

Valor nutricional del pasto Estrella Africana con fuentes de fertilización orgánica e inorgánica

Marvin J. Solano Lopez  Luis A. Villalobos¹ 

Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Candidato a Doctorado Académico en Ciencias Agrícolas, Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. San José, Costa Rica.

Nutritional value of African Star grass with organic and inorganic fertilization sources

Abstract. The production of quality fodder is basic for the development of the livestock industry and food production mankind. The objective of this study was to evaluate the nutritive value of African Star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) with the use of organic and inorganic fertilizers as well as three regrowth periods. The experiment was conducted in the province of Cartago, Costa Rica, from May through October in 2019 and 2021. A completely randomized block design (CRBD) was used and analyzed using a generalized linear model that included days of regrowth, year, and type of fertilizer as the main factors. The results showed no effect of the fertilizer ($p > 0.05$) on the pasture nutritive variables. Days of regrowth showed effect ($p < 0.05$) on the dry matter (DM), crude protein (CP) and *in vitro* DM digestibility (IVDMD), having greater values at 45 days regrowth. The variables α NDF, ADF, ADL, DE, ME and NEL increased with the days of regrowth, while NDFD and TDN decreased with longer regrowth periods. Our findings showed the direct relation between the pasture nutritive components and the days of regrowth, confirming that pasture management is the basis to achieve high quality fodder and improve nutrient supply to cattle.

Key words: Pasture, Harvest; Fertilization; Nutrition.

Resumen. La producción de forrajes de calidad es la base para el desarrollo de la ganadería y para la producción de alimentos para el consumo humano. La investigación tuvo como objetivo evaluar el valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) con el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos así como tres edades de cosecha. El experimento se realizó en la provincia de Cartago, Costa Rica, entre los meses de mayo a octubre de los años 2019 y 2021. Se utilizó diseño en bloques completamente aleatorizados (DBCA) y fue analizado mediante un modelo lineal generalizado que incluyó edad de cosecha, año y tipo de fertilizante como factores principales. Los resultados indican que no hubo efecto del tipo de fertilizante ($p > 0,05$) sobre las variables nutritivas de la pastura. Las edades de cosecha mostraron efecto ($p < 0,05$) en la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), teniendo valores más altos para edades de cosecha de 45 días. Las variables α FDN, FDA, LDA, ED, EM y ENL aumentaron conforme aumentó la edad de cosecha y las variables DIVFDN y TDN disminuyeron al aumentarse dicho factor. Los hallazgos muestran la relación directa entre los componentes nutritivos de la pastura y los días de cosecha, confirmando que el manejo de pasturas permite lograr cosechas de biomasa forrajera de alta calidad y mejorar el aporte de nutrientes para los bovinos.

Palabras clave: Pasto, Cosecha, Fertilización, Nutrición.

Recibido: 2024-04-03. Revisado: 2024-06-21. Aceptado: 2024-06-25

¹Autor para correspondencia luis.villalobosvillalobos@ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, San José, Costa Rica.;

Valor nutricional do capim African Star com fontes de fertilização orgânica e inorgânica

Resumo. A produção de forragem de qualidade é a base para o desenvolvimento da pecuária e da produção de alimentos para consumo humano. O objetivo da pesquisa foi avaliar o valor nutricional do capim-estrela-africano (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) com a utilização de fertilizantes orgânicos e inorgânicos e três idades de colheita. O experimento foi realizado na província de Cartago, Costa Rica, entre os meses de maio a outubro dos anos de 2019 e 2021. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DBCA) e analisado por meio de um modelo linear generalizado que incluiu colheita idade, ano e tipo de fertilizante como principais fatores. Os resultados indicam que não houve efeito do tipo de adubo ($p > 0,05$) nas variáveis nutricionais da pastagem. As idades de colheita apresentaram efeito ($p < 0,05$) na matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), com maiores valores para idades de colheita de 45 dias. As variáveis α FDN, FDA, LDA, ED, EM e ENL aumentaram com o aumento da idade de colheita e as variáveis DIVFDN e TDN diminuíram com o aumento do referido fator. Os resultados mostram a relação direta entre os componentes nutricionais da pastagem e os dias de colheita, confirmando que o manejo da pastagem permite obter colheitas de biomassa forrageira de alta qualidade e melhorar o fornecimento de nutrientes para o gado.

Palavras-chave: Pastagem, Colheita, Adubação, Nutrição.

Introducción

La ganadería es de fundamental importancia para América Latina y el Caribe (ALC), ya que representa una fuente de alimentos básicos, que contribuye a la seguridad alimentaria y a la economía de los países de la región (FAO 2021). En Costa Rica este sector ha contribuido al desarrollo económico, agropecuario, comercial y social del pueblo costarricense. (Saborío y Gutiérrez 2010). Según INEC (2022), en el país existe una población de 1 509 011 bovinos y 1 044 909 hectáreas de pasturas.

Los pastos son la principal fuente de alimentación en la ganadería tropical, sin embargo, son cultivados en suelos de media y baja fertilidad, lo que limita su rendimiento, valor nutricional y, consecuentemente, la productividad animal (Ram y Trivedi, 2013). En este sentido, la fertilización busca mantener el suelo en un nivel de producción óptimo así como incrementar la producción y el valor nutricional de las pasturas que son sometidas a dichas prácticas (Pezo y García 2018).

La fertilidad de los suelos es un factor clave para el crecimiento de las plantas y tiene una gran influencia sobre la productividad y la calidad nutricional del forraje (Moya *et al.* 2016). Las prácticas de fertilización en

pasturas buscan restituir los nutrientes que se extraen del suelo, siendo el nitrógeno el nutriente más comúnmente aplicado por los productores para mejorar la productividad de biomasa y el valor nutricional del pasto estrella africano (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) (Pezo y García 2018).

En Costa Rica, la ganadería de leche se basa en el uso de pasturas perennes tropicales, dentro de las cuales el pasto estrella africano sobresale como uno de los más usados por su versatilidad y potencial productivo, pudiendo establecerse con una amplitud de rango de elevación y en potreros pequeños (desde 300 m²), usando diferentes arreglos para los sistemas de rotación de pasturas (MAG 2007; Tropical Forages, 2023)

La fertilización de pasturas es una práctica agronómica que cada vez está tomando más importancia en la gestión de las explotaciones ganaderas, por ello saber sobre el efecto que causan los distintos tipos de fertilizantes (orgánicos e inorgánicos) y la edades de cosecha sobre la calidad nutricional de la pastura, es muy importante para identificar opciones de mejora y poder realizar una gestión efectiva de los recursos de las fincas.

Materiales y Métodos

Conducción del experimento

El estudio se realizó en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM) de la Universidad de Costa Rica, ubicada en el Alto de Ochomogo en la provincia de Cartago (9°55'10" N, 83°57'20" O), a una altitud de 1542 m.s.n.m., precipitación media anual de

2050 mm (distribuida de mayo a octubre), temperatura media anual de 19,1°C (máxima 23,6 °C y mínima 14,5 °C) y humedad relativa media de 84% (IMN,2022).

