

## Respuesta fenológica y productiva del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) a la fertilización orgánica e inorgánica

Marvin J. Solano-López<sup>1</sup>  Luis A. Villalobos-Villalobos<sup>2</sup> 

Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica

### Phenological and productive response of African stargrass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) to organic and inorganic fertilization

**Abstract.** Fertilization allows to improve the productivity in forage species used to feed livestock by improving milk and meat production in productive systems. The objective of this study was to evaluate the productive and phenological response of African Star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) to five fertilizers. The experiment was carried out at the Alfredo Volio Mata Experimental Station, located in El Alto de Ochomogo in the province of Cartago from May through November in 2019 and 2021. A completely randomized block design (CRBD) was used and analyzed using a generalized linear model that included days at harvest, year, and fertilizer as the main factors. The days at harvest age had a significant effect ( $p < 0.05$ ) on both fresh and dry biomass, pasture height and phenological stage. The fertilizers did not affect the variables analyzed ( $p > 0.05$ ), but numerical differences tended to favor inorganic fertilizers for some indicators. Sulfur-coated urea was the treatment with highest fresh ( $15\,813\text{ kg. ha}^{-1}$ ) and dry biomass ( $3\,649\text{ kg ha}^{-1}$ ), as well as pasture height ( $47.29\text{ cm}$ ). Slurry had a higher number of green leaves ( $7.17$  leaves per shoot) while greater soil cover was achieved with ammonium nitrate ( $571.83\text{ shoots.m}^2$ ) with greater proportion of leaves ( $56\%$ ) and lower of stems and senescence ( $36\%$  and  $9\%$ , respectively). The days at harvest was the main factor affecting the variables evaluated on the pasture whereas the effects from the fertilizers evaluated were not consistent nor conclusive to recommend a single source to apply. Livestock producers may combine different sources of fertilizers by adjusting their management strategies and season of the year accordingly.

**Key words:** Pasture, fertilization, biomass, phenology, African Stargrass.

**Resumen.** La fertilización es utilizada para mejorar los índices productivos de las especies forrajeras para la alimentación animal, y se enfoca en lograr niveles de producción de leche y carne acorde al sistema productivo. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta fenológica y productiva del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) a cinco fertilizantes. El experimento se realizó en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata ubicada en El Alto de Ochomogo en la provincia de Cartago, Costa Rica, durante los meses de mayo a noviembre de 2019 y 2021. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA) y fue analizado mediante un modelo lineal generalizado que incluyó días de cosecha, año y fertilizante como factores principales.. Se identificó que los días de cosecha tuvo efecto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre la producción de biomasa fresca y seca, altura de la pastura y edad fenológica. Los fertilizantes evaluados no mostraron diferencias ( $P > 0,05$ ) sobre las variables analizadas, pero se evidenció diferencias numéricas a favor de los tratamientos inorgánicos en algunos indicadores. La urea protegida con azufre presentó mayor biomasa fresca ( $15\,813\text{ kg ha}^{-1}$ ) y seca ( $3\,649\text{ kg ha}^{-1}$ ) y mayor altura de la planta ( $47,29\text{ cm}$ ). El tratamiento de purines presentó mayor número de hojas promedio ( $7,17\text{ hojas.planta}^{-1}$ ) y el nitrato de amonio mostró mayor capacidad cobertura ( $571,83\text{ rebrotes.m}^2$ ) y mayor proporción de hojas ( $56\%$ ), y menor de tallos y senescencia ( $36\%$  y  $9\%$ , respectivamente). La edad de cosecha fue el factor primordial que influyó sobre las variables productivas de la pastura mientras que los fertilizantes evaluados no mostraron efectos consistentes ni concluyentes para escoger una fuente en particular. Los ganaderos pueden considerar una combinación de diferentes fertilizantes según su estrategia de manejo y época del año.

**Palabras clave:** Pastura, fertilización, biomasa, fenología, Estrella Africana.

Recibido: 2023-07-11 Revisado: 2023-10-24. Aceptado: 2023-12-29

<sup>1</sup> Candidato. a Doctorado Académico en Ciencias Agrícolas, Programa de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Autor para la correspondencia: [luis.villalobosvillalobos@ucr.ac.cr](mailto:luis.villalobosvillalobos@ucr.ac.cr)

## Resposta fenológica e produtiva do capim-estrela-africano (*Cynodon nlemfuensis* Vandyerst.) à adubação orgânica e inorgânica

**Resumo.** A adubação é utilizada para melhorar os índices produtivos de espécies forrageiras usadas na alimentação animal com o objetivo atingir níveis de produção de leite e carne de acordo com o sistema produtivo. O objetivo neste estudo foi avaliar a resposta fenológica e produtiva do capim African Star (*Cynodon nlemfuensis* Vandyerst.) submetido a cinco diferentes fertilizantes. O experimento foi realizado na Estação Experimental Alfredo Volio Mata, localizada em El Alto de Ochomogo, na província de Cartago, Costa Rica, durante os meses de maio a novembro de 2019 e 2021. No estudo foi utilizado um delineamento em blocos (DBCA) completamente casualizado, usando um modelo geral linear que incluiu dias de colheita, ano e fertilizante como fatores principais. Os dias de colheita mostraram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na produção de biomassa fresca e seca, altura do pasto e idade fenológica. Os fertilizantes avaliados não apresentaram diferenças ( $p > 0,05$ ) nas variáveis analisadas, mas diferenças numéricas foram observadas nos tratamentos inorgânicos para alguns indicadores. A uréia protegida com enxofre apresentou maior biomassa fresca ( $15.813 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e seca ( $3.649 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e maior altura de plantas ( $47,29 \text{ cm}$ ). O tratamento chorume apresentou maior número de folhas médias ( $7,17 \text{ folhas.planta}^{-1}$ ); o nitrato de amônio apresentou maior capacidade de cobertura ( $571,83 \text{ brotos.m}^{-2}$ ), maior proporção de folhas ( $56 \%$ ) e menores caules e senescência ( $36 \%$  e  $9 \%$ , respectivamente). A idade de colheita foi o principal fator a influenciar as variáveis produtivas da pastagem, enquanto os fertilizantes avaliados não apresentaram efeitos consistentes ou conclusivos para a escolha de uma determinada fonte. Assim, os pecuaristas podem combinar o uso de diferentes fontes de fertilizantes, conforme a estratégia de manejo e época do ano.

**Palavras-chave:** Pastagem, adubação, biomassa, fenologia, African Star.

### Introducción

El uso eficiente de pastos constituye una herramienta básica y fundamental para la alimentación de los animales rumiantes, realizar cosechas en un periodo de crecimiento óptimo, mejorar la capacidad de suministro el alimento necesario para el crecimiento, desarrollo y producción de los animales (Berone *et al.*, 2022).

