiaria brizantha* cv Diamantes, *Panicum máximum* cv Mombaza, *Ischaemum indicum* y *Brachiaria brizantha* cv Toledo, la mayor producción de biomasa la presentó el pasto Mombaza (11507,0 kg MS/ha⁻¹) en la época seca a los 56 días de rebrote (interacción triple, P<0,05). Finalmente, en los pastos Toledo y ratana, los contenidos de CE se incrementaron 8,3 y 15,4% en la época seca (interacción doble, P<0,05).

Palabras claves: pasturas de piso, producción de biomasa, calidad nutricional, alimentación de rumiantes, edad de rebrote, época del año.

ABSTRACT

The research work consisted of evaluating seven forage species at different regrowth ages, at two times of the year in three different agroclimatic zones of Costa Rica. A treatment design was used with a 7x2x4 factorial arrangement (forage species, time of year and regrowth days) with 3 repetitions, for a total of 168 experimental units. The biomass and kgMS / ha⁻¹), the concentration of dry matter (% DM), crude protein (% PC), ash (% CE) and ether extract (% EE) were evaluated for each sample. The results were analyzed using the PROC GLM procedure of the statistical package (SAS, 2009) and the Tukey test for the

comparison of means between the treatments. In the higher altitude zone, the grasses of *Kikuyuocloa clandestinum* (Kikuyo), *Lolium perenne* (Ryegrass perenne) were evaluated, where the highest content of PC (18.9%) was presented in the ryegrass grass in the dry season at 28 days regrowth (triple interaction, $P < 0.01$), ryegrass grass presented the highest EC content (17.0%) in the dry season at 42 days of regrowth (triple interaction, $P < 0.01$). In the intermediate zone, the grass *Cynodon nlemfuensis* (African star) was evaluated, the highest content of DM (36.6%) was presented, in the dry season at 28 days of regrowth (triple interaction, $P < 0.05$) and the highest biomass production (5240.0 kgMS / ha-1) at 56 days of the rainy season (triple interaction, $P < 0.05$). In the low zone the pastures were evaluated: *Brachiaria brizantha* cv Diamantes, *Panicum maximum* cv Mombaza, *Ischaemum indicum* and *Brachiaria brizantha* cv Toledo, the highest biomass production was presented by the Mombaza grass (11507.0 kg DM / ha⁻¹) in the dry season 56 days after regrowth (triple interaction, $P < 0.05$). Finally, in Toledo and ratana pastures, the EC contents increased 8.3 and 15.4% in the dry season (double interaction, $P < 0.05$).

Keywords: pastures, biomass production, nutritional quality, ruminant feeding, regrowth age, time of the year.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, la participación del sector agropecuario representa el 5,0% PIB. El área pecuaria equivale al 19,0% de la producción agrícola nacional, donde la cría de ganado de vacuno representa el 73,7% del sector pecuario nacional (SEPSA, 2017).

Según el Censo Nacional Agropecuario de Costa Rica del año 2014 en Costa Rica existen 37 171 fincas dedicadas a la producción de ganado bovino, abarcando alrededor de 1,04 millones de ha. Se contabilizaron 1 275 612 cabezas de ganado, de los cuales 538 593 (42%) se dedican a los sistemas de producción cárnica, 409 889 (32%) a sistemas de doble propósito (producción de leche y carne) y 327 130 (26%) a sistemas de producción de leche (INEC, 2015).

Del mismo modo, en el Censo Nacional Agropecuario del mismo año, se registró que el 95% de los sistemas de producción bovina se manejan bajo sistemas de pastoreo, lo que indica el gran impacto que tienen los forrajes de piso para la ganadería de este país (INEC, 2015).

Las especies utilizadas en estos sistemas son por lo general, autóctonas o provenientes de otras latitudes pero que se han adaptado a las condiciones tropicales. En general, estas

pasturas poseen un alto potencial para la producción de biomasa y valores bromatológicos aceptables, pero la estacionalidad climática y las distintas prácticas de pastoreo provocan variaciones que afectan estos aspectos. Todo lo anterior, 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). Sin embargo, las variedades de pastos utilizadas en los trópicos, en su mayoría no satisfacen los requerimientos nutricionales de los animales, por lo que los productores se ven obligados a utilizar suplementos alimenticios que conllevan a un aumento de los costos de producción y la disminución de la rentabilidad de la actividad. Como lo mencionan Ku-Vera et al. (2014) y Barahona et al. (2014) indican que los forrajes tropicales son de bajo contenido de proteína bruta y carbohidratos solubles, alta concentración de fibra en detergente neutro, poca digestibilidad aparente y, por tanto, bajo tenor de energía metabolizable.

De esta forma, la evaluación constante de la producción de biomasa y la calidad bromatológica de las pasturas es necesaria para establecer prácticas de manejo del pastoreo que consideren las fluctuaciones que ocasionan las épocas del año (verano e invierno) y las edades de rebrote de los pastos y así, poder discernir el momento óptimo de pastoreo.

Por tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la época del año y la edad de rebrote en siete especies de pastos *Kikuyuocloa clandestinum*, *Lolium perenne*, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria brizantha* cv Diamantes, *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Ischaemum indicum* y *Panicum máximum* cv Mombaza) sobre la producción de biomasa y composición bromatológica en tres zonas agroclimáticas de importancia para la ganadería costarricense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El muestreo de los pastos ryegrass y kikuyo fueron obtenidos en la finca Terranova, ubicada en el distrito de Sabanilla del cantón de Alajuela, provincia de Alajuela a 1890 msnm, entre las coordenadas 10° 10' 10.00" latitud norte y 84° 10' 57.00" longitud oeste. Las temperaturas oscilaron entre 12 y 22,3°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 predominan suelos Inceptisoles los cuales presentan un pH ácido y alto contenido de materia orgánica (INTA, 2015).

Las muestras del pasto 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 msnm. Las temperaturas fluctuaron entre 15 y 25°C durante el año. La precipitación promedio 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 ratana, mombaza, toledo y diamantes 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 10° 19' 36.40" latitud norte y 83°51'37.41" a una altura de 91 msnm. (Vega, 2014). La temperatura máxima en época seca fue de 29° y 30°C en la época lluviosa y la mínima en la época seca fue de 21° y 23°C en la lluviosa, la precipitación promedio en época seca es de 1460,3 mm y 2106,3 mm en la época lluviosa (IMN, 2017).

Procedimiento experimental: Este estudio forma parte del Proyecto de Investigación "Factores asociados a la emisión de metano entérico a través de métodos indirectos en seis 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. 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 hasta los 5000 m².

Las muestras fueron obtenidas durante la época lluviosa entre los meses de septiembre y octubre 2018 y en la época seca marzo y abril 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 (pospastoreo) para cada una de las especies y edades de rebrote evaluadas (14, 28, 42 y 56), en ambas épocas. Se evitó seleccionar sitios a menos de 2 m del cercado para minimizar el efecto borde. Esta acción se realizó por triplicado para un total de 12 sitios por especie en cada una de las épocas. En cada sitio se cosechó 1 m² de pasto utilizandoun

marco de policloruro de vinilo (PVC) de 0,5 pulgadas de diámetro con medidas de 1 m de ancho por 1 m de largo.

La altura de corte de cada pasto se realizó simulando el pastoreo, midiendo previamente la altura 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. En los forrajes de crecimiento erecto (mombaza, diamantes y toledo) el muestreo se realizó a 60 cm de altura. Se programaron cortes de uniformización a los 0, 14, 28 y 42 días de rebrote, lo que permitió que a los 56 días de rebrote se cosecharan todos los sitios de muestreo con las edades respectivas.

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, lo que permitió obtener el porcentaje de materia seca (%MS). La biomasa se determinó a partir de la masa del material fresco cosechado por metro cuadrado, corregido por el porcentaje de MS 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 laUNA. Los contenidos de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CE) se determinaron mediante el procedimiento propuesto por la (AOAC,1990).