El experimento se llevó a cabo en 2019 y 2021 en un área de 1619 m² las cual era parte de potreros previamente establecidos por la finca con pasto estrella



africana, donde se aplicaba pastoreo bajo un sistema de rotación cada 25 a 30 días. En el año 2020 se suspendió el experimento por la pandemia del Covid- 19 y, durante ese periodo, el área de experimento se pastoreó con novillas y vacas secas. En el 2021 se retomó el estudio en la misma área asignada en 2019, y en ambos años se realizó una cosecha de uniformización (a 5 cm sobre el nivel del suelo) al inicio de la época lluviosa (mayo), usando una motosegadora autopropulsada, con el objetivo de brindar 40 días de recuperación al pasto previo al primer muestreo.

El manejo agronómico fue el mismo para todas las parcelas con una misma dosis equivalente de nitrógeno,

se presentó baja presencia de malezas de hoja ancha las que fueron eliminadas de forma manual y no hubo presencia de plagas o enfermedades evidentes durante el período de estudio. Se asignaron aleatoriamente un total de 24 parcelas en cuatro bloques de 6 parcelas cada uno con un área de 6 m² por parcela (2×3 m) y separadas por pasillos de 2 m de ancho. En 2021, las parcelas se establecieron nuevamente respetando el mismo diseño usado en el año 2019 para la asignación de los tratamientos.

Se tomó una muestra compuesta de suelo en el área experimental y se realizó análisis químico ambos años y no se encontró ningún tipo de deficiencia o requerimiento de enmienda (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis químico de suelo realizado en el área experimental previo al inicio de los muestreos en 2019 y 2021.

Variable	Unidades	2019	2021
pH	H ₂ O	6,10	6,20
Acidez intercambiable	cmol(+)/L	0,12	0,10
Ca	cmol(+)/L	8,65	8,56
Mg	cmol(+)/L	5,30	5,41
K	cmol(+)/L	1,79	2,00
CICE*	cmol(+)/L	15,86	16,07
Saturación de acidez	%	0,80	0,60
P	mg/L	53,00	42,00
Zn	mg/L	10,80	9,70
Cu	mg/L	26,00	24,00
Fe	mg/L	414,00	324,00
Mn	mg/L	31,00	63,00
Conductividad eléctrica	mS/cm	0,40	0,30
C	%	5,44	4,68
N	%	0,58	0,53
Materia orgánica	%	7,77	6,69
C/N	%	9,40	8,80

* Capacidad de intercambio catiónico efectivo

Los tratamientos evaluados fueron: C= sin fertilización (testigo absoluto), U= urea (46 % N), AN= nitrato de amonio (33,5 % N) US= urea protegida con azufre (40 % N + 6 % S) SL= fertilización orgánica con base en excretas bovinas (0,01 g.L⁻¹ de N), AZ= *Azospirillum oryzae* PCJ1 (dosis de 16 L por parcela, para una concentración mínima de 10⁸ UFC.ml⁻¹). Con excepción de los tratamientos C y AZ, se aplicó una dosis equivalente anual de nitrógeno de 200 kg ha⁻¹ para todos los tratamientos, con cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos AZ y SL se aplicaron con una regadera y con cubetas, respectivamente, aplicando capas uniformes en el área de cada parcela.

Además se evaluaron tres edades de rebrote (35, 45 y 55 días), las cuales correspondieron con edades fenológicas de

la planta de 6 y 7 hojas. El experimento se realizó durante la época lluviosa (mayo a octubre) durante los años 2019 y 2021.

Valor Nutricional

Las parcelas fueron cosechadas usando una motosegadora auto-impulsada con una altura de corte de 5 cm y el material cosechado se colocó en lonas plásticas previamente taradas. Las lonas con el pasto fueron pesadas utilizando una pesa romana electrónica colgante con capacidad de 160 kg (0,05± kg) colocada en campo en un sistema de trípode metálico. Luego de pesado el forraje fresco, se tomó una muestra representativa de 1,5 kg. A partir de estas muestras compuestas se procesaron y se llevaron al laboratorio de Anatomía de la Escuela de Zootecnia de la

Universidad de Costa Rica en donde se secaron en un horno a 60 °C por 48 horas, para estimar el porcentaje de materia seca (MS) presente en las muestras.

Las muestras fueron procesadas en el Centro Investigación Nutrición Animal (CINA), de la Universidad de Costa Rica, donde se estimaron los componentes nutricionales del pasto estrella, mediante Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS por sus siglas en inglés), el cual cuenta con una calibración específica para el pasto estrella africana. Se analizaron parámetros nutricionales relacionados a materia seca (MS, %), proteína cruda (PC, %), fibra

detergente neutra tratada con amilasa (α FDN, %), fibra detergente ácida (FDA, %), lignina detergente ácida (LDA, %), digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (DIVMS, %), la digestibilidad *in-vitro* de la fibra (DIVFDN, %) y energía neta de lactancia (ENL, Mcal/Kg de MS).

El ajuste de la ecuación del NIRS se realizó por medio de química húmeda, mediante análisis, siguiendo los procedimientos establecidos para MS y PC de AOAC (1990), fibra detergente neutra (α FDN) por Van Soest *et al.* (1991), digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (DIVMS) y la digestibilidad *in-vitro* de la fibra (DIVFDN) según Van Soest y Robertson (1985).

Tabla 2. Fechas y días de rebrote a la cosecha del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vandyerst.) en Cartago (Costa Rica)

Fecha de aplicación de fertilizantes		Fecha de cosecha		Días de rebrote (d)	Edad fenológica (hojas. rebrote ⁻¹)	Grados días (°C) acumulados
2019	2021	2019	2021			
07-06	31-05	01-08	27-07	55	7,1	1005
03-08	03-08	17-09	17-09	45	6,4	833
01-10	21-09	05-11	26-10	35	6,8	640

^a Elaboración con base en datos de Instituto Metrológico Nacional de Costa Rica.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados (BCA) con 6 tratamientos (C, U, AN, US, SL, AZ) 4 bloques (repeticiones), y cuatro repeticiones por tratamiento para un total de 24 parcelas. La información de los componentes nutricionales se analizó mediante un modelo lineal generalizado y se realizó una prueba de contrastes ($p \leq 0,05$) como prueba de

separación de medias se incluyó en el modelo los efectos de las edades de cosecha. Además, se aplicó el método de Tukey para crear intervalos de confianza para todas las diferencias entre las medias. En dicho modelo se analizó el efecto del tratamiento, la fecha de muestreo y la interacción de ambos. Para controlar el efecto de cosechas previas, el tratamiento se anidó en el factor de parcela. El análisis de los datos se realizó por medio del software RStudio® versión 1.4.1103 para Windows.

Resultados

Los análisis de suelo realizados en 2019 y 2021 indicaron que los valores edáficos estuvieron por encima de los valores críticos recomendados. Basados en estos resultados, no fue necesario aplicar enmiendas en el área experimental, pues el suelo poseía características químicas para el desarrollo adecuado de las plantas.

Se analizaron un total de 144 muestras del pasto estrella por medio de la técnica de Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) y 14 muestras realizadas por química húmeda para establecer control de los resultados obtenidos por NIRS.