En Costa Rica, la ganadería se basa en el uso de pasturas perennes tropicales, entre ellas el pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vandyerst.) el cual sobresale como uno de los más usados por su versatilidad y potencial productivo, ya que puede establecerse en potreros pequeños (desde  $300 \text{ m}^2$ ), y es utilizándolo con diferentes arreglos para los sistemas de rotación de pasturas (MAG, 2007). El pasto Estrella Africana es usado en sistemas de producción láctea debido a su adaptabilidad a climas tropicales y subtropicales ( $0$  a  $2000 \text{ m.s.n.m}$ ) y tolerancia a pH en el suelo ( $4,5$ – $8,0$ ) (Peters *et al.*, 2010).

Los pastos y forrajes son la fuentes principal de nutrientes y alimentos para la ganadería en el trópico, son cultivados en suelos de media y baja fertilidad, lo cual limita su rendimiento, valor nutricional y, consecuentemente, la productividad animal, (Cook *et al.*, 2005). El sector lácteo costarricense se ha vuelto dependiente de la utilización de diferentes tipos de fertilizantes para el incremento de la productividad de las fincas, estas fuentes pueden ser sintéticas basadas

en el uso de nitrógeno, orgánicas como purines, compost, vermicompost, lombriabono y biológicas mediante el uso de bacterias que fijan nitrógeno, todas han demostrado ser una alternativa importante para incorporar nutrientes que son necesarios para mejorar el desarrollo de las pasturas (Méndez *et al.*, 2019; Solano y Villalobos, 2022).

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 del forraje (Moya *et al.*, 2016). Las prácticas de fertilización en pasturas buscan restituir los nutrientes que se extraen del suelo, de los cuales el nitrógeno es elemento más común aplicado por los productores para mejorar la productividad de biomasa y el valor nutricional del pasto estrella (Arteaga *et al.*, 2019).

La fertilización de pasturas es una práctica de importancia en la gestión de las explotaciones ganaderas, por lo que conocer la respuesta productiva de los forrajes a distintos tipos de fertilizantes (orgánicos e inorgánicos) permitirá identificar opciones novedosas de manejo y realizar una gestión efectiva de los recursos de las fincas. En este estudio se evaluó como la morfología y la biomasa del pasto Estrella Africana responden a cinco tratamientos de fertilización con fuentes orgánicas e inorgánicas.

## 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 m<sup>2</sup> 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) al igual que en el 2019, 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, baja presencia de malezas de hoja ancha que se eliminaron manualmente 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 m<sup>2</sup> 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 en ambos años donde no se encontró algún 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 <sub>2</sub> 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<sup>-1</sup> de N), AZ= *Azospirillum oryzae* PCJ1 (dosis de 16 L por parcela, para una concentración mínima de 108 UFC.ml<sup>-1</sup>). Con excepción de los tratamientos C y AZ, se aplicó una dosis equivalente anual de nitrógeno de 200 kg.ha<sup>-1</sup> 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.

El experimento se realizó durante la época lluviosa (mayo a octubre) durante los años 2019 y 2021. Se realizaron tres cortes por tratamiento en cada año (Tabla 2) tomando como referencia la edad fenológica de la planta, la cual osciló entre 6 y 7 hojas por rebrote como indicador de cosecha (Villalobos y Arce, 2014).

Tabla 2. Fechas y días de rebrote a la cosecha del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) en Cartago (Costa Rica)

Fecha de aplicación de fertilizantes		Fecha de cosecha		Días de rebrote (d)	Edad fenológica (hojas. rebrote <sup>-1</sup> )	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

Determinaciones

Desarrollo de la planta

Se evaluó la densidad de rebrotes del pasto estrella, por medio del conteo directo de la cantidad de rebrotes por metro cuadrado en un punto aleatorio dentro de cada parcela. La edad de cosecha del pasto estrella se estimó por medio del conteo del número de hojas verdes por rebrote, para ello se seleccionó aleatoriamente 10 observaciones (plantas) por parcela para un total de 40 observaciones por tratamiento por muestreo (n = 160 observaciones) contando a partir del último rebrote lateral en el culmo del pasto( Villalobos y Arce, 2014). La altura de la pradera se estimó en base al punto superior donde se encontraba el dosel, tomando dentro de cada parcela cinco puntos y utilizando una cinta métrica para realizar cada medición.

Producción de biomasa

El forraje se cosechó con una altura de corte de 5 cm usando una motosegadora autopropulsada y el material cosechado se colocó en lonas plásticas previamente taradas. Las lonas con el pasto se pesaron 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 pesar el forraje fresco, se tomó una muestra representativa de 1,5 kg que se secó a 60 °C por 48 h en un horno de convección por gravedad y posteriormente se estimó la producción de materia seca (MS). Los datos se extrapolaron para estimar la producción de biomasa fresca y seca por hectárea.

Componentes estructurales

Se tomaron muestras en un área de 0,25 m<sup>2</sup> en cada parcela (24 muestras), cada muestra fue utilizada para hacer separación de hojas, tallos y senescencia del material fresco, una vez separados los componentes, se realizó peso en fresco y las muestras se procedieron a secar en seco para estimar las proporciones de cada uno.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La información de producción de biomasa fresca y seca, fenología, densidad de rebrotes, altura del dosel y componentes estructurales, se procesaron mediante un modelo lineal generalizado que incluyó la edad de cosecha y el tipo de fertilizante como factores principales. En dicho modelo se analizó el efecto del tratamiento, edad de cosecha, año de cosecha y la interacción de estos. Para estimar el efecto de cosechas previas, el tratamiento se anidó en el factor de parcela y año de cosecha.

Se realizó una prueba de contrastes ( $P \leq 0,05$ ) para separación de medias para los dos factores principales. Se aplicó una prueba de homogeneidad de varianzas para las variables biomasa fresca y seca, altura del dosel, edad fenológica, densidad de rebrotes y componentes estructurales.

Se aplicó la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) para crear intervalos de confianza para todas las diferencias entre las medias. 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, Según esta esta resultados, no hubo necesidad de aplicar enmiendas en el área experimental, indicando que el suelo posee características químicas para el desarrollo de las plantas.

Comportamiento productivo del pasto estrella por edad de cosecha

La edad de cosecha mostró un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre las variables biomasa fresca y seca, altura del dosel y número de hojas (Cuadro 3). En contraste, la variable relacionada a densidad de rebrotes no mostró diferencias entre las tres edades evaluadas ( $P > 0,05$ ) (Tabla 3).