Análisis estadístico.

Para determinar la influencia de los tratamientos sobre las variables de respuesta estudiadas (kg MS/ha, %MS, %PC, %EE y %CE), los resultados se analizaron mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS Intitute Inc., 2009) asumiendo un diseño factorial con arreglo factorial de 3 factores (tipos pasto, 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

Las variables PC y CE presentaron diferencias altamente significativas ($P<0,01$) para la interacción entre las variables época, rebrote y pasto. El contenido de MS se vio afectado ($P<0,01$) por la interacción entre las variables rebrote y pasto, la producción de MS se afectó significativamente ($P<0,01$) por la interacción entre las variables época y pasto. El EE se

vio afectado significativamente ($P < 0,01$) por la interacción de las variables rebrote y pasto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de materia seca y composición bromatológica de pastos de piso ubicados en la zona alta, en diferentes edades de rebrote y épocas del año.

Pasto	Época	Rebrote	kg MS.ha ⁻¹	MS%	PC%	EE%	CE%		
Kikuyo	Lluviosa	14	461,3	36,97	13,83	abcd	4,67	7,13	d
		28	1033,3	17,57	11,47	d	4,47	7,20	cd
		42	810,0	21,37	10,40	d	3,03	6,47	d
		56	1623,3	16,47	12,27	cd	4,97	6,83	d
	Seca	14	1918,3	29,90	11,10	d	4,43	8,90	bcd
		28	2254,3	23,83	13,60	abcd	4,60	6,90	d
		42	2953,7	20,77	10,77	d	4,63	7,87	bcd
		56	5175,0	20,07	11,63	cd	5,23	8,57	bcd
Ryegrass	Lluviosa	14	1539,0	14,47	12,47	cd	4,97	9,37	bcd
		28	2451,0	10,23	18,13	ab	5,83	8,93	bcd
		42	2772,3	10,07	16,93	abc	4,97	8,17	bcd
		56	3054,7	11,23	13,47	bcd	7,23	9,53	bcd
	Seca	14	2503,3	15,77	18,77	ab	6,13	7,93	bcd
		28	2192,7	16,37	18,87	a	5,00	11,37	bc
		42	2459,0	11,07	13,53	abcd	4,23	17,00	a
		56	3499,0	16,20	14,20	abcd	5,93	11,90	b
Época		**	-	-	-	**			
Rebrote		**	**	**	**	*			
Pasto		*	**	**	**	**			
Época*rebrote		-	*	-	-	**			
Época *pasto		**	-	-	-	*			
Rebrote*pasto		-	**	*	-	**			
Época*rebrote*pasto		-	-	**	-	**			

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes $P < 0,05$ (Tukey) para la interacción triple.

En el pasto kikuyo se presentó un comportamiento atípico en la época lluviosa de crecimiento, condición que pudo estar influido por el bajo material disponible a los 14 días de rebrote y a la falta de una adecuada remoción de material senescente. Esto concuerda con lo mencionado por Pedreira et al. (2015), quienes indican que recolectar el forraje a una altura muy baja, podría inducir a la cosecha de material viejo y lignificado, por tanto, afectar la producción de biomasa y la calidad bromatológica.

La mayor producción de biomasa en el pasto kikuyo se presentó a los 56 días rebrote en ambas épocas. La producción de MS promedio de pasto kikuyo en las épocas lluviosa y seca fue de 982 y 3 075 kg MS/ha⁻¹ respectivamente, lo que sugiere una producción 3 veces mayor ($P > 0,05$) en la época seca. Esta repuesta concuerda con lo mencionado por Jiménez

(2018), quién señala promedios de producción de 3 303 kg MS/ha⁻¹ para este pasto en las mismas condiciones agroclimáticas.

De igual manera, en el pasto ryegrass se presentó la mayor producción de MS a la misma edad de rebrote que el pasto kikuyo (56 días). La producción promedio de MS fue de 2 454,3 y 2 663,5 kg MS/ha⁻¹ en las épocas lluviosa y seca, respectivamente, sin encontrarse diferencias ($P < 0,05$) entre ambas épocas. Por su parte, Álvarez et al. (2013) indicaron que en la época lluviosa la producción de MS de ryegrass se incrementa significativa ($P < 0,05$). Jiménez (2018), indicó producciones mayores de MS (32%) para ambas épocas a las obtenidas en esta investigación.

Con relación al %MS, el pasto kikuyo concentró mayor contenido que el ryegrass en ambas épocas del año, presentándose un comportamiento atípico lineal descendente desde los 14 a 56 días. Los mayores contenidos de MS se presentaron a los 14 días edad de rebrote en ambos forrajes y épocas del año. Las mismas consideraciones de este comportamiento que se señalaron con relación a la producción de MS se podrían considerar para esta variable. Martínez (2018), indicó rangos mínimos y máximos de %MS para los pastos kikuyo y ryegrass de 8,1 a 49,9 y 6,2 a 49,6% de MS, respectivamente, entre las edades de 20 a 40 días de rebrote.

El pasto kikuyo presentó el %MS más alto a los 14 días (33,4% MS) y disminuyó significativamente ($P < 0,05$) a 15,2% a los 56 días de rebrote, lo que concuerda con lo mencionado por Vargas (2019) quien encontró valores más altos de MS en edades tempranas que en edades mayores de rebrote. Por su parte, Sánchez (2007) y Sorio (2012) señalan que al aumentar los días de rebrote se incrementa el contenido de MS de esta gramínea.

De igual manera, el pasto ryegrass presentó la misma tendencia, el valor más alto se observó a los 14 días (15,1% MS) y el más bajo a los 42 días (10,6% MS). Martínez (2018) indicó valores de 14,4 y 15,1% a los 28 y 42 días de rebrote, respectivamente. Por su parte, contrario a la tendencia observada en esta investigación, Dimaté (2016) encontró valores de MS que van de 23,6 y 31,4% en las edades de 28 y 42 días de rebrote, respectivamente, para esta especie.

La PC no presentó una tendencia clara al aumentar los días de rebrote en ambas especies (cuadro 1), sin embargo, las concentraciones más altas las presentó el pasto ryegrass en ambas épocas del año. En esta investigación los %PC promedio del pasto kikuyo fueron bajos (11,9%) si se comparan a las señaladas en otras investigaciones Morales et al.

(2013), Correa et al. (2020) y Vargas et al. (2018), estos autores indicaron valores promedios de 24,0, 19,2 y 18,3% PC, respectivamente, utilizando esta pastura con una fertilización equilibrada durante el año. Estas bajas concentraciones de PC, posiblemente se debieron a una baja tasa anual de fertilización nitrogenada (200 kg N/ha⁻¹).

De igual manera, en el pasto ryegrass, tampoco se evidencia una tendencia clara en el %PC, entre edades de rebrote (cuadro 1). En relación con las épocas se obtuvieron promedios de 15,2 y 16,3% de PC en los periodos lluvioso y seco, respectivamente. Por su parte, Villalobos y Sánchez (2010) señalaron promedios de 25,1 y 25,2% de PC para las época seca y lluviosa, respectivamente.

Los mayores contenidos de EE se presentaron en el pasto ryegrass (cuadro 1), con valores promedios de 5,7 y 5,3% entre las épocas lluviosa y seca, respectivamente. Al respecto, Armijos (2014), obtuvo valores de 3,4 y 2,6% de EE en las épocas lluviosa y seca, respectivamente, siendo aproximadamente el 50% de los obtenidos en la presente investigación.

Las concentraciones de CE para ambos pastos se incrementaron significativamente en la época seca (cuadro 1). Con relación al pasto kikuyo, los valores promedios fueron 6,9 y 8,1% CE, en la época lluviosa y seca, respectivamente. Estos valores concuerdan a los señalados Soto et al.(2005) quienes indicaron valores de 8,7 y 10,6%, respectivamente.