Efecto del tipo de fertilizante sobre el valor nutricional del pasto estrella africana

La evaluación realizada para las variables MS, PC, CNF, TDN y Cen, indicó que el tipo de fertilizante no

tuvo efectos significativos ($p > 0,05$) sobre las medias de estas variables en el pasto estrella africana (Tabla 3).

En relación las variables nutricionales (Tabla 4) relacionadas a los componentes estructurales del pasto como la LDA, carbohidratos estructurales como α FDN y FDA, digestibilidades tanto *in vitro* de la materia seca y de la fibra (DIVMS, DIVFDN), y componentes energéticos (ED, EM y ENL) no presentaron diferencias entre sus medias causadas por el uso de los tratamientos de fertilización evaluados ($p > 0,05$).

Efecto de la edad de cosecha sobre el valor nutricional del pasto estrella africana

La edad de cosecha mostró efectos significativos ($p < 0,05$) sobre los componentes nutricionales evaluados en el pasto estrella africana (Tabla 5).

Tabla 3. Materia seca (MS), proteína cruda (PC), carbohidratos no fibrosos (CNF), total de nutrimentos digestibles (TDN) y cenizas (Cen) del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) tratado con cinco fertilizantes.

Tratamientos	MS%	PC%	CNF %	TDN%	Cen %
Control	21,05 ^a	13,67 ^a	10,77 ^a	57,04 ^a	10,78 ^{ab}
Urea	20,25 ^a	14,42 ^a	11,13 ^a	57,16 ^a	11,51 ^{bc}
Nitrato de amonio	20,01 ^a	14,17 ^a	11,13 ^a	57,17 ^a	11,78 ^c
Urea protegida	19,46 ^a	14,41 ^a	11,39 ^a	57,25 ^a	11,61 ^c
Purines	20,27 ^a	14,57 ^a	11,40 ^a	57,61 ^a	10,60 ^a
<i>Azospirillum oryzae</i>	20,78 ^a	14,65 ^a	12,41 ^a	57,75 ^a	11,67 ^c
Sig.	0,29	0,76	0,83	0,97	0,47

^{abc} Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey; $\alpha = 0.05$). Materia seca (MS), proteína cruda (PC), carbohidratos no fibrosos (CNF), total de nutrimentos digestibles (TDN) y cenizas (Cen)

Tabla 4. Lignina, fibra (ácida y neutra), digestibilidades y componentes energéticos del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) tratado con cinco fertilizantes.

Tratamiento	LDA%	α FDN%	FDA%	DIVMS%	DIVFDN%	ED Mcal/Kg de MS	EM Mcal/Kg de MS	ENL Mcal/Kg de MS
Control	3,20 ^a	66,06 ^a	35,05 ^a	71,41 ^a	55,76 ^a	2,52 ^a	2,10 ^a	1,28 ^a
Urea	3,23 ^a	65,85 ^a	33,71 ^a	71,94 ^a	55,97 ^a	2,54 ^a	2,11 ^a	1,32 ^a
Nitrato de amonio	3,29 ^a	65,66 ^a	33,17 ^a	72,36 ^a	55,76 ^a	2,54 ^a	2,11 ^a	1,32 ^a
Urea protegida	3,40 ^a	65,55 ^a	33,52 ^a	72,29 ^a	57,05 ^a	2,56 ^a	2,13 ^a	1,31 ^a
Purines	3,47 ^a	64,78 ^a	34,17 ^a	73,44 ^a	57,40 ^a	2,59 ^a	2,16 ^a	1,34 ^a
<i>Azospirillum oryzae</i>	3,53 ^a	64,93 ^a	32,65 ^a	73,13 ^a	57,46 ^a	2,60 ^a	2,17 ^a	1,33 ^a
Sig.	0,96	0,89	0,49	0,64	0,94	0,95	0,96	0,49

^{abc} Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey; $\alpha = 0.05$). α FDN: Fibra detergente neutra tratada con amilasa; FDA: Fibra detergente ácida; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; LDA: Lignina detergente ácida; DIVFDN: Digestibilidad *in vitro* de la fibra; ED: Energía digestible; EM: Energía metabolizable; ENL: Energía neta de lactancia.

Tabla 5. Componentes nutricionales del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) por edades de cosecha

Edad	MS %	PC %	α FDN%	FDA %	LDA %	DIVMS %	CNF %	Cen%	ED Mcal/Kg de MS	EM Mcal/Kg de MS	ENL Mcal/Kg de MS
35	19,59 ^a	14,61 ^a	62,21 ^a	31,00 ^a	2,37 ^a	75,93 ^a	13,72 ^a	11,56 ^a	2,80 ^a	2,38 ^a	1,42 ^a
45	21,45 ^b	15,08 ^a	65,24 ^b	33,67 ^b	3,14 ^a	72,52 ^b	13,40 ^a	10,69 ^b	2,57 ^b	2,15 ^b	1,32 ^c
55	20,08 ^a	13,12 ^b	68,97 ^c	36,56 ^c	3,68 ^a	68,61 ^c	7,00 ^b	11,72 ^a	2,29 ^c	1,86 ^c	1,20 ^b

^{abc} Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey; $\alpha = 0.05$). MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; α FDN: Fibra detergente neutra tratada con amilasa; FDA: Fibra detergente ácida; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; LDA: Lignina detergente ácida; CNF: Carbohidratos no fibrosos; Cen: Cenizas; ED: Energía digestible; EM: Energía metabolizable, ENL: Energía neta de lactancia.

En la tabla 5, se puede observar los resultados obtenidos basados en la edad de cosecha para las variables analizadas, en relación al contenido de materia seca, se observó que los mayores contenidos de MS ($p < 0,05$) se encontraron cuando la pastura era cosechada a los 45 días (21,45 %), los menores porcentajes fueron encontrados a edades de 35 y 55 días con 19,9 y 20,08 %, respectivamente (Tabla 5).

La variable proteína cruda (PC) presenta diferencias ($p < 0,05$) entre las edades evaluadas, identificando que los mayores contenidos de PC, fue para cosechas realizadas a una edad entre 35 y 45 días con contenidos de proteína de 14,61 a 15,08 % respectivamente, los menores contenidos se observan para edades de 55 días, indicando que en menores edades un mejor comportamiento para esta variable.

Para las variables α FDN y FDA se puede observar que en los tres cortes se observan diferencias significativas entre si ($p < 0,05$), presentando menores valores para cortes de 35 días (α FDN con 62,21 % y para FDA con 31,00 %), aumentando conforme avanzó la edad de cosecha. En relación al contenido de ceniza (Tabla 5), se observó que los mayores contenidos se encuentran cuando el pasto es cosechado a los 35 y 55 días con valores de 11,52 y 11,72 % respectivamente, sin evidenciarse una tendencia clara sobre este componente en la pastura.

El componente energético de la pastura en relación a las variables ED, EM y ENL, presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para las tres edades de cosecha, mostrando mayor producción de energía cuando la pastura es cosechada a una edad de 35 días con 13,72, 2,38 y 1,42 Mcal/Kg de MS para ED, EM y ENL respectivamente.