Tabla 3. Producción de biomasa fresca y seca, número de hojas, altura del dosel y densidad de rebrotes del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) a tres edades de cosecha en Cartago (Costa Rica).

Edad de cosecha (días)	Biomasa fresca (kg.ha <sup>-1</sup> )	Biomasa seca (kg.ha <sup>-1</sup> )	Altura del dosel (cm)	Edad fenológica (hojas. rebrote <sup>-1</sup> )	Densidad de rebrotes (rebotes.m <sup>-2</sup> )
35	9000 <sup>a</sup>	2053 <sup>a</sup>	22,8 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>	471,9
45	9200 <sup>a</sup>	2186 <sup>a</sup>	38,4 <sup>b</sup>	6,8 <sup>b</sup>	522,2
55	18300 <sup>b</sup>	4303 <sup>b</sup>	63,1 <sup>c</sup>	7,1 <sup>c</sup>	526,6
Sig.	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,38

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ )

La producción de biomasa fresca y seca, fue similar para las edades de cosecha de 35 y 45 días, mientras que a los 55 días la producción duplicó a las de edades más tempranas para ambas variables (Tabla 3). Las variables de altura del dosel, número de hojas y densidad de rebrotes mostraron valores crecientes conforme a la edad de cosecha, teniendo diferencias mayores ( $P < 0,05$ ) entre las edades mayor y menor evaluadas (Tabla 3).

### Comportamiento productivo del pasto estrella por fuente de fertilizante

#### Producción de biomasa fresca y seca

El tratamiento con mayor producción de biomasa fresca fue urea protegida con azufre (US), mostrando diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en relación a los tratamientos control, purines, y *Azospirillum*, y valores similares ( $P > 0,05$ ) con respecto a la urea y el nitrato de amonio. La biomasa fue similar ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos de urea y nitrato de amonio en ambos años.

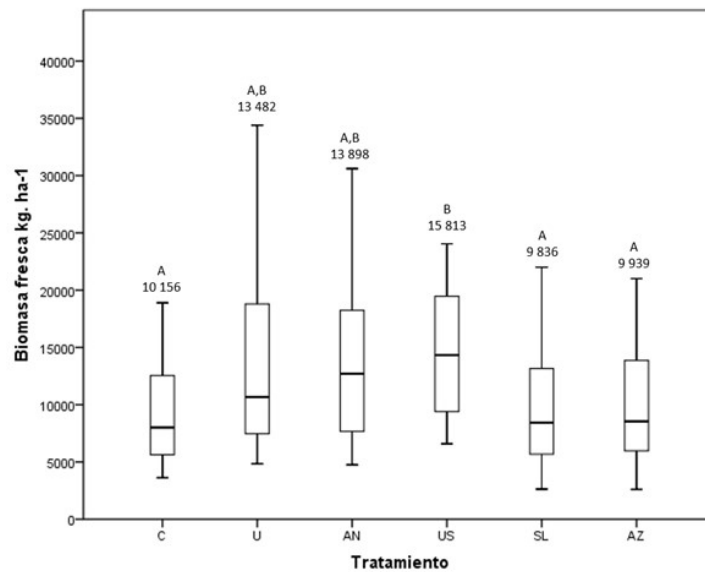


Figura 1. Biomasa fresca del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) con cinco fertilizantes (C= sin fertilización, U= urea, AN= nitrato de amonio US= urea protegida con azufre SL= excretas bovinas y AZ= *Azospirillum oryzae*) en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

El tratamiento US, observado en la figura 1, presentó diferencias productivas en relación con tratamiento control de hasta por 5000 kg ha<sup>-1</sup>, indicando un efecto positivo por el uso de esta fuente de fertilización.

La biomasa seca del tratamiento de urea protegida con azufre fue estadísticamente diferente ( $P < 0,05$ ) respecto al control y los tratamientos orgánicos (SL y AZ, Figura 2). Se identificó una diferencia de producción entre los tratamientos orgánicos y control con respecto a los inorgánicos que osciló entre los 700 y 1300 kg. ha<sup>-1</sup>.



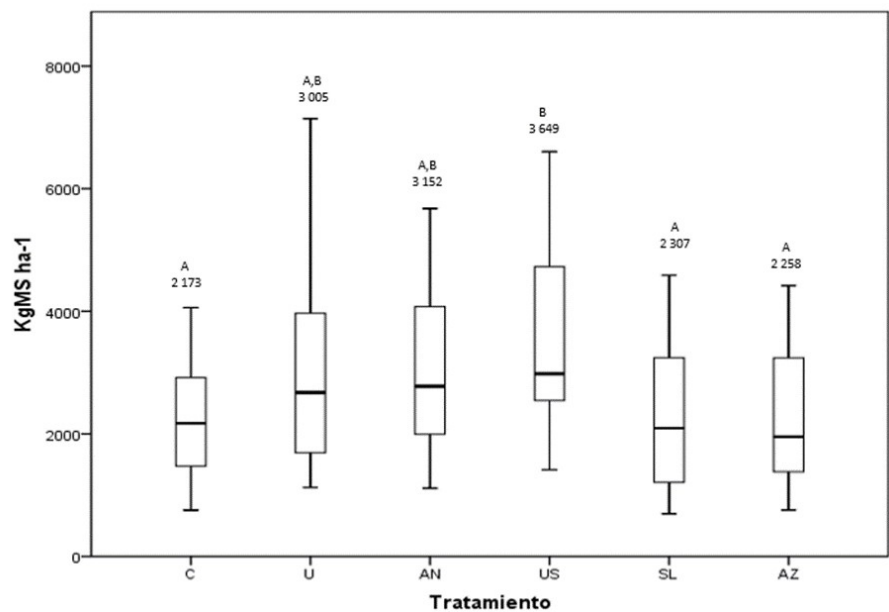


Figura 2. Biomasa seca del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) con cinco fertilizantes (C= sin fertilización, U= urea, AN= nitrato de amonio US= urea protegida con azufre SL= excretas bovinas y AZ= *Azospirillum oryzae*) en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

La producción de biomasa fresca y seca, fue similar para las edades de cosecha de 35 y 45 días, mientras que a los 55 días la producción duplicó a las de edades más tempranas para ambas variables (Tabla 3). Las variables de altura del dosel, número de hojas y densidad de rebrotes mostraron valores crecientes conforme a la edad de cosecha, teniendo diferencias mayores ( $P < 0,05$ ) entre las edades mayor y menor evaluadas (Tabla 3).

Comportamiento productivo del pasto estrella por fuente de fertilizante

Producción de biomasa fresca y seca

El tratamiento con mayor producción de biomasa fresca fue urea protegida con azufre (US), mostrando diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en relación a los tratamientos control, purines, y *Azospirillum*, y valores similares ( $P > 0,05$ ) con respecto a la urea y el nitrato de amonio. La biomasa fue similar ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos de urea y nitrato de amonio en ambos años.