Comportamiento del pasto estrella africana (zona intermedia)

La interacción entre los efectos de época y rebrote tuvieron un efecto altamente significativo (P<0,01) sobre las variables MS y PC, y significativo (P<0,05) sobre la variable kg MS.ha⁻¹. La CE y el EE no fueron alterados por estos los efectos.

Cuadro 2. Producción de materia seca y composición bromatológica del pasto estrella africana, a diferentes edades de rebrote y épocas del año.

Época	Rebrote	kg MS.ha ⁻¹	MS%	PC%	EE%	CE%
Lluviosa	14	644,3 ^{bc}	21,83 ^d	20,00 ^a	4,70	9,23
	28	3003,3 ^{ab}	23,90 ^{cd}	16,50 ^{ab}	4,17	9,73
	42	3275,0 ^{ab}	23,93 ^{cd}	15,90 ^{ab}	4,23	9,63
	56	5240,0 ^a	25,03 ^c	10,80 ^c	2,90	9,07
Seca	14	-1214,0 ^c	36,60 ^a	12,67 ^{bc}	2,60	9,63
	28	-657,0 ^c	36,63 ^a	4,43 ^d	6,87	9,80
	42	231,0 ^{bc}	33,10 ^b	9,13 ^c	2,47	9,67
	56	-739,3 ^c	25,00 ^c	12,27 ^{bc}	5,00	9,50
Época		**	**	**	-	-

Rebrote	**	**	**	-	-
Época*Rebrote	*	**	**	-	-

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes $P < 0,05$ (Tukey) para la interacción doble.

La mayor producción de $\text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$ en la época lluviosa se presentó a la edad de 56 días ($5240,0 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$) difiriendo significativamente ($P < 0,05$) con la edad de 14 días ($643,3 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$). Estos resultados concuerdan con Villalobos y Arce (2013) quienes reportaron promedios de biomasa de $4\ 674,0$ a $6\ 029,0 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}$, entre las edades de 14 y 28 días de rebrote. En la época seca no se presentaron diferencias ($P > 0,05$) entre las distintas edades de rebrote. Es importante resaltar que, durante la época seca, se presentó un comportamiento de crecimiento atípico, debido a la nula presencia de precipitaciones y las condiciones edáficas del área de muestreo que favorecieron la infiltración de agua en el suelo.

El contenido de MS en la época lluviosa presentó un incremento del 15% entre los 14 y 56 días, con un valor promedio del 23,7% en la época lluviosa. En la época seca, el valor promedio de MS fue 32,8%, esta alta concentración posiblemente fue debida a la alta presencia de material senescente al momento del muestreo. Sánchez et al. (1998) señalaron valores promedio de 24,1 y 30,5% de MS, durante la estación lluviosa y seca respectivamente, concordando con los resultados obtenidos en esta investigación.

En relación con la variable PC, las mayores concentraciones se presentaron en la época lluviosa, donde se pudo evidenciar un comportamiento típico decreciente desde los 14 días (20,0%), hasta los 56 días (10,8%). La época seca evidenció un comportamiento atípico en los contenidos de PC, donde no se presentaron diferencias ($P < 0,05$), entre los 14 y 56 días de rebrote (cuadro 2). La misma tendencia fue indicada por Villalobos y Arce (2013) quienes señalaron valores máximos de hasta 25,6 y 16,1% de PC en la época lluviosa y seca, respectivamente en el mismo pasto. Este comportamiento en la época seca, posiblemente se debió a un menor contenido de humedad en el suelo, lo cual limita la movilidad del nitrógeno en la planta (Pérez et al., 2001; Sánchez y Soto, 1996).

Los contenidos de EE fueron 4,0 y 4,2% en la época seca y lluviosa (cuadro 2), respectivamente, sin mostrar diferencias significativas ($P > 0,05$). Villalobos y Arce (2013) y Sánchez y Soto (1996) trabajando con esta misma especie, indicaron valores promedios de 2,7 y 2,4%, respectivamente, los cuales fueron 61,0% más bajos a los encontrados en esta investigación.

En relación con los contenidos de CE, su valor promedio fue de 9,5%, en ambas épocas, donde no se evidenciaron diferencias significativas ($P>0,05$). Al respecto, Salazar (2007) y Sánchez y Soto (1996), trabajando con la misma especie, encontraron valores promedios similares de CE entre 8,7 y 9,0%, respectivamente, en fincas de bajura del cantón de San Carlos, los cuales fueron muy similares a los reportados en esta investigación.

Comportamiento de los pastos de zona baja

La interacción entre los efectos de época, rebrote y pasto fue altamente significativa ($P<0,01$) sobre la variable producción de kg MS. ha⁻¹., destacándose el pasto mombaza quien mostro la mayor producción a los 56 días (cuadro 3). Otras variables (MS, PC y CE) presentaron un efecto significativo en la interacción pasto – época ($P<0,01$). Por su parte, la MS y PC se vieron afectadas por la interacción tipo de pasto y edad de rebrote ($P<0,01$). Por último, el EE fue afectado por la época del año ($P>0,05$), donde el mayor valor promedio lo presento el pasto ratana (4,1%) en el periodo seco.

Cuadro 3. Producción de materia seca y composición bromatológica de pastos ubicados en la zona baja, en diferentes edades de rebrote y épocas del año.

Pasto	Época	Rebrote	kg MS. ha ⁻¹	MS %	PC %	EE %	CE %
Diamantes	Lluviosa	14	596,7 ^h	19,9	8,4	2,0	10,0
		28	1891,7 ^{efgh}	20,4	7,2	3,7	9,9
		42	2829,3 ^{defgh}	22,1	6,1	3,2	10,3
		56	5046,0 ^{cd}	24,8	4,4	3,0	9,8
	Seca	14	1202,0 ^{gh}	23,6	6,1	4,2	9,7
		28	3356,0 ^{defg}	22,8	6,4	3,6	9,3
		42	4443,0 ^{cde}	25,1	5,4	3,4	10,0
		56	7027,7 ^{bc}	24,8	5,6	3,4	9,8
Mombaza	Lluviosa	14	631,7 ^h	17,3	10,8	4,2	11,3
		28	1947,7 ^{efgh}	19,8	8,0	2,4	12,0
		42	4478,7 ^{cde}	20,6	5,7	4,3	12,0
		56	4389,0 ^{cdef}	26,1	3,7	2,4	12,4
	Seca	14	720,7 ^{gh}	16,0	15,0	4,6	12,5
		28	3290,3 ^{defg}	21,3	8,8	3,6	11,9
		42	9565,3 ^{ab}	23,3	7,7	3,3	11,8
		56	11507,0 ^a	21,9	6,6	3,3	11,0
Toledo	Lluviosa	14	565,0 ^h	24,3	7,9	2,7	8,4
		28	1563,7 ^{gh}	23,6	8,0	4,3	8,8
		42	2926,3 ^{defgh}	24,5	6,3	3,4	9,2
		56	3196,3 ^{defgh}	26,2	4,4	2,7	9,9
	Seca	14	975,0 ^{gh}	22,9	6,2	3,2	10,3
		28	3336,7 ^{defg}	22,2	6,7	4,0	9,5
		42	5071,7 ^{cd}	24,3	5,4	3,4	9,6

Ratana	Lluviosa	56	4631,7	cd	24,9	4,8	3,2	9,9
		14	581,7	h	20,3	9,8	3,2	10,6
		28	1455,0	gh	17,7	6,5	3,6	11,2
		42	1220,0	gh	18,4	7,8	3,3	11,7
		56	2683,3	defgh	19,6	6,5	3,3	9,8
	Seca	14	715,0	gh	27,5	8,8	3,8	13,5
		28	1396,3	gh	31,1	8,6	3,7	13,6
		42	1759,7	fgh	25,9	7,8	4,1	11,7
		56	2637,3	defgh	24,2	8,2	4,8	11,1
		Época		**	**	-	*	**
Rebrote		**	**	**	-	-		
Pasto		**	**	**	-	**		
Época*rebrote		**	**	-	-	*		
Época *pasto		**	**	**	-	**		
Rebrote*pasto		**	**	**	-	-		
Época*rebrote*pasto		**	-	-	-	-		

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes $P < 0,05$ (Tukey) para la interacción triple.