Lignina detergente ácida (LDA)

La lignina detergente ácida (LDA) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), para las edades de cosecha evaluadas (Figura 1), se evidenció menores

porcentajes de LDA para edades de 35 días (2,37 %) y mayores porcentajes para edades de 45 a 55 (3,15 y 3,68 % respectivamente), se observa que conforme se aumentó la edad de cosecha aumentó el porcentaje de LDA en la pastura.

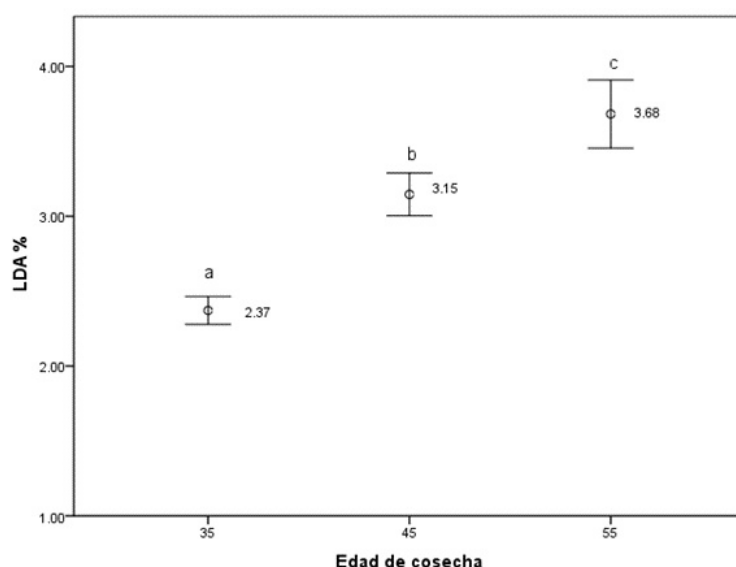


Figura 1. Lignina detergente ácida del pasto estrella africana comparado por la edad de cosecha en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey; $\alpha = 0,05$).

Total de nutrimentos digestibles

El Total de nutrimentos digestibles (TDN) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para las edades de cosecha evaluadas (Figura 2), observándose mayor

porcentaje de nutrimentos digestibles para edades de 35 días (59,9 %) y menores para edades de 45 a 55 (57,5 y 54,6 % respectivamente), se observa que conforme aumenta la edad de cosecha disminuye la TDN.

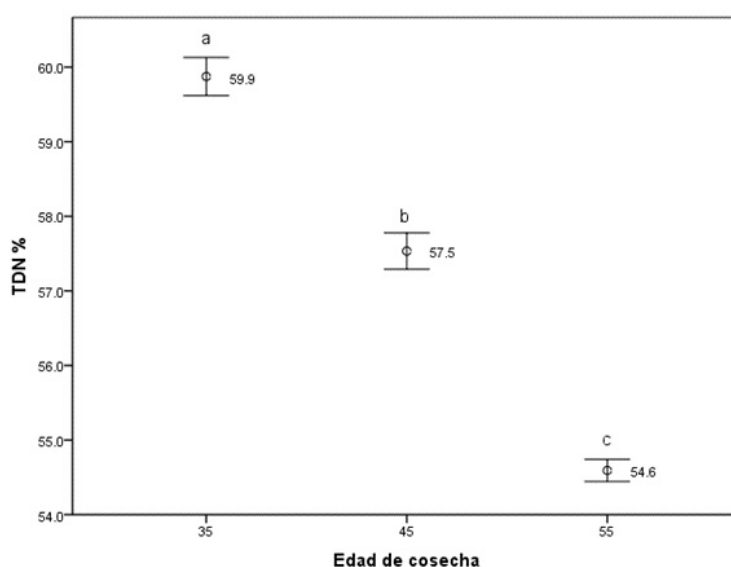


Figura 2. Total de nutrimentos digestibles del pasto estrella africana comparado por la edad de cosecha en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey; $\alpha = 0,05$).

Digestibilidad *in vitro* de la fibra

La variable digestibilidad *in vitro* de la fibra obtenida comparada con la edad de cosecha, presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para las edades de

cosecha evaluadas (Figura 3), observándose mayores porcentajes para edades de cosecha de 35 días y menores para edades de 45 a 55, identificando observando que conforme avanza la edad hay una disminución en la digestibilidad.

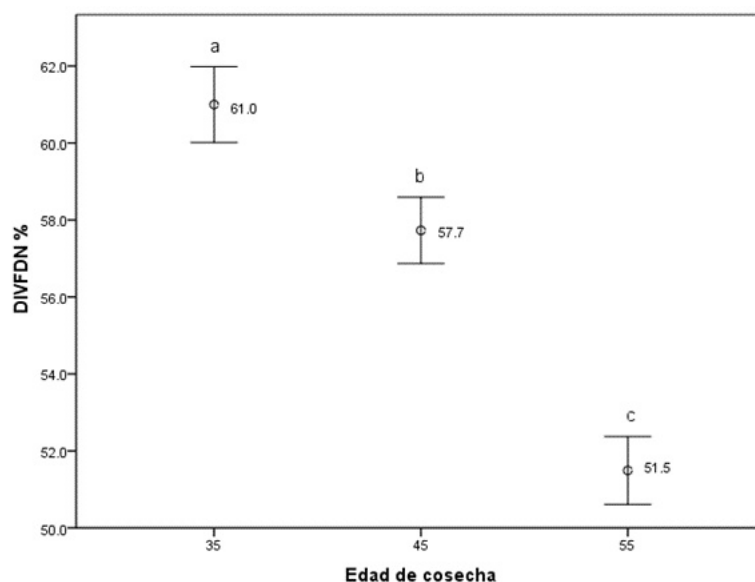


Figura 3. Digestibilidad *in vitro* de la fibra del pasto estrella africana comparado por la edad de cosecha en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey; $\alpha = 0,05$).

Discusión

Variables nutricionales

En la presente investigación las variables nutricionales (Tabla 3 y 4) no evidenciaron diferencias estadísticas según los tratamientos evaluados ($p > 0,05$), lo cual concuerda con lo expresado por Borges *et al.* (2012), los cuales analizaron el efecto de la fertilización sobre parámetros productivos y químicos del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) no evidenciaron efecto por parte de la fertilización sobre las variables químicas evaluadas. Similares resultados se reportaron en Argentina, con pasto estrella donde no se encontró diferencias significativas en proteína y fibra detergente neutra causadas por el efecto de adicionar nitrógeno en la pastura (Méndez *et al.* 2019). En Colombia, Gacheta (2019), encontró datos similares al evaluar cuatro niveles de fertilización orgánica y química (urea, fosfato di amónico, sulfato de potasio) sobre la producción (rendimiento en kilogramos de materia seca) y calidad (fibra detergente ácida y neutra, digestibilidad, proteína) de los forrajes Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Ryegrass (*Lolium perenne*), Falsa Poa (*Holcus lanatus*), Trébol blanco (*Trifolium repens*) Carretón (*Trifolium pratense* L), Lotus (*Lotus uliginosus*) y Azul orchoro (*Dactylis glomerata*), en donde indican que no se evidenció diferencias por efecto del fertilizante sobre las variables evaluadas.