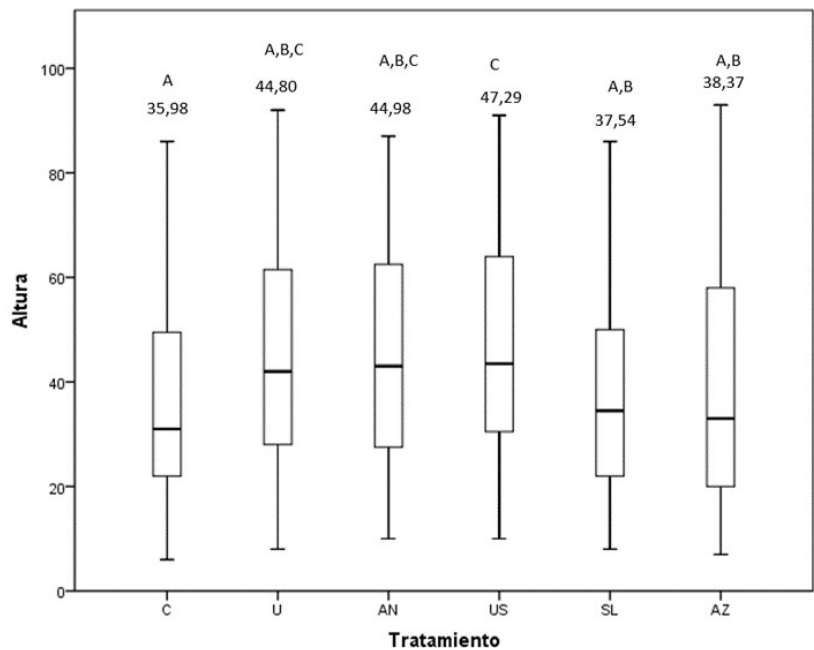


Figura 3. Altura (cm) del dosel en pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) con cinco fertilizantes (C= sin fertilización, U= urea, AN= nitrato de amonio US= urea protegida con azufre SL= excretas bovinas y AZ= *Azospirillum oryzae*) en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).



## Número de hojas

El número de hojas del pasto Estrella Africana osciló entre 6,23 - 7,17 hojas.rebrote<sup>-1</sup>, mostrando diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) para el tratamiento control y el nitrato de amonio con respecto al resto de fertilizantes evaluados. Ambos tratamientos produjeron menores

hojas que el resto de los tratamientos evaluados, el resto de los tratamientos presentaron número de hojas por rebrote en proporciones similares oscilando entre 6,94 y 7,08 hojas.rebrote<sup>-1</sup>. La aplicación de purines, *Azospirillum*, urea convencional y urea protegida con azufre como tratamiento de fertilización estimularon el desarrollo fenológico del pasto Estrella Africana (Figura 4).

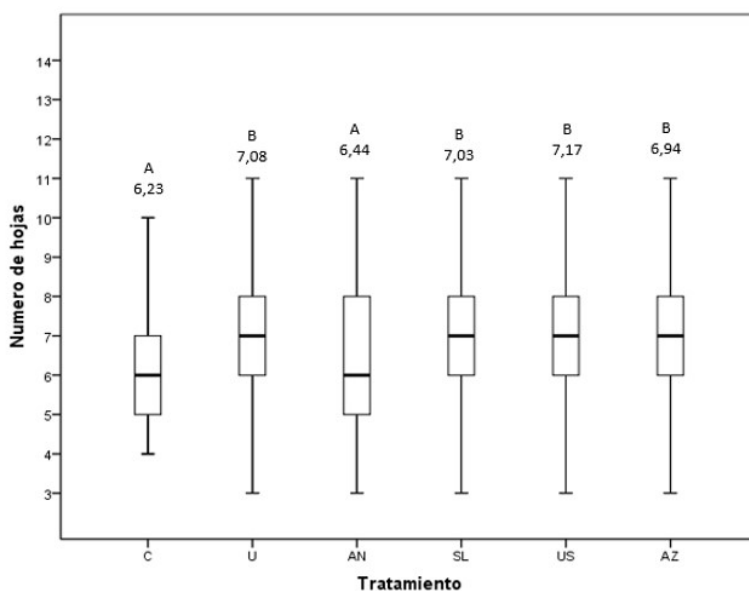


Figura 4. Número de hojas por rebrote del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) con cinco fertilizantes (C= sin fertilización, U= urea, AN= nitrato de amonio US= urea protegida con azufre SL= excretas bovinas y AZ= *Azospirillum oryzae*) en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

## Densidad de rebrotes

La densidad de rebrotes del pasto Estrella Africana osciló entre 456-571 rebrotes m<sup>-2</sup> y no se encontraron

diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P > 0,05$ ; Figura 5).

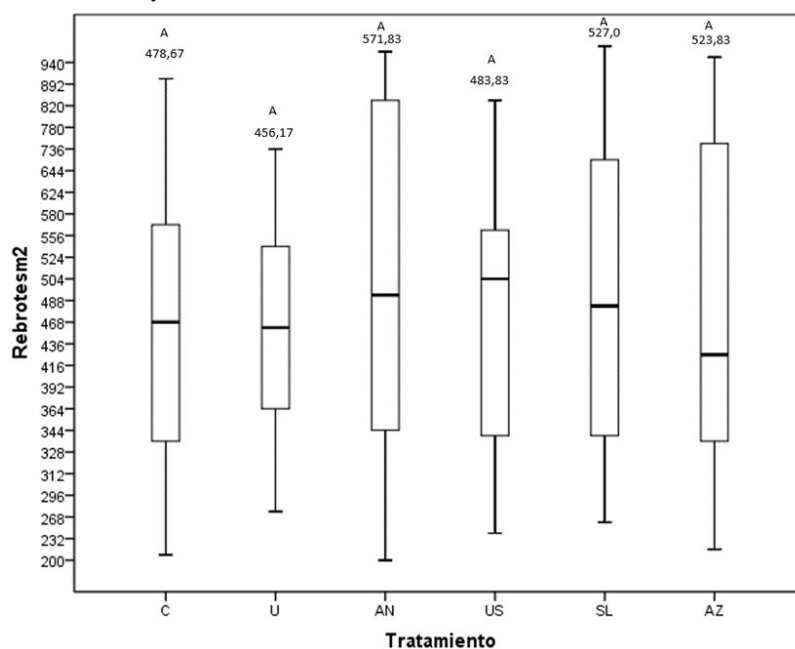


Figura 5. Densidad de rebrotes del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) con cinco fertilizantes (C= sin fertilización, U= urea, AN= nitrato de amonio US= urea protegida con azufre SL= excretas bovinas y AZ= *Azospirillum oryzae*) en Cartago (Costa Rica). Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

Los tratamientos con mayor y menor de rebrotes fueron nitrato de amonio (571,83 rebrotes m<sup>-2</sup>) y urea (456,17 rebrotes m<sup>-2</sup>). Los tratamientos orgánicos tuvieron densidades de rebrotes mayores a 520 rebrotes.m<sup>-2</sup>, superando al promedio de los tratamientos de urea y urea protegida (menores de 480 rebrotes.m<sup>-2</sup>) para dicha variable. El nitrato de amonio tuvo una densidad de rebrotes de 93 rebrotes.m<sup>-2</sup> mayor con respecto a las parcelas control.