La producción de MS está estrechamente relacionada con las condiciones agroclimáticas de la zona, donde se presenta una estación seca y lluviosa con precipitaciones promedios de 1 460 y 2 106 mm, respectivamente. La distribución de las lluvias en la época seca permite tener la cantidad de agua necesaria para el crecimiento óptimo de los pastos en el período de enero a abril. Lo contrario se presenta en la época lluviosa, donde el exceso de precipitaciones, aunado al tipo de suelo (Orden Inceptisol y Ultisoles) con problemas de drenajes y disminución de las horas luz, ocasionando encharcamiento (lámina de agua), y disminución en el crecimiento de los pastos (Vega, 2014).

La producción de MS en el pasto diamantes, presentó un comportamiento típico de crecimiento ascendente al avanzar los días de rebrote en ambas épocas del año. La mayor producción se observó en la época seca a los 56 días (7 027,7 kg), presentando diferencias ($P > 0,05$) con las demás edades de rebrote. Jumbo y Rodríguez (2020) también encontraron este comportamiento en la misma especie, obteniendo producciones de MS de 1 830 a 3 410 kg entre los 20 y 30 días de rebrote, respectivamente.

En general, la misma tendencia se pudo observar en el crecimiento de las demás especies en estudio. En el pasto mombaza la mayor producción de MS se presentó a la misma edad de rebrote (56 días) que el cultivar diamantes. La producción de MS fue 2,5 veces mayor en la época seca (11 507 kg) que en la lluviosa (4 478,7 kg), encontrándose diferencias ($P > 0,05$) con las otras edades de rebrote (cuadro 3). En esta especie, Fierro (2018)

encontró producciones de 11 100 kg MS. ha⁻¹ a los 56 días de rebrote de MS en la época seca, en la zona de Babahoya de Ecuador, en condiciones agroclimáticas similares, concordando con los resultados de la presente investigación. Sin embargo estudios en el cantón de Sarapiquí de la Región Huetar Norte de Costa Rica a 100 msnm, realizados por Villarreal (1992) mostraron que la disponibilidad promedio de tres pastos del género *Brachiaria*, fue de 1 545 kg MS.ha⁻¹ por corte, similar a los reportados en el presente estudio.

En el pasto toledo no se encontraron diferencias ($P>0,05$) en la producción de MS durante la época lluviosa producto de un crecimiento poco uniforme de la pastura. En la época seca, la producción de MS más alta se presentó a partir de los 42 días (5 071,7 kg MS.ha⁻¹) sin encontrarse diferencias con los 56 días de rebrote. Tampoco se encontraron diferencias en la producción de MS entre épocas al comparar las mismas edades de rebrote, sugiriendo poca afectación de esta variable para esta especie.

Estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados por Rincón et al., (2008) quienes, en una investigación realizada en el Piedemonte Colombiano con una altura de 330 msnm y precipitaciones de 2900 mm anuales, utilizando pasto del género *Brachiaria* sometidos a tres frecuencias y dos intensidades de defoliación señalan promedios de 2 760 kg MS. ha⁻¹ a los 42 días y con los indicados por Ortega et al. (2015) quienes reportan promedios de 5 634 kg MS. ha⁻¹ para esta especie.

Por su parte, el pasto ratana, una especie de crecimiento estolonífero, presentó la producción más baja de MS en comparación a las otras especies evaluadas con hábitos de crecimiento macoloso. No se encontraron diferencias significativas entre las edades de rebrote, ni épocas de año. Los promedios de producción de MS fueron de 1 627,1 y 1 485 kg MS.ha⁻¹ en la épocas seca y lluviosa respectivamente, manteniéndose la misma tendencia encontrada en las otras especies estudiadas, pero con mucha menor producción de MS en ambas épocas del año. Estos resultados concuerdan con a los señalados por Villarreal (1992) quien indicó promedios de 1 545 kg MS. ha⁻¹ para el pasto ratana, en la misma zona de influencia (Sarapiquí, Costa Rica).

Los pastos diamantes, mombaza y toledo mostraron el mayor contenido de MS a los 56 días de rebrote (cuadro 3), caso contrario se observó en ratana donde el mayor contenido de MS se presentó en edades tempranas. En las especies de crecimiento macoloso (mombaza, toledo y diamantes), no evidenciaron diferencias significativas ($P>0,05$) en la concentración de MS, durante las épocas del año. Canchila et al. (2009) quienes evaluaron

24 accesiones de *Brachiariaspp.*, señalan rangos promedios entre 23,4 y 25,7% de MS, coincidiendo con los resultados de la presente investigación (cuadro 3).

El pasto ratana presentó el mayor contenido promedio en la concentración de MS durante la época seca (27,2%), lo cual representó un incremento de 43,1%, en comparación a la época lluviosa. Por su parte, Martínez (2018) en una recopilación de 32 años de análisis bromatológico en esta especie realizada en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA - Universidad de Costa Rica), indica valores que oscilan de 15,1 a 33,7% de MS, entre las edades de corte 20 y 60 días de rebrote, respectivamente, ubicándose los resultados de esta investigación dentro de este rango. Este comportamiento, posiblemente se debió a los hábitos de crecimiento de las especies evaluadas, donde por razones de arquitectura de la planta, se dificulta al momento del muestreo poder separar los tallos de las hojas, como en el caso de la ratana que es de porte rastrojero (Villareal, 1992).

En relación con el contenido de PC, no se presentaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre especies, época del año y días de rebrote. Sin embargo, se puede evidenciar, la misma tendencia descendente en la concentración de la PC en todos los forrajes evaluados, donde los mayores contenidos se presentaron en edades tempranas de rebrote y van disminuyendo al aumentar los días de rebrote (cuadro 3). Valenciaga et al. (2009) y Avellaneda et al. (2008) señalan que al avanzar la edad de rebrote disminuye el contenido de PC de los pastos, debido entre otros factores a la disminución en la actividad metabólica en los pastos al incrementar su edad.

De acuerdo con la época del año, el pasto mombaza presentó la mayor concentración de PC en el periodo seco (9,5%), lo cual representa un aumento del 35,4% ($P<0,05$) con respecto a la época lluviosa. Caso contrario se presentó en el pasto toledo, donde se presentó el mayor contenido de PC en la época lluviosa (6,6%), ($P<0,05$) en comparación con la época seca (5,8%). Diamantes y ratana no presentaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre épocas del año. Canchila et al.(2009) indican valores promedios de PC entre 5,8 y 7,5%, los cuales concuerdan con los valores obtenidos en la presente investigación.

El contenido de EE en todas las especies estudiadas, presentó promedios del 3,2 y 3,7% en la época seca y lluviosa respectivamente, lo que representa un incremento en la concentración de esta fracción (16,0%) lo cual difiere significativamente ($P<0,05$) con la época lluviosa. En las demás variables no se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$).Martínez (2018) señaló rangos promedios de EE de 1,2 a 3,0% en edades desde los 20 a 60 días de rebrote, los cuales son menores a los obtenidos en esta investigación.

Los contenidos de CE en los pastos toledo y ratana presentaron un aumento significativo ($P < 0,05$) del 8,3 y 15,4% en la época seca en comparación con la lluviosa, respectivamente. Canchila et al.(2009) señalaron valores promedios de CE entre 5,5 y 9,0%, los cuales son menores a los obtenidos en la presente investigación. Los pastos diamantes y mombaza no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre épocas. Sin embargo, Martínez (2018) en una investigación de los diferentes forrajes utilizados en Costa Rica, reporta promedios de CE entre 8,6 y 10,1% para las edades de 20 a 40 días de rebrote en el género *Brachiaria*, los cuales son similares a los encontrados en la presente investigación.