Elizondo-Salazar y Espinoza-Fonseca (2021), realizando evaluaciones con compost, purines y urea, reportan un efecto significativo ($p < 0,05$) para las variables proteína cruda y fibra detergente neutra, evidenciando una respuesta mayor para el tratamiento químico basado en urea (16,7 % de PC y 56,9 de FDN).

Similares resultados expresan Apollon *et al.* (2022), con fertilización orgánica (estiércol bovino) e inorgánica (fertilizante mineral 33-7-70 de N, P_2O_5 y K_2O) sobre la producción (kilogramos de materia seca y verde) y calidad (proteína cruda, Calcio, Fósforo, Fibra cruda) en pasto *Brachiaria brizantha*, observando un efecto de los fertilizantes orgánicos, en relación a mayor altura de la planta, y en las concentraciones de calcio y fósforo, por su parte fertilizantes de origen químicos influyeron sobre las variables producción de materia verde y seca, proteína y fibra cruda en la pastura.

La proteína cruda del pasto estrella africana (Tabla 3) en esta investigación osciló entre 13 y 14 %, siendo estos datos similares a los reportados por Cecato *et al.* (2008) con 13 % usando fertilización nitrogenada en pasto estrella. Garay *et al.* (2004) en Estados Unidos reporta contenidos de proteína de 14 % producto de la fertilización con diferentes dosis de nitrógeno en pasto estrella. Similares resultados fueron encontrados en otros estudios donde se evaluó la fertilización nitrogenada usando dosis superiores a los 100 kg ha⁻¹ obteniendo datos de proteína de entre 14,2 y 14,5 % (Holland *et al.*, 2018).

El contenido de materia seca obtenida para los tratamientos evaluados, fue similar a la reportada por Elizondo-Salazar y Espinoza-Fonseca (2021), quienes reportan que con purines y fertilizantes sintéticos, valores entre 19 y 21 %. WingChing-Jones *et al.* (2016) evaluando alternativas de fertilización indica que obtuvo contenidos de MS entre 21 y 22 %. Otros autores indican datos superiores a los encontrados en esta investigación, entre 22 y 27 % de materia seca

(Borges *et al.* 2012), estas diferencias pueden basarse a los periodos y las épocas (invierno y verano) de evaluación, las cuales pueden tener efecto sobre este componente en la pastura.

La α FDN en esta investigación (64,78–65,85 %) concuerda con datos encontrados en Brasil en donde evaluando dosis de NPK (100, 150 y 200 kg.ha⁻¹) y urea (100, 150 y 200 kg.ha⁻¹) en el rendimiento y la composición bromatológica del pasto estrella africana, la FDN fue de 67 y 69 % (Manica y Gai 2018). Similares datos se expresan en una investigación donde evaluando dosis de fertilización (56, 112, y kg N.ha⁻¹ en forma de nitrato de amonio) en pasto Tifton (*Cynodon dactylon*) reportan datos entre 63 y 66 % de FDN (Holland *et al.*, 2018). En Brasil se reportan un contenido de FDN superior a lo encontrado en esta investigación con 69 y 71 % de FDN (Cecato *et al.*, 2008). Por su parte Elizondo-Salazar y Espinoza-Fonseca (2021), reportan contenidos menores de FDN (56 y 59 %), encontrando valores más bajos en los tratamientos basados en fertilización sintética y mayores para tratamientos orgánicos.

En relación a fibra detergente ácida (FDA) en esta investigación se tuvieron datos entre 32–34 %, similares a los reportados en Estados Unidos, donde evaluaron distintas dosis de fertilización nitrogenada (0, 39, 78, 118, 157 N ha⁻¹) y reportan FDA entre 33 y 34 % (Johnson *et al.* 2001). En Brasil, Manica y Gai (2018), reportan FDA de 35 a 38 % por efecto del uso de dosis de NPK (100, 150 y 200 kg ha⁻¹) y urea (100, 150 y 200 kg ha⁻¹) en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Así mismo Holland *et al.* (2018), reportan FDA de 29 a 30 % basadas en el uso de fertilizantes nitrogenados (nitrato de amonio en diferentes dosis 56, 112 y 168 kg N ha⁻¹) en pasto Tifton (*Cynodon dactylon*).

En relación a la lignina detergente ácida (LDA) obtenida en esta investigación (Tabla 3) osciló entre 3,20 hasta 3,53 % sin mostrar diferencias entre los de fertilización, similar tendencia pero con valores más alto de LDA, fueron encontrados por Elizondo-Salazar y Espinoza-Fonseca (2021), indicando que no hubo diferencia significativa por el uso de fertilización (compost, purines y urea) en pasto estrella africana obteniendo valores de LDA de 5,6 a 5,9 %. Villalobos y Arce, (2014), muestreando fincas comerciales con pasto estrella africana identificaron valores de LDA de 3,8 a 4,32 %. Similares resultados expresan Holland *et al.* (2018), usando distintas dosis de fertilización (nitrato de amonio en diferentes dosis 56, 112 y 168 kg N ha⁻¹), reportaron LDA entre 3,1 y 4,3 % estos datos son similares a los encontrados en esta investigación, a

pesar de esta información no se evidencia un efecto contundente por efecto del uso de fertilizantes en la pastura.

La TDN varió entre 57,04 hasta 57,75 % sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p > 0,05$), estos datos son similares a los reportados Villalobos y Arce (2014), en donde se realizó una evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana y reportan valores de TDN de 55 hasta 64 %. Rincón *et al.* (2018) en Colombia, reporta tendencias similares al evaluar el efecto de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero, con TDN de 57 hasta 61 %.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (71–73 %) y la fibra detergente neutra (55 a 57 %), en esta investigación se mantuvieron relativamente estables, estos datos son similares a los reportados por Solano y Villalobos (2022), los cuales muestran que cuando se hace uso de nitrógeno de entre 25 y 100 kg ha⁻¹, se obtienen digestibilidades de alrededor del 70,7 %. En cambio, otros autores reportan datos menores a los encontrados en esta investigación, condicionados por el uso de fertilización nitrogenada obteniendo digestibilidades de entre 50 y 62 % (Cecato *et al.*, 2008; Holland *et al.*, 2018).

La digestibilidad *in vitro* de la fibra (DIVFDN) en esta investigación (Tabla 3) se mantuvo entre 57,05–55,97 %, sin mostrar diferencias entre los tratamientos evaluados ($p > 0,05$). Estos datos se asemejan a los reportados en Colombia, donde evaluando *Pennisetum purpureum*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Gliricidia sepium*, se reportan valores entre 54,18–64,26 % (Navarro y Roa, 2018). En Costa Rica, evaluando distintas especies de pasturas y usando como base una fertilización nitrogenada menor a 200 kg ha⁻¹, se reportan para pasto estrella africana DIVFDN de 59,1 hasta 79,6 % para la época lluviosa (Núñez *et al.*, 2022). Villalobos y WingChing (2020) reportan datos superiores a los encontrados en esta investigación con 61,26, 73,31 y 77,17 % para los pastos estrella africana, Kikuyo y Ryegrass, respectivamente. Estos mismos autores, analizaron el efecto de remoción mecánica en pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) y Mombasa (*Megathyrus maximus* Jacq.) reportando valores de DIVFDN que oscilaron entre 48 hasta 62 % para pasto Mombasa y 60 hasta 70 % para pasto estrella africana, siendo estas diferencias atribuidas a las prácticas de manejo intrínsecas utilizadas en las explotaciones evaluadas.