Componentes estructurales de la planta

Los componentes estructurales de la planta mostraron valores similares entre los tratamientos (P > 0,05, Figura 6), mostrando rangos de variación de 5 puntos porcentuales (pp) para las hojas, 3 pp para los tallos y 4 pp para el material senescente. El tratamiento con mayor proporción de hojas y menor proporción de tallos fue nitrato de amonio y el tratamiento de purines fue el que presentó menores porcentajes de material senescente con una proporción de hojas con 1 pp menor al nitrato de amonio.

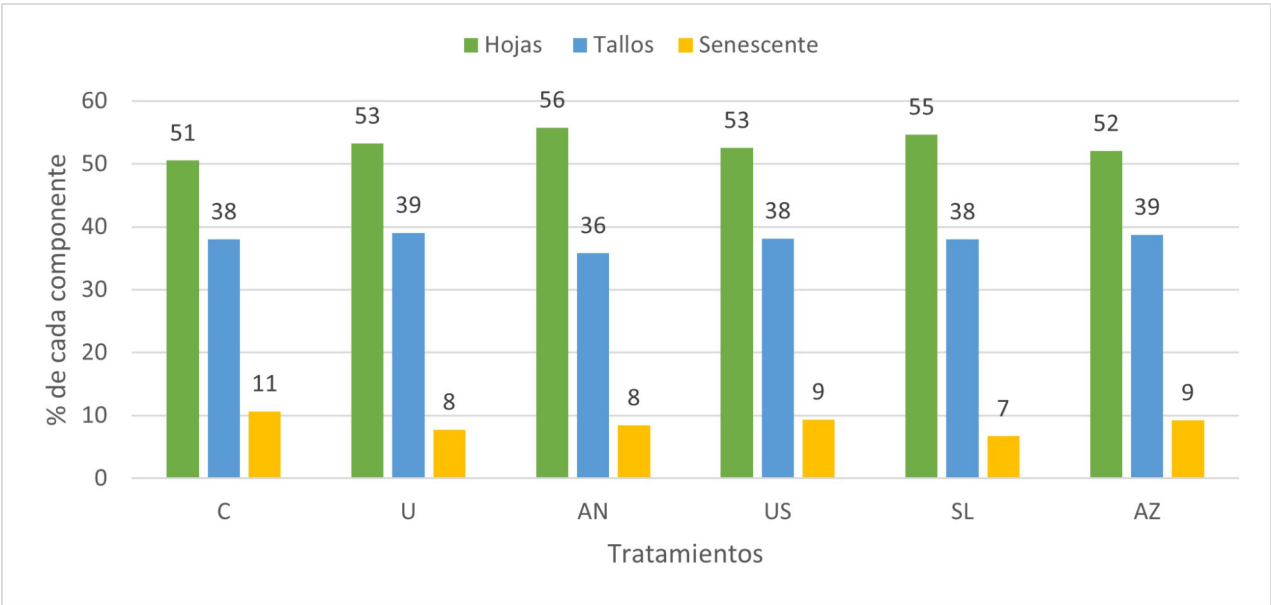


Figura 6. Componentes estructurales del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) con cinco fertilizantes (C= sin fertilización, U= urea, AN= nitrato de amonio US= urea protegida con azufre SL= excretas bovinas y AZ= *Azospirillum oryzae*) en Cartago (Costa Rica).

Resultados

Comportamiento productivo del pasto estrella por edad de cosecha

La edad de cosecha mostró efectos variables debido a la interacción con los tratamientos evaluados sobre el comportamiento reproductivo del pasto Estrella Africana. Resultados similares se observaron en *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115 con cinco edades de rebrote (30, 45, 60, 75 y 90 días) donde la producción de biomasa fue mayor cuando la pastura alcanzaba una edad de 90 días (27,0 t ha<sup>-1</sup> de MS), mientras que la relación hoja:tallo, el contenido de proteína y la digestibilidad fueron mayores con una edad de cosecha de 30 días (León *et al.*, 2022). Similares resultados reporta Ferrufino *et al.* (2022) al analizar el efecto de la edad de cosecha sobre componentes productivos y nutricionales del pasto Estrella Africana, indicando que se incrementó la producción de biomasa conforme avanzó la edad de cosecha, mientras que el valor nutricional no evidenció cambios drásticos por efecto de la edad de cosecha de la pastura.

La producción de biomasa fue mayor en meses de mayor pluviosidad (junio, julio, agosto) y a mayores edades (Tabla 3), lo cual coincide con lo expresado por Villalobos (2012), donde se observaron mayor producción de biomasa para cosechas de pasto alpiste (*Phalaris arundinacea* L.) realizadas en meses con mayor pluviosidad que comparados con meses de menor precipitación, el mismo autor indica que la biomasa y la fenología del pasto alpiste disminuyeron en los meses de noviembre a enero y aumentaron para la temporada de inicio de invierno (Villalobos, 2012). La información observada indica que se encuentran mayores producciones en meses de mayor pluviosidad, esto coincide con lo expuesto en una investigación realizada en Argentina, donde observaron que la producción de la pastura Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg) decrecía conforme se limitaban la humedad y temperatura del suelo (Méndez *et al.*, 2019)





La biomasa fresca y seca en esta investigación aumentó cuando las edades de cosecha fueron mayores. Similares resultados reporta Ferrufino *et al.* (2022) evaluando pasto Estrella Africana, identifica un aumento de biomasa seca, cuando se aumentaron los días de cosecha (7 días=3,16; 14 días= 4,04; 21 días=3,26; 28 días=4,06; 35 días=6,14 t ha<sup>-1</sup> de MS). Por su parte Núñez *et al.* (2022) avaluando distintas edades de rebrote durante la época seca y lluviosa, en pasto Estrella Africana, encontraron producciones más altas cuando la edad de cosecha fue mayor (14 días = 644,3; 28 días = 3003,3; 42 días = 3275,0 y 56 días = 5240,0 kg MS ha<sup>-1</sup>).