CONSIDERACIONES FINALES

Se logró concluir que existe un efecto sobre las diferentes variables analizadas en cada uno de los pastos en consecuencia a la época de año y la edad de rebrote, en las tres zonas agroclimáticas estudiadas. Se logra identificar que la época seca disminuye los contenidos de PC y la producción de MS, en las zonas intermedia y alta, no así en la zona baja, en donde durante la época seca las precipitaciones no disminuyen exponencialmente con respecto a la lluviosa y no se presenta esa diferencia entre las épocas. Las mayores producciones de biomasa se presentaron en los pastos de la zona baja en la época seca, donde sobresale la producción del pasto mombaza por encima de 11 ton MS/ha⁻¹.

Los contenidos de CE aumentaron al avanzar la edad de rebrote en los diferentes pastos en las tres zonas estudiadas en la época seca, sin embargo, los contenidos de EE aumentaron en la época lluviosa defiriendo de las demás variables. Se logró concluir que la época del año no presentó influencia sobre el contenido de MS de los pastos. La excepción se evidenció en el pasto estrella africana, el cual presentó contenidos por encima del 35% en la época seca.

Al avanzar la edad de rebrote, se incrementó la producción de MS y se aumentaron los contenidos de MS, CE, EE en las tres zonas agroclimáticas estudiadas. El caso contrario se observó en el contenido de PC al avanzar la edad de rebrote en los tres pisos altitudinales.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma 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

Álvarez, A., Herrera, S., Daiz, L. y Noda, A. (2013). Influencia de las precipitaciones y la temperatura en la producción de biomasa de clones de *Pennisetum purpureum*. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193029815015>

AOAC. (1990) Official Methods of Analysis 15th Edition, U.S.A.

Araya, M. y Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):37-43.

Armijos, W. (2014). Caracterización bromatológica y digestibilidad in vitro de la materia seca de 15 variedades de pastos de la sierra ecuatoriana. Disponible en <https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:21000-9725>

Avellaneda, J., Cabezas, F., Quintana, G., Luna, R., Montañez, O., Espinoza, I., Zambrano, S., Romero, D. Venegas, J. y Pinargote, E. (2008). Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. *Ciencia y Tecnología* 1: 87-94 Disponible en https://uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_articulo_5.pdf

Barahona, R.; Sánchez, M. S.; Murgueitio, E. & Chará, J. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam. (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano, modalidad Investigación Científica. Bogotá, Colombia. Revista Carta Fedegán. 140:66-69, 2014.

Canchila, E., Soca, M., Ojeda, F. y Machado, R. (2009) Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. *Pastos y Forrajes*. v.32 n.4. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000400002

Correa, H., Jaimes, L., Avellaneda, J., Pabón, M. y Carulla, J. (2020). 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*. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd28/3/jaim28047.html>

Dimaté, H. (2006). Caracterización agronómica y nutricional de cultivares de Raigrás (*Lolium perenne*) en el Noreste de Bogotá. Disponible en <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/288>

Fierro, J. (2018). Evaluación de la producción y valor nutricional del pasto Mombaza (*Panicum maximum* c.v) en diferentes edades y alturas de corte en la zona de Babahoyo. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5177>

Gómez, O. y Montes de Oca, P. (1999). Estudio detallado de suelos de la Finca Santa Lucía en Barva, Heredia. XI Congreso Nacional Agronómico

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

INTA (Instituto Nacional de Innovación y transferencia en Tecnología Agropecuaria de Costa Rica). (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 inédita de maestría, Universidad Nacional, Costa Rica.

Jumbo, M. y Rodríguez, A. (2020). Comportamiento agronómico del pasto marandú (*brachiaria brizantha* cv marandú) en el carmen provincia de Manabí, Ecuador. *TLATEMOANI*. No. 33. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7451962>

Ku-Vera, J. C.; Briceño, E. G.; Ruiz, A.; Mayo, R.; Ayala, A. J.; Aguilar, C. F. et al. Manipulation of the energy metabolism of ruminants in the tropics: options for improving meat and milk production and quality. *Cuban J. Agric. Sci.* 48(1):43-53, 2014.

Martínez, A. (2018). Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Disponible en línea: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/80376>

Morales, A., León, J., Cárdenas, E., Afanador, G. y Carulla, J. (2013). Composición química de la leche, digestibilidad In vitro de la materia seca y producción en vacas

alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, vol. 60, núm. 1.

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

Pedreira, B., Pedreira, C. y Lara, M. (2015). Leaf age, leaf blade portion and light intensity as determinants of leaf photosynthesis in *Panicum maximum* Jacq. *Grassland Science*. 61(1): 45-49p.

Pérez, J., Alarcón, B., Mendoza, G., Barcena, R., Hernández, A. y Herrera, J. (2001). Efecto de un banco de proteína de kudzu en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. *Técnica Pecuaria en México* 39:39-52.

Ramírez, J., Acosta, I., López, Y., Álvarez, Y. y López, B. (2004). Efecto de la edad de rebrote en el valor nutritivo de dos especies de pastos tropicales (*King grass* CT 115 y *brachiaria decumbens*). Disponible en <http://www.visionveterinaria.com>

Rincón, A., Ligarreto, G. y Garay, E. (2008). Producción de forraje en los pastos *B. decumbens* cv. Amarga y *B. Brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones de Piemonte llanero colombiano. *Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín* 61(1):4336-4346.

Salazar, S. (2007). *Disponibilidad de biomasa y valor nutricional del pasto estrella africana (Cynodon nlemfuensis) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos*. Tesis inédita de licenciatura. Universidad de Costa Rica.

Sánchez, J. (2007). Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Venezuela. 24p.

Sánchez, J. y Soto, H. (1996). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos I. Materia seca y componentes celulares. *Nutrición Animal Tropical* 3:3-18.

- Sánchez, J., Piedra, L. y Soto, H. (1998). Calidad nutricional de los forrajes en zonas con niveles bajos de producción de leche, en la zona norte de costa rica. *Agronomía Costarricense* 22(1): 69-76.
- SAS Institute, The SAS system for Windows. (2009). 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). Disponible en http://www.sepsa.go.cr/DOCS/2017-008-Inf_Gestion_Sector_Mayo2016-Abril2017.pdf.
- Sorio, H. (2012). Pastoreo Voisin: Teorías – prácticas – vivencias. 3ª ed. Méritos Editora Ltda. 298 p.
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R. y Correa, H. (2005). Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 18,1.
- Vargas, J., Sierra, A., Mancipe, E. y Avellaneda, Y. (2018). El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *Medicina veterinaria y zootecnia*. Vol 13 (2): 137-156. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/cmvez/v13n2/1900-9607-cmvz-13-02-137.pdf>
- 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 inédita de licenciatura Instituto Tecnológico Costa Rica.
- Vega, A. (2014). Caracterización Territorio Sarapiquí. Inder, Oficina Subregional La Virgen. San José, Costa Rica. 184 p.
- Villalobos y 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. *Agronomía costarricense*, volumen 34, número 1. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6698>
- Villalobos, L. y Arce, J. (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. *Agronomía costarricense*: volumen 37,

número 1. Disponible en
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/10715>

Villarreal, M. (1992). Evaluación comparativa de ratana (*Ischaemum ciliare*) como especie forrajera. *Agron. Costarricense* 16(1): 37-44.