En relación a datos del contenido energético de la pastura, los datos de ED, EM y ENL, mostraron un comportamiento similar, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) para los tratamientos evaluados. La ED osciló entre 2,52–2,60 Mcal Kg⁻¹ de MS, la EM 2,10–2,17 Mcal

Kg⁻¹ de MS y la ENL entre 1,31-1,34 Mcal Kg⁻¹ de MS para los tratamientos evaluados. Estos datos se asemejan a los reportados en Costa Rica, donde usando producción de gas *in vitro* para estimar la energía neta de lactancia, se indican datos de 1,20, 1,35, 1,57 Mcal Kg⁻¹ de MS, para forraje de Estrella Africana, ensilado de maíz y ryegrass perenne, respectivamente, observado similitud en los datos con relación a esta investigación (Sobalvarro-Mena *et al.*, 2020). Realizando análisis de ensilados de pasto estrella y pasto Guinea (*Panicum maximum*), reportaron valores de ENL 1,53 y 1,54 Mcal Kg⁻¹, respectivamente, los cuales fueron superiores a los encontrados en esta investigación (Munguía y Pantaleón, 2016).

Efecto de la edad de cosecha sobre los componentes nutritivos de la pastura

Se identificaron diferencias en los porcentajes de materia seca entre edades de 35 y 55 días, fueron menores con relación a cosechas realizadas a 45 días (21,45 %) (Tabla 4), no se determinó una tendencia clara con respecto a esta variable. Similares datos reportan Tilahun *et al.* (2017), evaluando pasto Desho (*Pennisetum pedicellatum* Trin) con distintas edades de cosecha (75, 105, 135 días) indican que no se evidenció un efecto de en relación los porcentajes de materia seca en la pastura evaluada. Según Rodríguez (2009), evaluando el rendimiento y valor nutricional del pasto Mombaza (*Panicum maximum*) a diferentes edades y alturas de corte, encontraron porcentajes de MS entre 21 a 27 %, con edades entre 10 a 60 días, respectivamente, encontrando valores crecientes y lineales, conforme aumenta la edad de rebrote, pero sin evidenciar una tendencia lineal sobre el comportamiento de la edad y el porcentaje de materia seca.

La concentración de proteína cruda (Tabla 4) fue mayor a edades de 35 y 45 días (14,61 y 15,08 % respectivamente) y la menor concentración de proteína fue para edades de corte de 55 días (13,12 %), similar comportamiento reportan Tilahun *et al.* (2017) los cuales evaluando pasto Desho indican que la concentración de proteína cruda disminuyó a medida que se retrasaron las fechas de cosecha (10,9 % a los 75 días y 9,3 % a los 135 días). En Brasil Pinto *et al.* (2019) evaluando pasto Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) con diferentes edades de corte de 30, 60, 90 120 y 150 días, indican valores de proteína de 12,32 10,64, 7,72, 8,74 % respectivamente, indicando que al realizar cortes tempranos se obtiene mayor cantidad proteína. Este efecto se puede explicar debido a que a medida que avanza la edad fisiológica de la planta, aumentan los porcentajes de carbohidratos estructurales, se reduce la proporción de nutrientes potencialmente digeribles (carbohidratos solubles,

proteínas, minerales y vitaminas), lo cual tiene un efecto en la calidad de la pastura (Ferrufino-Suárez *et al.* 2022).

El contenido de cenizas encontrado en el pasto estrella africana fue similar en las tres edades de cosecha (Tabla 5), con mayores contenidos para edades de 35 y 55 días. Estos resultados fueron similares a los reportados por su parte Villalobos y Arce (2014) con el mismo pasto con 10,72 hasta 12,27 %. Estos datos difieren a los reportados en Venezuela por Borges *et al.* (2012) analizando el efecto de días post cosecha 21, 35, 49 y 63, encontraron contenidos de cenizas de 8,83, 9,31, 8,98, 9,05 % respectivamente. Por su parte Morocho *et al.* (2023) con Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* Schumach x *Pennisetum glaucum* L.) con edades de cosecha de 45, 60, 75 y 90 días reportan 12,97, 15,04, 12,75 y 13,70 % respectivamente, basado en los resultados, no permite establecer una relación consistente entre la edad de cosecha y el contenido de cenizas en la pastura.

En relación a la fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA), se encontró contenidos menores a 35 días. Por su parte, Tilahun *et al.* (2017) con pasto Desho indican comportamiento similar, aumentando FDN y FDA a medida que la edad del pasto aumenta. Similar comportamiento expresa Villalobos (2012), con pasto alpiste en Costa Rica, evaluando distintas edades de cosecha 49, 70 y 91 días, donde evidenció datos de FDN de 53,18, 57,77, 56,75 % y 34,60, 36,86 y 36,86 % para FDA respectivamente, aumentando los contenidos de fibra conforme avanza la edad de cosecha, dichos cambios pueden atribuirse al proceso natural de lignificación y el aumento en la proporción de componentes de pared celular de la pastura.

En cuanto al contenido de lignina detergente ácida (LDA) (Figura 1) hubo un aumento evidente conforme aumentó la edad de cosecha. Según Núñez *et al.* (2022), el pasto estrella africana tuvo contenidos de LDA de 3,9, 3,8, 2,7 y 5,4 % con edades de cosecha de 14, 28, 42 y 56 días, respectivamente. En pasto Cuba OM-22 Morocho *et al.* (2023) reportan un comportamiento parcialmente similar con LDA de 5,65, 4,63 y 6,18 % para edades de cosecha 30, 45 y 60 días sin diferencias significativas ($p < 0,05$) entre estas. La información evidencia que conforme aumenta la edad de cosecha, existe un efecto sobre los contenidos de LDA, lo cual tiene relación con los procesos fisiológicos de la pastura y el aumento de los componentes estructurales de la misma.

El total de nutrientes digestibles (TDN) presentó mejor comportamiento para edades de cosecha de 35 días (Figura 2), esta información concuerda con lo

expresado por Carranza (2016), el cual evaluando el efecto de edades de cosecha (45 y 60 días) para pasto Maralfalfa y King Grass indica que en Kinggrass se encontraron mayores porcentajes para edades de 45 días y en King Grass para edades de 60 días de cosecha. Pinto *et al.* (2019) evaluando edades de corte de 30, 60, 90 120 y 150 días, indican valores de TDN de 43,32, 43,14, 42,45, 39,65 y 41.69 % respectivamente, los resultados evidencian una tendencia de la TDN, la cual es mayor cuando las edades de cosecha son menores y que conforme la edad de la planta aumenta este componente tiende a disminuir.