En Etiopia, Tilahun *et al.* (2017) evaluando el efecto de la fecha de cosecha sobre el rendimiento de materia seca del pasto desho (*Pennisetum pedicellatum* Trin.) encontraron que el rendimiento aumentó drásticamente a medida que se retrasaron las fechas de cosecha, obteniendo valores de 7,1, 15,7 y 25,5 t ha<sup>-1</sup> de MS para edades de cosecha de 75, 105 y 135 días, respectivamente. Por otro lado, González *et al.* (2011) evaluaron el rendimiento de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* schumach) a diferentes edades de cosecha (14, 28, 42, 56 y 70 días), obteniendo rendimientos de 0,48, 2,22, 6,50 y 22,80 t ha<sup>-1</sup> de MS respectivamente.

Merlo *et al.* (2017) al evaluar el efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha*, registraron rendimientos de 3,8 toneladas de MS ha<sup>-1</sup> a 56 días, mientras que a edades de cosecha menores (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 días) los rendimientos fueron menores (0,03, 0,13, 0,29, 0,88, 1,68, 2,40, 2,92 toneladas de MS ha<sup>-1</sup>), respectivamente. En Costa Rica, Ferrufino *et al.* (2022) reportaron un aumento de biomasa en el pasto Estrella Africana con una tendencia lineal conforme aumentaron las edades de rebrote; en especial para edades mayores a los 35 días.

En relación a la variable altura de la planta, los mayores valores se registraron a 55 días con 63,1 cm. Resultados similares expresan Tilahun *et al.* (2017) con pasto desho (*Pennisetum pedicellatum* Trin.) al obtener mayores alturas cuanto mayor fue la edad de cosecha. En Ecuador, Vargas *et al.* (2014) evaluaron el crecimiento del pasto Mombasa (*Megathyrsus maximus*) con distintas edades de rebrote (12, 19, 33, 40, 48, 55, 62 y 70 días), encontrando una relación positiva entre el aumento de la edad de rebrote y el crecimiento de la pastura. Similares resultados expresan Homen *et al.* (2010) quienes investigaron la misma especie de pasto Mombasa (*Megathyrsus maximus*) en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical con 6 edades de cosecha, encontrando una relación positiva entre la edad de cosecha y la altura de la planta. En Ecuador, Cevallos (2015) investigando *Setaria sphacelata* con

distintas edades de cosecha identificó que a 55 días la altura del forraje llegó hasta 85,78 cm, indicando un efecto positivo sobre esta variable por efecto del el incremento de los días de cosecha.

### Comportamiento productivo del pasto estrella por fuente de fertilizante

La biomasa fresca encontrada en pasto Estrella Africana, fue mayor para el tratamiento de urea protegida con azufre con respecto a los tratamientos orgánicos y el control. Estos resultados se asemejan a los reportados por Borges *et al.* (2012), donde usando diferentes dosis de fertilización y edades de corte, obtuvieron una mayor producción de biomasa fresca con los tratamientos inorgánicos (10905,5 kg ha<sup>-1</sup>) y menores para tratamientos orgánicos (5965 kg ha<sup>-1</sup>).

Al agrupar los tratamientos en orgánicos e inorgánicos, se evidenció una respuesta consistente de la pastura a los tratamientos inorgánicos. Diversos autores han mencionado el efecto positivo de la fertilización inorgánica sobre distintos componentes productivos de la pastura (Borges *et al.*, 2012; Apollon *et al.*, 2022; Solano y Villalobos, 2022).

La fertilización inorgánica en pasto Estrella Africana ha mostrado, en condiciones similares, producciones de biomasa fresca que oscilan de 7537 kg ha<sup>-1</sup> (Elizondo y Espinoza, 2021), hasta 17000 kg ha<sup>-1</sup> (WingChing *et al.* 2016). La producción de biomasa encontrada en este estudio (Figura 1), fue similar a valores reportados por Solano y Villalobos (2022), donde analizando diversas investigaciones relacionadas a fertilización nitrogenada, obtuvieron datos de producción de biomasa fresca entre 7812 kg ha<sup>-1</sup> y 10723 kg ha<sup>-1</sup> para pastos del género *Cynodon*.

En relación a los tratamientos orgánicos, la producción de biomasa fue mayor a 9000 kg ha<sup>-1</sup>, la cual es mayor a la reportada en pasto Estrella fertilizado con purines (5762 kg ha<sup>-1</sup>) por Elizondo y Espinoza (2021). Según WingChing *et al.* (2016) la producción de biomasa fresca de pasto Estrella Africana fertilizado con *Azospirillum* fue 16000 kg ha<sup>-1</sup>, siendo casi el doble de lo obtenido en esta investigación y que podría indicar el potencial productivo de la especie.

La producción de biomasa seca fue mayor con el tratamiento de urea protegida con azufre (3649 kg ha<sup>-1</sup>), obteniendo valores levemente mayores a los reportados por Villalobos *et al.* (2013) de 3185 kg ha<sup>-1</sup> por cosecha

con dosis promedio de 521 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en sistemas en pastoreo. Borges *et al.* (2012) obtuvieron datos similares al aplicar fertilizantes inorgánicos (200 kg N + 85 kg P ha<sup>-1</sup> = 3017,5 kg ha<sup>-1</sup>), al utilizar dosis de nitrógeno iguales a las de este estudio (200 kg ha<sup>-1</sup>), Vera *et al.* (2019) tuvieron producción de materia seca similar 3540 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual concuerda con otras investigaciones en donde se obtuvieron valores entre 2500–3600 kg.ha<sup>-1</sup> (Holland *et al.*, 2018; Arteaga *et al.*, 2019; Méndez *et al.*, 2019).

La biomasa seca fue menor a la reportada por Villalobos y Arce (2014) en pasto Estrella Africana (4484 kg ha<sup>-1</sup>) en pastoreo, usando dosis de fertilización de 224, 33 y 67 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Producciones de biomasa seca mayores a 4000 kg ha<sup>-1</sup> han sido reportadas por otros autores (Pozo *et al.*, 2001; Vera y Martín, 2011). Las diferencias productiva del paso pueden estar asociadas al efecto del nitrógeno, esto debido a su acción sobre la acumulación de materia seca, además de factores de manejo y climáticos que pueden influir sobre el rendimiento de la pastura (Holland *et al.*, 2018).