CAPITULO 3

Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre los componentes de la pared celular y digestibilidad in vitro de gramíneas

Jose Mario Núñez Arroyo

RESUMEN

El trabajo consistió en evaluar siete gramíneas a diferentes edades de rebrote y épocas del año 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 DIV de la FND (dFND). Los resultados se analizaron mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS INTITUTE, 2009) y la prueba de Tukey para la comparación de medias entre los tratamientos. 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*, donde 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 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, donde 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, $P<0,01$) la mayor DIVMS (70,5%) se presentó 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

The work consisted of evaluating seven grasses at different regrowth ages and times of the year in three different agroclimatic zones of Costa Rica. A 7x2x4 factorial design (forage species, season and regrowth age) was used with 3 repetitions, for a total of 168 experimental units. The concentration of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FAD), lignin (LIG), in vitro digestibility of dry matter (DIVMS) and DIV of NDF (dFND) were evaluated. The results were analyzed using the PROC GLM procedure of the SAS statistical package (SAS INTITUTE, 2009) and the Tukey test for the comparison of means between the treatments. 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. perennial grass presented the highest DIVMS 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 FAD (37.2%) appeared at 28 days of regrowth in the dry season (double interaction, $P < 0.01$), and the highest content of dFND (72.9%) at 14 days of regrowth during the rainy season (double interaction, $P < 0.01$). In the lower zone, the pastures were evaluated: *Brachiaria brizantha* cv diamonds, *Panicum maximum* cv mombaza, *Ischaemum indicum* and *Brachiaria brizantha* cv Toledo, where the highest content of LIG (9.7%) was presented after 14 days of regrowth during the dry season in *I. indicum* grass (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 participación del sector agropecuario representa el 5% del producto interno bruto, en donde el área pecuaria equivale al 19% de la producción agrícola nacional y la cría de ganado de vacuno representa el 73,7% del sector pecuario nacional (SEPSA, 2017).

Según el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) del año 2014, en Costa Rica existen 37 171 fincas dedicadas a la producción de ganado bovino abarcando alrededor de 1,04 millón de hectáreas. Se contabilizaron 1 275 612 cabezas de ganado, de los cuales 538 593 (42%) se dedican a los sistemas de producción cárnica, 409 889 (32%) a sistemas de doble propósito (producción de leche y carne) y 327 130 (26%) a sistemas de producción de leche (INEC, 2015).

En el CENAGRO del mismo año, se registró que el 95% de los sistemas de producción bovina se manejan con sistemas de pastoreo (INEC, 2015), los cuales utilizan pasturas naturales o mejoradas que se han adaptado a las condiciones tropicales como fuente primaria de alimentación.

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 producción de biomasa y calidad nutricional, debido a los efectos de la época del año (verano e invierno) y la edad de rebrote de los pastos y así, poder discernir la edad óptima de rebrote para que los animales puedan pastorear y así obtener los mejores resultados.

Por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la época del año y la edad de rebrote en siete especies de pastos sobre los componentes de la pared celular y digestibilidad *in vitro* de la materia seca utilizadas en tres zonas agroclimáticas de importancia para la ganadería costarricense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El muestreo de los pastos *Kikuyuocloa clandestinum* (kikuyo) y *Lolium perenne* (ryegrass perenne) fueron obtenidos en la finca Terranova, ubicada en el distrito de Sabanilla del cantón de Alajuela, provincia de Alajuela a 1 890 msnm, 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 2 692,5 mm en las épocas seca y lluviosa, respectivamente (IMN, 2017). En el sitio predominan 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 1 250 msnm. Las temperaturas fluctuaron entre 15 y 25°C durante el año. La precipitación promedio de 252 mm y 2 166 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 brizanthacv* 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 10°19'36.40" latitud norte y 83°51'37.41" a una altura de 91 msnm. La temperatura máxima en época seca fue de 30°C en la época lluviosa y la mínima en la época seca fue de 21°C en la lluviosa; la precipitación promedio en época seca fue de 1 460,3 mm y 2 106,3 mm en la época lluviosa (IMN, 2017).

Procedimiento experimental: 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 2 000 m² hasta los 5 000 m².

Las muestras fueron obtenidas durante la época lluviosa entre los meses de setiembre y octubre 2018 y en la época seca durante los meses de marzo y abril 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 (pospastoreo) para cada una de las especies y edades de rebrote evaluadas (14, 28, 42 y 56), en ambas épocas. Se evitó seleccionar sitios a menos de 2 m del cercado para minimizar el efecto borde. Esta acción se realizó por triplicado para un total de 12 sitios por especie en cada una de las épocas. En cada sitio se cosechó 1 m² de pasto 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.

La altura de corte de cada pasto se realizó simulando el pastoreo, midiendo previamente la altura 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. En los forrajes de crecimiento erecto (mombaza, diamantes y toledo) el muestreo se realizó a 60 cm de altura. Se programaron cortes de uniformización a los 0, 14, 28 y 42 días de rebrote, lo que permitió que a los 56 días de rebrote se cosecharon todos los sitios de muestreo con las edades respectivas.

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), lo que 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 10000 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 UNA. El contenido 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 DaisyII® (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 ($P<0,05$) para 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	66,1	55,2
		28	57,7	26,8	3,6	59,4	46,2
		42	60,4	28,1	3,5	55,4	42,8
		56	58,1	25,6	3,1	72,9	65,5
	Seca	14	66,4	32,1	10,5	48,6	39,2
		28	62,1	27,3	8,7	60,3	50,6
		42	66,8	30,1	9,7	61,6	53,8
		56	65,8	29,6	8,8	61,6	52,8

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		-	-	**		**		*		

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes $P < 0,05$ (Tukey). * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

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 la época seca tuvo un 13% de aumento en el contenido de FND en comparación de 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, época del año, nivel de fertilización y las condiciones físicas y químicas del suelo.

En la interacción rebrote – pasto el kikuyo presentó una diferencia significativa ($P < 0,05$) en la edad de 28 días presentando el menor contenido de FND (58,9%); las demás edades de rebrote no se diferenciaron significativas 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, las cuales son muy similares a las señaladas 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% ($P < 0,01$) en la interacción época - pasto. Armijos (2014) en la Sierra Ecuatoriana a 1 800 msnm, trabajando con el mismo pasto, señaló promedios para las épocas lluviosa y seca de 40,8 y 57,8% de FND, respectivamente, 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 donde se resalta un crecimiento del 21% a los 56 días de rebrote.

En relación con las concentraciones de FAD en el pasto kikuyo se pudo evidenciar un incremento significativo del 12,5% ($P < 0,01$), entre 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 en el incremento de los contenidos de FAD al avanzar la edad de rebrote. Vargas (2019), en una investigación realizada en la zona de Sucre (1 340 msnm), 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, respectivamente.

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), lo que difiere con lo encontrado por Villalobos y Sánchez (2010), quienes en una investigación en la provincia de Cartago (3 090 msnm) Costa Rica, 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 del contenido de FAD que oscila entre 10,2 y 16,9% a partir de los 28 días de rebrote en ambas épocas ($P < 0,05$), respectivamente. 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 y 32,4% entre las edades de 28 y 42 días de rebrote, respectivamente, los cuales son mayores 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 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 y 2,3 - 3,1% en las épocas seca y lluviosa, respectivamente, 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, 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 ($P<0,05$) 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, 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, dFND en el pasto estrella africana presentaron diferencias altamente significativas ($P<0,01$) para la interacción entre las variables época y 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		**	**	**	**	**

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes $P < 0,05$ (Tukey). * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$.

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 presentó la menor concentración de FND, representando una diferencia ($P < 0,01$) del 15 al 22% con las edades de rebrote de 42 y 56 días, respectivamente, para la época lluviosa. En la época seca no se evidencia la misma tendencia, sobresaliendo un incremento altamente significativo ($P < 0,01$) en la concentración de FND a los 28 días de rebrote del 16,84 y 13,32% en comparación con las edades de 14 y 56 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 66,9 y 67,7% de FND, para las edades de 21 y 42 días de rebrote, respectivamente, 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 el aumento en el contenido 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 de rebrote, 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 (1 200 msnm) de Puntarenas, Costa Rica, con el mismo pasto, señalaron promedios de 4,1% en el contenido de LIG.

La DIVMS y la dFND presentaron un patrón decreciente altamente significativo ($P < 0,01$, cuadro 2) en la época lluviosa, al avanzar los días de rebrote, disminuyendo entre 34,7 y 49,9% para la DIVMS y la dFND, respectivamente. En forma contraria, durante la época seca no se presentó un patrón creciente o decreciente en los contenidos de DIVMS y la dFND durante las edades evaluadas.