La digestibilidad presentó valores mayores para la edad de cosecha 35 días (75,93 %) y se redujo conforme avanzó la edad de cosecha (Tabla 4). Similar comportamiento expresa Villalobos (2012), analizando la fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste (*Phalaris arundinacea*) reporta una disminución significativa de la misma al aumentar la edad de cosecha. Similares resultados expresaron Correa *et al.* (2016) con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) a edades de cosecha de 45 y 79 días, en donde exponen que al aumentar la edad de cosecha aumenta el contenido de FDN de 62,2 y 68,1 %, para 45 y 79 días respectivamente. Por su parte Ferrufino-Suárez *et al.* (2022), reportan biomasa y bromatología del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vandyke) con cinco períodos de rebrote (7, 14, 21, 28 y 35 días), indicando que no encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), para la variable digestibilidad, la cual osciló entre 73,88 y 75,99 %. La disminución de la digestibilidad, conforme avanza la edad de cosecha se asocia al aumento de la fibra detergente neutra (FDN) y la deposición de lignina al aumentar la pared celular, lo cual limita la capacidad de digestibilidad de la pastura (Villalobos, 2012).

Similares resultados se expresan para la digestibilidad *in vitro* de la fibra (DIVFDN), la cual muestra una

tendencia a la disminución conforme aumenta la edad de cosecha (Figura 3). Estos datos se asemejan a los reportados por Núñez *et al.* (2022), evaluando edad de rebrote y época del año indican DIVFDN para pasto estrella africana en invierno de 72,9, 60,7, 58,6 y 48,6 % para edades de cosecha de 14, 28, 42 y 56 días, respectivamente. Por su parte Oliveira *et al.* (2014) indican que en pastos del género *Cynodon* (Tifton 85, Jiggs, Russel, Tifton 68 y Vaquero) comparado con edades de 28, 48, 63 y 79 días, reportan una reducción lineal en la DIVMS conforme aumentaban los días de cosecha. Por su parte Pinto *et al.* (2019) con edades de corta de 30, 60, 90 120 y 150 días, indican DIVFDN de 53,69, 50,15, 33,00, 28,05 y 29,95 % respectivamente, la información evidencia que conforme aumenta la edad de cosecha tiene un efecto sobre la disminución de la digestibilidad.

La energía digestible (ED), metabolizable (EM) y neta de lactancia presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las edades de cosecha evaluadas, teniendo un contenido energético mayor a edades de 35 días. En Costa Rica evaluando la fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste en la zona alta lechera de Costa Rica, a distintas edades de cosecha 49, 70 y 91 días, encontró una producción de energía neta de 1,34, 1,29, 1,30 Mcal/Kg de MS respectivamente, revelando una disminución de la energía conforme avanza la edad de cosecha (Villalobos, 2012). En Honduras, Carranza (2016), reporta el efecto de edades de cosecha (45 y 60 días) para pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) y King Grass (*Pennisetum purpureum*) indica los mayores contenidos de energía neta de lactancia fueron encontrados cuando la pastura se cosechó los 45 días para ambas especies (1,43 y 1,49 Mcal/Kg de MS) para Maralfalfa y King Grass respectivamente. Similares resultados expresan Correa *et al.* (2016) con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) a edades de cosecha de 45 y 79 días, reportando mayores contenidos de energía neta de lactancia para pasto cosechado a los 45 días (1,34 Mcal/Kg de MS).

Conclusiones

El análisis de las variables evaluadas, no indicó un efecto causado por los tratamientos de fertilización analizados. Los resultados para las variables nutricionales, fueron similares entre los tratamientos, sin evidenciar una tendencia clara hacia alguna fuente de fertilización.

La edad de cosecha mostró un efecto significativo sobre la materia seca, indicando que existe un efecto positivo cuando las cosechas se realizan en edades intermedias de 45 días, similar comportamiento se expresa para proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y los componentes energéticos de la pastura, en el caso de las fibras tanto neutra como ácida presentaron valores más bajos cuando las cosechas eran de menor edad (35 días), con una tendencia a aumentar

conforme aumentaba la edad, indicando que es importante considerar este factor para obtener pastura de calidad en los momentos óptimos.

La información obtenida proporciona una visión más amplia y clara sobre el efecto de la fertilización de pasturas y la edad de cosecha en las variables nutricionales. Aunque no se encontraron diferencias significativas con respecto al tipo de fertilización, pero para la edad de cosecha se identificó como un factor relevante para la pastura. Estos resultados contribuyen a una comprensión más profunda de cómo factores de manejo y temporales pueden influir en la calidad nutricional del forraje, y ofrecen información valiosa para la toma de decisiones en la producción ganadera del país.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ninguna relación financiera ni personal con otras personas u organizaciones que pudiera influir indebidamente en su trabajo.

Aprobación del Comité de Experimentación Animal: No requerido

Contribuciones de los autores: **Marvin J. Solano-López:** metodología, recolección de datos en campo, procesamiento de muestras en laboratorio, tabulación y análisis estadístico de los datos, diseño de figuras, escritura del borrador inicial del manuscrito, edición del manuscrito. **Luis A. Villalobos-Villalobos:** conceptualización, adquisición de recursos, metodología, recolección de datos en campo, ingreso de muestras al laboratorio, análisis de datos, escritura del borrador inicial del manuscrito, edición del manuscrito, administración y supervisión del proyecto.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica por su apoyo con el área, equipos y personal de apoyo para la realización del experimento. Al Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica por su apoyo con el análisis de muestras. A la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, por el equipo facilitado, laboratorio y espacios para el procesamiento de datos de campo. Al sistema de estudios de posgrado (SEP), por su apoyo en esta investigación

Financiación. los autores agradecen el financiamiento de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica a través del proyecto código B9244 (<https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/B9244>) y al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) por la beca brindada al primer autor durante su programa de Doctorado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales en el Sistema de Estudios Posgrado (SEP) de la Universidad de Costa Rica.