La altura presentó valores mayores en los tratamientos inorgánicos, llegando hasta 47 cm, siendo similar a lo reportado por Muñoz (2020) en pasto Estrella Africana, donde tratamientos inorgánicos alcanzaron alturas de 49,59 y 48,70 cm, respectivamente. En investigaciones de fertilización de pasturas del género *Cynodon* se han obtenido alturas de 40,7 cm, indicando la variabilidad en la respuesta según la fuente de fertilizante utilizada (Solano y Villalobos, 2022).

Según Ortega y González (2014), la fertilización inorgánica influye en el incremento de la altura de la planta, habiendo alturas mayores en otros cultivos forrajeros como el botón de oro, con fertilización inorgánica en dosis anuales de nitrógeno de 200 kg.ha<sup>-1</sup> (Astúa *et al.*, 2021). La altura del pasto ha sido usada como indicador del momento de cosecha del pasto, permitiendo inferir el papel que juega el nitrógeno en el desarrollo de la planta (Cunha *et al.*, 2022).

La variable número de hojas fue similar entre tratamientos, siendo el control y el nitrato de amonio los fertilizantes con valores menores (Figura 4). La fenología del pasto Estrella Africana mostró valores similares a los reportados por Salazar (2007) con 7,9 hojas verdes y dentro del rango reportado por Villalobos y Arce (2014) con 6–8 hojas verdes por rebrote. El uso de la edad fenológica del pasto Estrella Africana, es un indicador biológico exclusivo para cada especie de pasto, esto permite tener los requerimientos necesarios para lograr una adecuada

recuperación del mismo. Este resultado indica el potencial de uso de las excretas obtenidas del afluyente del establo ganadero como fuente de nutrientes para las plantas (Apollon *et al.*, 2022).

La densidad de rebrotes fue similar en los tratamientos evaluados (Figura 5), sin embargo, se observaron diferencias productivas para el tratamiento basado en nitrato de amonio, en comparación con el tratamiento control y los tratamientos inorgánicos este produjo más de 50 a 100 rebrotes respectivamente, a pesar de haber tenido una edad fenológica menor, lo cual podría atribuirse a una respuesta al crecimiento lateral del pasto con dicho fertilizante. Los valores encontrados fueron menores a los de Rodríguez *et al.* (2011), quienes reportan rebrotes entre 2012–3824 por metro cuadrado, lo cual puede atribuirse al sistema de utilización (corta versus pastoreo) usado en cada investigación (Pedreira *et al.*, 2007). El nitrato de amonio ha mostrado efectos positivos sobre la densidad de rebrote en pasto ryegrass (*Lolium perenne*) con 1194,5 rebrote por metro cuadrado (Navarro y Villalobos, 2021). La densidad de rebrotes representa la oportunidad de puntos de crecimiento de hojas que pueden ser consumidas por el animal, por ello debe ser una variable a considerar en la planificación de las pasturas, ya que esto garantizará mayor disponibilidad de alimento y capacidad de cobertura y competencia del cultivo.

Los componentes estructurales fueron similares entre los tratamientos (Figura 6), siendo el nitrato de amonio y los purines los tratamientos con mayores proporciones de hoja. La proporción de tallo fue similar mientras que la senescencia fue baja en la mayoría de los tratamientos. Las proporciones de hojas encontradas en este estudio fueron mayores a los reportadas por Villalobos y WingChing (2019), en donde evaluaron el efecto de remoción mecánica y obtuvieron porcentajes de hojas entre 36–44 %, la cosecha mecánica utilizada en este estudio pudo favorecer que los tratamientos evaluados tuviesen proporciones de hojas y tallos que permitieron lograr relaciones de hoja: tallos mayores a 1 (1,30–1,55), lo cual es deseable en cualquier especie de pastura (Simioni *et al.*, 2014).

A pesar de no haber encontrado diferencias entre los tratamientos, la fertilización tiene un efecto positivo en los componentes estructurales, pues las parcelas control tuvieron mayor senescencia y menor cantidad de hoja. Esto indica que el manejo del pasto debe potenciar la producción y utilización de la hoja, con lo cual la senescencia se ve disminuida (Villalobos y WingChing, 2019), esto ayudará a favorecer el consumo de los animales mientras que mantenga planes de pastoreo efectivos y ajustado a cada sistema productivo.

### Conclusiones

La edad de cosecha mostró un efecto significativo sobre la producción de biomasa fresca, seca, altura de la planta y número de hojas, siendo la edad de cosecha de 55 días la que obtuvo mayores valores. Este resultado es de utilidad ya que estas variables analizadas pueden ayudar a profesionales de campo y productores con información importante para la planificación de las cosechas de pasturas en las unidades productivas.

No se evidenció un efecto consistente entre la respuesta productiva y los fertilizantes evaluados, lo que no permitió determinar un tratamiento óptimo. Las fuentes inorgánicas de urea protegida con azufre y el nitrato de amonio presentaron mejor comportamiento para las variables de biomasa fresca y seca, altura de la planta y densidad de rebrotes, mientras que para la variable número de hojas, el tratamiento basado en purines fue el que mejores resultados presentó. Todas estas variables tuvieron diferencias cercanas tanto para tratamientos orgánicos como inorgánicos, por lo que no hubo un grupo de tratamientos que fuese consistente en las variables antes mencionadas.

Los componentes estructurales mostraron diferencias superiores al 15 % en cuanto a producción de hojas versus tallos, lo que representa mayor cantidad de hojas que pueden ser consumidas por el animal y por ende un aumento en la oferta alimenticia.

Los tratamientos orgánicos mostraron valores de producción cercanos a los de fuentes inorgánicas, por ende, se debe seguir analizando por periodos más largos el efecto de estas fuentes de fertilización incluyendo la bacteria *Azospirillum oryzae* PCJ1, la cual mostró valores cercanos a los datos de variables inorgánicas, lo que sugiere un potencial uso como fuente de fertilización en pasturas.

En función de los resultados de esta investigación, los productores pueden disponer de programas de fertilización mixtos que incorporen fertilizantes orgánicos e inorgánicos, pudiendo de esta forma ajustar las fuentes y momento de aplicación de tratamientos para aumentar la disponibilidad y calidad de los pastos, que se traducirá en una mayor sostenibilidad de las explotaciones ganaderas.

### Reconocimientos

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. 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.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

**Aprobación del Comité de Experimentación Animal:** no se utilizaron animales en el experimento.

**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.

**Contribución 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.

**Editado por:** Julio Galli

### Literatura Citada

Apollon, W., Baptiste, Y. J., Wagner, B.J., Maldonado, A.L., y 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>.

Arteaga, D. V., Cedeño, G., Cedeño, G., Cargua, C. J., Garay L., 2019. Eficiencia agronómica de nitrógeno y producción de *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. En función de dos frecuencias de corte. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 35(3): 251-260. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000405>.