Por lo general, en 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 69,1 y 67,3% DIVMS a las edades de 28 y 42 días, respectivamente. 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%, entre las edades de 21 y 35 días de rebrote. Para la época seca se observa una disminución en la DIVMS, en comparación con la época lluviosa y con los resultados presentados por Campos et al. (2015).

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 entre los 55,7 y 52,1%, entre las edades de rebrote 21 y 35 días, respectivamente. 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 en que había estado 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 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

Toledo		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
		<hr/>							
	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
	<hr/>								
	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	
<hr/>									
Época*rebrote		*	-	**	-	-	-	-	
Época *pasto		**	-	**	**	**	**	**	
Rebrote*pasto		**	**	-	**	**	**	**	
Época*rebrote*pasto		-	-	**	**	**	**	-	

Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes $P < 0,05$ (Tukey). * = $P < 0,05$ y ** = $P > 0,01$

En lo que respecta a los contenidos de FDN encontrados en los pastos evaluados en la zona baja no se evidenció una tendencia a 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 se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$), siendo la edad de rebrote de 14 días diferente estadísticamente a las demás edades de cosecha evaluadas, 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 msnm.

En un estudio realizado por Marcías et al. (2019) en la provincia de Manabí Ecuador a una altura de 250 msnm, se reportaron valores promedio de FND en el pasto mombaza de 60

a 68,7% entre edades de 20 a 30 días de rebrote, similares de FND 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, 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 de FAD 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% entre 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% respectivamente, 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.

En relación con los contenidos de LIG, los mayores contenidos se encontraron en el pasto ratana durante la época seca a la edad de rebrote de 14 días, sin encontrarse 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 diferentes 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. Martínez (2018), 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, los valores más altos se encontraron durante la época lluviosa en todas las especies evaluadas. En el caso del pasto diamantes, durante la época lluviosa no presentó diferencias significativas ($P>0,05$) entre ninguna de las edades de rebrote; caso contrario se presentó en la época seca donde si 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, reportando 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. 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, obteniendo 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 presentando diferencias significativas ($P > 0,05$) con las edades de 14, 42 y 56. 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 – pastosobre la dFND, el pasto diamantes no presentó una tendencia clara en disminuir la dFND al avanzar la edad de rebrote, donde 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 indican 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, en donde los valores más altos se encontraron en las edades de 48 y 56 días (60, 70 y 52,6%, respectivamente), y el valor más bajo y diferente significativamente a los anteriores 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, donde el valor más alto de dFND se obtuvo durante la época seca (52,7%). Los valores más altos de dFND se obtuvieron en los pastos diamantes y toledo durante la época lluviosa (58,4 y 55,6%, respectivamente).

CONSIDERACIONES FINALES

Se logra identificar un efecto marcado en los diferentes componentes de la pared celular al avanzar la edad de rebrote, en las variables de FND, FAD y LIG, presentándose mayores contenidos de las diferentes fracciones de la pared celular en la época de verano que en la lluviosa.

Los mayores contenidos de DIVMS y dFND se presentaron en los pastos de la zona alta, principalmente en el pasto ryegrass con promedios por encima del 70%, observándose en los pastos de la zona baja los menores valores de digestibilidad.

Los contenidos de LIG en los pastos kikuyo y ryegrass con un comportamiento similar al aumentar la edad de rebrote. De igual manera los contenidos de DIVMS y dFND en los pastos de altura disminuyen en la época seca, sin poder evidenciar una tendencia a disminuir al avanzar las edades de rebrote.

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 (*Kikuyuocloa clandestinum*) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Disponible en: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/77013>.
- AOAC. (Official Methods of Analysis). (1980). Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington D.C., USA, Association of Official Analytical Chemists. 1040 p.
- AOAC. (Official Methods of Analysis). (2000). Official methods of analysis. 17 ed. Washington, D.C. Chandler, J.A. 1980. Predicting methane fermentation biodegradability. M.S. thesis. Cornell Univ., Ithaca, NY.
- Araya, M. y Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):37-43.
- Armijos, W. (2014). Caracterización bromatológica y digestibilidad in vitro de la materia seca de 15 variedades de pastos de la sierra ecuatoriana. Disponible en: <https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:21000-9725>
- Bernal, E.J. 2003. Pastos y forrajes tropicales. Producción y Manejo. Colombia, Ideagro. 421 p.
- Campos - Granados, C., Rojas-Bourrillon, A. y Martínez-Machado, A. (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. 3pp.
- CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario). (2014). Datos estadísticos. Instituto nacional de Estadísticas y censos. Disponible en Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO).
- Cornu, A; Besle, J.M; Mosoni, P; Grenet, E. 1994. Lignin – carbohydrate complexes in forage: Structure and consequences in the ruminal degradation of cell wall carbohydrates. *Reprod. Nutr. Dev.* 34: 385.
- Correa, H. Jaimes, L. Avellaneda, J. Pabón, M. y Carulla, J. (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. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304077037_Efecto_de_la_edad_de_rebrot

e_del_pasto_kikuyo_Pennisetum_clandestinum_sobre_la_produccion_la_calidad_d
e_la_leche_y_el_balance_de_nitrogeno_en_vacas_Holstein

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

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

Gómez, O. y Montes de Oca, P. (1999). Estudio detallado de suelos de la Finca Santa Lucía en Barva, Heredia. XI Congreso Nacional Agronómico.

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

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

INEC (Instituto nacional de estadística y censo). (2015). Datos estadísticos. Disponible en: <https://www.inec.cr/multimedia/encuesta-nacional-de-hogares-2015>.

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 inédita de maestría, Universidad Nacional, Costa Rica.

Jumbo, M. y Rodríguez, A. (2019). Comportamiento agronómico del pasto marandú (*brachiaria brizantha* cv marandú) en el carmen provincia de Manabí, Ecuador. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7451962>.

Martínez, A. (2018). Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Disponible en: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/80376>.

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

- Ortega, C. Lemus, C. Bugarín, J. Alejo, G. Ramos, A. Grageola, O. y Bonilla, J. (2015). Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en 4 especies de pasto de los géneros *Brachiaria* y *paniucum*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93944043005>.
- Pizarro, E; Amaral, R; Vera, R. 1993. Efecto de diferir la época de utilización en la producción y calidad de *Panicum maximum*. *Revista Pasturas Tropicales*. 15(1): 23-29.
- Ramírez, J; Verdecia, D; Leonard, I; Álvarez, Y. 2010. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Panicum maximum* cv. Likoni en un suelo Fluvisol de la región oriental de Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 11(7): 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). Disponible en: http://www.sepsa.go.cr/DOCS/2017-008-Inf_Gestion_Sector_Mayo2016-Abril2017.pdf.
- Sorio, H. (2012). *Pastoreo Voisin: Teorías – prácticas – vivencias*. 3ª ed. Méritos Editora Ltda. 298 p.
- Suárez, E., Reza, S., García, F., Pastrana, I. y Díaz, E. (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 Robertson, J.B. (1985). *Analysis of forages and fibrous feeds*. Cornell University. Ithaca, NY.
- Van Soest, P.V., Robertson, J.B. y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74(10): 3583 – 3597.
- Van-Soest, P. J., Van Amburgh, M.E., Robertson, J.B, y Knaus, W.F. (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*. Cornell University, Ithaca, NY, USA. p. 139-149.

- 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 de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Villalobos, L. (2010). Respuesta del pasto ratana (*ischaemum indicum*) a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. instituto tecnológico de Costa Rica. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3960/Respuesta%20del%20pa%20sto%20Ratana%20%28Ischemum%20indicum%29%20a%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20nitrogenada%20y%20edad%20de%20rebrote.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villalobos, L. y Arce, J. (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. Consultado en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/10715>.
- Villalobos, L. y Sánchez, J. (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. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6698>.
- Zambrano, G; Apráez, J; Navia J. 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.