Editado por: Omar Araujo-Febres

Literatura Citada

- Apollon, W., Jean-Baptiste, Y., Wagner, B. J., Luna-Maldonado, A. I., y Silos-Espino, H., 2022. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de *Brachiaria brizantha*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 13(1), 1-13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2637>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. 15th ed. AOAC Int., Arlington, VA, USA.
- Borges, J. A., Barrios, M., y Escalona, O., 2012. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella. Zootecnia Tropical, 30 (1): 17-25.
- Carranza, A. 2016. Calidad nutricional de tres forrajes tropicales cosechados a diferentes edades de corte en Zamorano. Tesis Lic., Escuela Agrícola Panamericana, Francisco Morazán, Honduras.
- Cecato, U., Santos, G. T. dos, Machado, M. D. A., Gomes, L. H., Damaceno, J. C., Jobim, C. C., Ribas, N. P., Mira, R. T., y Cano, C. C. P., 2008. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* com e sem nitrogênio. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 23(0), 781. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v23i0.2581>
- Correa, H., Jaimes, L., Avellaneda, J., Pabon, M., y Carulla, J., 2016. Effect of age of regrowth age Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) on production, milk quality and balance of nitrogen in Holstein cows. Livestock Research for Rural Development 28 (3):2016.
- Elizondo-Salazar, J.A., y Espinoza-Fonseca, H., 2021. Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. Nutrición animal tropical, 15(2), 25-41. <https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.48001>
- FAO. 2021. FAO: La ganadería y sus desafíos en América Latina y el Caribe. Agronews Castilla y León. <https://www.agronewscastillayleon.com/fao-la-ganaderia-y-sus-desafios-en-america-latina-y-el-caribe>
- Ferrufino-Suárez, A. J., Mora-Valverde, D., y Villalobos-Villalobos, L. A., 2022. Biomasa y bromatología del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) con cinco períodos de rebrote. rebrote. Agronomía Mesoamericana, 33 (2): 477746. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47746>
- Gacheta, J. C. 2019. Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica y química sobre la producción y calidad de pastos en Guatavita Cundinamarca. Tesis M.Sc., Universidad Nacional de Colombia, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76844>
- Holland, C. M., Marchant, K., Kriese-Anderson, L., Gamble, B., y Muntifering, R., 2018. Stockpiled "Tifton 85" bermudagrass for cow-calf production as influenced by nitrogen fertilization. Journal of Animal Science, 96(7), 2907-2922. <https://doi.org/10.1093/jas/sky190>
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2022. Condiciones actuales del tiempo. Estación Automática de Alfredo Volio en Cartago. <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionAlfredoVolio.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2022. Encuesta Nacional Agropecuaria: resultados generales de la actividad. <https://inec.cr/estadisticas-fuentes/encuestas/encuesta-nacional-agropecuaria>
- Johnson, C. R., Reiling, B. A., Mislevy, P., y Hall, M. B., 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. Journal of Animal Science, 79(9), 2439. <https://doi.org/10.2527/2001.7992439x>

- Loreno, E. T., Eduardo, E. M., Deise, D. C., Patricia, B. C., y Paulo, S. R. de O., 2017. Evaluation of Tifton 85 during hay production using different nitrogen fertilization rates and dehydration methods. *African Journal of Agricultural Research*, 12(40), 2995–3004. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12383>
- Manica, M., y Gai, V. F., 2018. Doses de NPK e ureia na produtividade e composição bromatológica da grama estrela africana. *Revista Cultivando o saber*, 146-154.
- Méndez, R., Fernández, J. A., y Yáñez, E. A., 2019. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y composición de *Cynodon plectostachyus*. *Revista veterinaria*, 30(1), 48–53. <https://doi.org/10.30972/vet.3013899>
- Morocho, G. A., Toalombo, P. A., Guevara, H. P., y Jiménez, S. F., 2023. Evaluación del potencial forrajero y composición nutricional del pasto híbrido Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum Schumacher* x *Pennisetum glaucum* L.) a tres edades de corte. *Archivos de zootecnia*, 72(278), 127–142. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9036606>
- Munguía, R., y Pantaleón, J., 2016. Evaluación de calidad de ensilajes de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) y pasto Guinea (*Panicum maximum*) con adición de harina de maíz, melaza y Biostabil® como inóculo. Tesis Lic. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/items/f88bde60-2327-41d3-8474-c1868401f419>
- Navarro-Ortiz, C., y Roa-Vega, M., 2018. Comparación la digestibilidad de tres especies forrajeras estimada mediante diferentes técnicas. *Orinoquia*, 22, 15–33. <https://doi.org/10.22579/20112629.476>
- Núñez-Arroyo, J. M., Jiménez-Castro, J. P., Tobía-Rivero, C. M., Arias-Gamboa, L. M., Jiménez-Alfaro, E., y Padilla-Fallas, J. E., 2022. Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre los componentes de la pared celular y la digestibilidad *in vitro* de gramíneas (II PARTE). *Nutrición Animal Tropical*, 16(2), Article 2. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i2.52729>
- Oliveira, E. R. de, Monção, F. P., Gabriel, A. M. de A., Góes, R. H. de T. e B. de, Lempp, B., y Moura, L. V., 2014. Ruminant degradability of neutral detergent fiber of *Cynodon* spp. Grasses at four regrowth ages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36, 201–208. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.22469>
- Pezo, D., y García, F. J., 2018. Uso Eficiente de Fertilizantes en Pasturas. 56. Editorial CATIE, Serie técnica, Boletín técnico, Turrialba, Costa Rica. 56 págs. ISBN 978-9977- 57-57-696-1.
- Pinto, F., Moraes, M., Sampaio, J., Almeida, M., Rocha, B., Mesquita, V., Barbosa, D., Albuquerque, C., Brant, C., y Alencar, J., 2019. Yield and nutritional value of BRS Capiacu grass at different regrowth ages Produtividade e valor nutricional do Capim-Elefante cv. BRS Capiacu em diferentes idades de rebrota. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20913.53607>
- Rincón, A., Flórez, H., Ballesteros, H., y León, L. M., 2018. Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 6(3), 158–168. [https://doi.org/10.17138/tgft\(6\)158-168](https://doi.org/10.17138/tgft(6)158-168)
- Rodriguez, M. 2009. Rendimiento y valor nutricional del pasto *Panicum maximum* CV mombaza a diferentes edades y alturas de corte Tesis Lic., Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. <https://core.ac.uk/reader/60990740>
- Saborío, M., y Gutiérrez, L., 2010. Políticas y acciones para la cadena productiva de ganadería bovina de carne. http://sepsa.go.cr/docs/2010_Politica_SectorAgro_ganaderia.pdf
- Sobalvarro-Mena, J. L., Elizondo-Salazar, J. A., y Rojas-Bourillón, A., 2020. La producción de gas *in vitro* para estimar la energía neta de lactancia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 311–328. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.38497>
- Solano, M. J., y Villalobos, L. A., 2022. Fertilización nitrogenada en pastos del género *Cynodon*. *Nutrición Animal Tropical*, 16(1), 82–104. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i1.51542>
- Tilahun, G., Asmare, B., Mekuriaw, Y., Tilahun, G., Asmare, B., y Mekuriaw, Y., 2017. Effects of harvesting age and spacing on plant characteristics, chemical composition and yield of desho grass (*Pennisetum pedicellatum* Trin.) in the highlands of Ethiopia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 5(2), 77–84. [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)77-84](https://doi.org/10.17138/tgft(5)77-84)
- Tropical Forages. 2023. *Cynodon* spp [dataset]. https://www.tropicalforages.info/text/entities/cynodon_spp.htm
- Villalobos, L. 2012. Fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste (*Phalaris arundinacea*) en la zona alta lechera de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 36(1): 25-37. DOI: 10.15517/rac.v36i1.9962. IN: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v36n01_025.pdf
- Villalobos, L.; Arce, J. 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense* 38(1): 133-145. DOI: 10.15517/RAC.V38I1.15162. IN: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v38n01_133.pdf
- Villalobos, L. V., y WingChing-Jones, R., 2020. Los pastos estrella africana, kikuyo y “rye grass” en Cartago, Costa Rica: Biomasa, composición botánica y nutrientes. *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, 12(01), 2811–2811. <https://www.redalyc.org/journal/5156/515663758007/html/>

WingChing-Jones, R., Uribe Lorío, L., y Castro Barquero, L., 2016. Uso de *Azospirillum* spp. Como biofertilizante en la producción de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Cuadernos de Investigación UNED, Volumen 8, Número 2. 2016. <https://doi.org/10.22458/urj.v8i2.1570>