- Astúa-Ureña, M., Campos-Granados, C. M., y Rojas-Bourrillon, A., 2021. Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad de rebrote sobre las características morfológicas y rendimiento agronómico del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ecotipo INTA-Quepos. *Nutrición Animal Tropical*, 15(1). <https://doi.org/10.15517/nat.v15i1.47521>.
- Berone, G. D., Cicore, P., Errecart, P., Insua, J., Jaimes, F., Maglietti, C., Marino, A. y Oriente, S., 2022. Guía para el manejo de pasturas en función del stock de pasto y la tasa de crecimiento. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [oai.localhost:20.500.12123/11337](http://oai.localhost:20.500.12123/11337).
- 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.
- Cook, B. G., Pengelly, B. C., Brown, S. D., Donnelly, J. L., Eagles, D. A., Franco, M. A., Hanson, J., Mullen, B. F., Partridge, I. J., Peters, M. and Schultze-Kraft, R., 2005. Tropical Forages: An interactive selection tool. CD-ROM. Brisbane, Australia: CSIRO, Queensland, Australia: Department of Primary Industries and Fisheries, Cali, Colombia: CIAT and Nairobi, Kenya: ILRI. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/33575>
- Cunha, A. M. Q., Macedo, V. H. M., de Oliveira, J. K. S., Melo, D. de M., Domingues, F. N., Cândido, E. P., Faturi, C., and do Rêgo, A. C., (2022). Nitrogen fertilisation as a strategy for intensifying production and improving the quality of Massai grass grown in a humid tropical climate. *Journal of Plant Nutrition*, 45(14), 2213-2227. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2046078>
- León, G. E., Ramos-Juárez, J. A., Izquierdo-Reyes, F., Joaquín-Torres, B. M., y Meléndez-Nava, F., 2022. Comportamiento productivo y valor nutricional del pasto *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115, a diferente edad de rebrote. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(4): 1055-1066. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.5217>.
- Elizondo, J. A., y 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>.
- Ferrufino-Suárez, A. J., Mora-Valverde, D., y Villalobos-Villalobos, L. A., 2022. Biomasa y bromatología de African Stargrass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) con cinco estados de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*, 33 (2): 477-486. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47746>.
- González, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., y Lugo, M., 2011. Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 29(1):103-112.
- 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>
- MAG. (2007). Agrocadena de leche índice de contenido. Caracterización Agrocadena de Leche, Región Central Oriental, 1-109. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10747.pd>.
- 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>.
- Merlo-Maydana, F. E., Ramírez-Avilés, L., Ayala-Burgos, A. J., y Ku-Vera, J. C., 2017. Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2): 116-127.
- Muñoz, C. W. 2020. Evaluación de dos tratamientos sobre el desarrollo productivo y vegetativo de *Cynodon nlemfuensis* (pasto estrella). <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/33745>.
- Navarro-Zamora, L. A., y Villalobos-Villalobos, L. A., 2021. Composición morfológica del forraje ryegrass anual (*Lolium multiflorum*) cv. Jumbo en respuesta a tres fórmulas nitrogenadas. *Nutrición Animal Tropical*, 15(2): 99-122. <https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.48409>.
- 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 la biomasa y calidad bromatológica en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica (I PARTE). *Nutrición Animal Tropical*, 16(2): 91-114. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i1.50370>.
- Pedreira, B. C. E., Pedreira, C. G. S., y Silva, S. C. da., 2007. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(2): 281-287. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200018>.
- Peters, M., Franco, L. H., Schmidt, A., Hincapié, B., 2010. Especies Forrajeras Multipropósito Opciones para Productores del Trópico Americano. CIAT 2010.

- Pozo, P.P.D., Herrera, R.S., García M., y Cruz, A.M., 2001. Análisis del crecimiento y desarrollo del pasto estrella con y sin adición de fertilizante nitrogenado. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(2): 189-195.
- Rodríguez, G., Patiño, P. R., B, L. A., y Gil, J., 2011. Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferente topografía en un sistema de producción de carne vacuna en Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 3(1):47-61.
- Solano-López, M. J., y Villalobos-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>.
- Simioni, T.A., Hoffmann, A., Gomes, F.J., Mousquer, C.J., Teixeira, U.H.G., Fernandes, G.A., Botini, L.A., de-Paula, D.C., 2014. Senescência, remoção, translocação de nutrientes e valor nutritivo em gramíneas tropicais. *Pubvet* 8:1551-1697. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v8n13.1743>.
- Tilahun, G., Asmare, B., Mekuriaw, Y., Tilahun, G., Asmare, B., and 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-Forrajeros Tropicales*, 5(2): 77-84. [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)77-84](https://doi.org/10.17138/tgft(5)77-84).
- Moya, E., Ariza-Suárez, D., Baena-Aristizabal, C. D., Cortés-Gómez, S., Becerra-Mutis, L., y Riaño-Hernández, C. A., 2016. Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y Forrajes*, 39(2): 102-110.
- Vargas, J., Leonard, I., Uvidia, H., Ramírez, J., Torres, V., Andino, M., y Benítez, D., 2014. El crecimiento del pasto *Panicum maximum* vc Mombaza en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Electronica de Veterinaria*, 15 (9) 1-7.
- Vera, D., Cedeño, G., Cedeño, G., Cargua, J., y Garay, M., 2019. Eficiencia agronómica de nitrógeno y producción de *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. En función de dos frecuencias de corte. *Chil. j. agric. anim. Sci*, 35(3): 251-260.
- Vera, J.T. y G. Martín, 2011., Pasto estrella en suelos salinos del Noa. Cátedra de Forrajes, Argentina. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la U.N.T. Argentina. 19 (231):40-44.
- Villalobos, L. 2012. Fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste (*Phalaris arundinacea*) en la zona alta lechera de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 36:25-37.
- Villalobos, Luis., y Arce, Jose., 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.
- Villalobos, L., Arce, J., y WingChing, R., 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y Ryegrass Perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 37(2):91-103.
- Villalobos, L., y WingChing-Jones, R., 2019. Remoción mecánica del material senescente para la recuperación de pasturas. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (3): 821-840. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36625>.
- WingChing, R., Lorío, L. U., Barquero, L. C., 2016. Uso de *Azospirillum* spp. Como biofertilizante en la producción de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* ). *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(2): 259-265. <https://doi.org/10.22458/urj.v8i2.1570>.
- WingChing, R., Lorío, L. U., Barquero, L. C., 2016. Uso de *Azospirillum* spp. Como biofertilizante en la producción de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* ). *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(2): 259-265. <https://doi.org/10.22458/urj.v8i2.1570>.