CONCLUSIONES GENERALES

La producción de biomasa y la calidad nutricional de los pastos se vio afectada por la época y la edad de rebrote, donde la mayoría de los pastos alcanzó los mayores rendimientos y mejor calidad nutricional en la época lluviosa, aunque redujeron los rendimientos y la calidad nutricional al avanzar la edad de rebrote.

Las mayores producciones de biomasa se presentaron en los pastos de la zona baja en la época seca, donde sobresale la producción del pasto mombaza por encima de 11 ton MS/ha⁻¹.

Los contenidos de CE aumentaron al avanzar la edad de rebrote en los diferentes pastos en las tres zonas estudiadas en la época seca, sin embargo, los contenidos de EE aumentaron en la época lluviosa defiriendo de las demás variables. Se logró concluir que la época del año no presentó influencia sobre el contenido de MS de los pastos. La excepción se evidenció en el pasto estrella africana, el cual presentó contenidos por encima del 35% en la época seca.

Al avanzar la edad de rebrote, se incrementó la producción de MS y se aumentaron los contenidos de MS, CE, EE en las tres zonas agroclimáticas estudiadas. El caso contrario se observó en el contenido de PC al avanzar la edad de rebrote en los tres pisos altitudinales.

Los mayores contenidos de DIVMS y dFND se presentaron en los pastos de la zona alta, principalmente en el pasto ryegrass con promedios por encima del 70%, observándose en los pastos de la zona baja los menores valores de digestibilidad.

Los contenidos de LIG en los pastos kikuyo y ryegrass con un comportamiento similar al aumentar la edad de rebrote. De igual manera los contenidos de DIVMS y dFND en los pastos de altura disminuyen en la época seca, sin poder evidenciar una tendencia a disminuir al avanzar las edades de rebrote.

RECOMENDACIONES GENERALES

Dentro de las diferentes variables que se analizaron dentro de este trabajo se lo logra determinar que no se pudo recomendar un pasto en específico, ya que según sean las necesidades y objetivos de cada productor, así puede ser el pasto que se adecue a sus necesidades y capacidades de presupuesto que se tengan.

Debido a la disminución de biomasa en la época seca principalmente del pasto estrella africana, se recomienda la utilización de suplementos o ensilajes que garanticen que los animales puedan mantener unas condiciones corporales adecuadas para mantener la producción, ya sea, de leche o de carne y no provocar pérdidas económicas a los productores.

Debido a los bajos aportes de PC de los pastos de la zona baja, se recomienda la utilización de especies con alto valor proteico (leguminosas, arbustivas) en la dieta para garantizar un nivel adecuado de PC en los animales y poder obtener su mayor potencial genético.

Se recomienda en los pastos de la zona alta, los cuales, son los de mayores contenidos de PC y mayor digestibilidad de la materia seca, la utilización de técnicas (desección, pelletizado y otras), ya que, estos pastos son los que estos presentan los menores contenidos de MS y podrían provocar un llenado físico, pero no llenan los altos requerimientos nutricionales de estas razas especializadas, por lo cual no se puede obtener todo su potencial.

Se debe ampliar la investigación de los diferentes pastos en otras zonas del país, a fin de conocer su comportamiento en diferentes condiciones agroclimáticas y así evitar la influencia negativo o positivo en las características bromatológicas y nutricionales de los pastos estudiados.

ANEXOS



CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES
REPORTE DE ENSAYO
RE-R01 (V2)

Nº DE REPORTE: 71242

USUARIO: UNIVERSIDAD NACIONAL
SUBCLIENTE: FUNDAUNA
RESPONSABLE: JOSE ENRIQUE PADILLA
CORREO: jose.padilla.fallas@una.cr
TELÉFONO: 8561-4417

PROVINCIA: HEREDIA
CANTÓN: BARVA
LOCALIDAD: SANTA LUCIA
CULTIVO: PASTOS

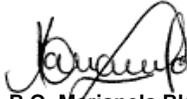
ANÁLISIS: QC,CN
FECHA RECEPCIÓN: 11/06/2019
EMISIÓN DE REPORTE: 21/06/2019
Nº DE MUESTRAS TOTAL: 3
PÁGINA: 2/2

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

ID USUARIO	ID LAB	mS/cm	%		Relación
		CE	C	N	C/N
		1,5			
LOTE 1	S-19-03332	0.3	10.79	1.06	10.2
LOTE 2	S-19-03333	0.2	8.94	0.85	10.5
LOTE 3	S-19-03334	0.3	10.74	1.03	10.4

-----ÚLTIMA LÍNEA-----

OBSERVACIÓN: El % C y N totales se determinaron con el Autoanalizador de C/N por combustión seca. Los valores de % C total correlacionan muy bien ($R^2 \geq 0,95$) con el % de MO. Si quiere estimar el valor del % MO a partir del dato de % C total determinado con esta metodología, multiplique el % C total por 1,43.


B.Q. Marianela Blanco M.
N.I. 2468
Gestoría de Calidad


Ing. Agr. Michael González A.
N.I. 7827
Gestoría Técnica

1. El muestreo es responsabilidad del usuario. 2. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 3. El tiempo de custodia de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 4. El Reporte de Ensayo válido es el original firmado y sellado que se imprime a solicitud expresa de l usuario; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico o fax libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.



CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES
REPORTE DE ENSAYO
RE-R01 (V2)

Nº DE REPORTE: **71242**

USUARIO: UNIVERSIDAD NACIONAL
SUBCLIENTE FUNDAUNA
RESPONSABLE: JOSE ENRIQUE PADILLA
CORREO jose.padilla.fallas@una.cr
TELÉFONO: 8561-4417

PROVINCIA: HEREDIA
CANTÓN: BARVA
LOCALIDAD SANTA LUCIA
CULTIVO: PASTOS

ANÁLISIS: QC,CN
FECHA RECEPCIÓN: 11/06/2019
EMISIÓN DE REPORTE: 21/06/2019
Nº DE MUESTRAS TOTAL: 3
PÁGINA: 1/2

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

Solución Extractora:		pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
KCl-Olsen Modificado		H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5.5	0.5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
LOTE 1	S-19-03332	5.8	0.19	9.08	2.42	0.64	12.33	2	2	8.3	6	129	9
LOTE 2	S-19-03333	5.8	0.18	7.87	2.19	0.55	10.79	2	2	6.1	7	122	9
LOTE 3	S-19-03334	5.8	0.16	9.45	2.56	0.74	12.91	1	3	4.6	7	107	9

-----ÚLTIMA LÍNEA-----

Los valores debajo de cada elemento corresponden con los Niveles Críticos generales para la solución extractora usada

CICE=Capacidad de intercambio de Cationes Efectiva=Acidez+Ca+Mg+K

SA=Porcentaje de Saturación de Acidez=(Acidez/CICE)*100

B.Q. Marianela Blanco M.
N.I. 2468
Gestoría de Calidad

Ing. Agr. Michael González A.
N.I. 7827
Gestoría Técnica

1. Las unidades están expresadas en base seca, en masa/v. 2. Procedimiento: pH y CE en agua 10:25; Acidez, Al, Ca y Mg con KCl 1M 1:10; P,K,Zn,Fe,Mn y Cu con Olsen Modificado pH 8,5 (NaHCO₃ 0,5 N, EDTA 0.01M, Superfloc 127) 1:10; S con Ca(H₂PO₄)₂·H₂O 0,008M 10:25. Acidez determinada por valoración con NaOH y Al con HCl; P y S por Colorimetría con el Analizador de Inyección de Flujo (FIA) y el resto de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica. C y N totales por combustión seca en Autoanalizador. 3. El muestreo es responsabilidad del usuario. 4. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 5. El tiempo de custodia de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 6. El Reporte de Ensayo con validez es el original firmado y sellado que se imprime a solicitud expresa del usuario; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico o fax libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.