

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO ESTRELLA (*Cynodon nlemfuensis*) FERTILIZADO CON NANOFERTILIZANTES.

BIOMASS PRODUCTION AND NUTRITIONAL VALUE OF STAR GRASS (*Cynodon nlemfuensis*) FERTILIZED WITH NANOFERTILIZERS.

Perdomo-Carrillo Daniel Antonio^{1,2*}, García-Linares María Aidee², Graterol-Uzcategui Karen Yajaira³, González Diomary Rosalia^{1,2}, Bentancourt-González Wesley Lindsay⁴ y Gechele-Ramírez José David⁵

¹ Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA).

² Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.

³ Departamento de Biología y Química, ULA-NURR. Trujillo, Venezuela.

⁴ Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNERS), Extensión Valera, Venezuela.

⁵ Ingeniero de Producción en Agroecosistemas en Ejercicio Libre.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue comparar la producción de biomasa y valor nutritivo del pasto estrella con el uso de nanofertilizantes y con diferentes frecuencias de corte. Para ello, se realizaron dos experimentos con un diseño completamente aleatorizado. En ambos experimentos se demarcaron parcelas de 2 m² en un potrero establecido con pasto estrella y se realizó un corte de uniformidad a 5 cm del nivel del suelo. El Experimento 1 evaluó tres tratamientos, T1= sin fertilización; T2: N-TOP®; T3: urea; las evaluaciones se realizaron con cinco replicas/tratamiento durante un periodo de corte de 28 días, tiempo en el cual se cortó toda la biomasa en cada parcela experimental. Se encontraron diferencias en biomasa (Kg/ha), materia seca (% MS), disponibilidad de materia seca (DMS, Kg/ha), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), potasio (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (P<0,05). El Experimento 2 evaluó dos tratamientos, T1= fertilización con N-TOP® + Matriz K® + Total Zinc® con una edad de corte de 28 días; T2: N-TOP® + Matriz K® + Total Zinc® con frecuencia de corte a los 42 días. Se evidenció a los 42 días de cosecha una diferencia del % MS y la DMS (P<0,05). El mayor contenido de PC y de P correspondió a los 28 días (P<0,05), contrario a la FC que su mayor valor se obtuvo a los 42 días (P<0,05). No se encontraron diferencias en el EE (P>0,05). Se concluye que el uso de nanofertilizantes en el pasto estrella mejora su contenido nutricional y la producción de materia seca. En los dos experimentos, el uso de nanofertilizantes produjo un contenido de PC que estuvo alrededor del 14 % y los minerales mostraron incrementos, lo que puede garantizar un aporte adecuado de minerales para la producción de bovinos.

Palabras clave: frecuencia de corte, biomasa, valor nutritivo, minerales

Recibido: 04-04-2025 / **Aprobado:** 13 /06/2025

Abstract

The objective of this study was to compare the biomass production and nutritional value of stargrass with the use of nanofertilizers and different mowing frequencies. To this end, two experiments were conducted with a completely randomized design. In both experiments, 2 m² plots were demarcated in a pasture established with stargrass, and a uniformity cut was made 5 cm above ground level. Experiment 1 evaluated three treatments: T1 = no fertilization; T2 = N-TOP®; T3 = urea; the evaluations were carried out with five replicates/treatment during a 28-day cutting period, during which time all biomass was cut in each experimental plot. Differences were found in biomass (kg/ha), dry matter (% DM), dry matter availability (DMA, Kg/ha), crude protein (CP), crude fiber (CF), ether extract (EE), potassium (P), calcium (Ca) and magnesium (Mg) (P<0.05). In the second experiment, two treatments were evaluated, T1= fertilization with N-TOP® + Matrix K® + Total Zinc® with a cutting age of 28 days; T2: N-TOP® + Matrix K® + Total Zinc® with a cutting frequency at 42 days. A difference in % DM and DMS was evident 42 days after harvest (P<0.05). The highest CP and P contents were found at 28 days (P<0.05), while the highest values for CF were found at 42 days (P<0.05). No differences were found in the EE (P>0.05). It is concluded that the use of nanofertilizers in stargrass improves its nutritional content and dry matter production. In both experiments, the use of nanofertilizers resulted in a PC content of around 14 %, and minerals increased, which can ensure adequate mineral intake for cattle production.

Keywords: Cutting frequency, Biomass, Nutritional value, Minerals

Introducción

Dentro de las especies de importancia forrajera que se adaptan a las condiciones edafoclimáticas del estado Trujillo, Venezuela, se encuentra el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), que es una poácea perenne, estolonífera y rastrera, de profundas raíces, originaria del Este de África y que actualmente se encuentra distribuida en diferentes regiones tropicales del mundo. Junto a los géneros *Megathyrsus* y *Urochloa* representan las tres principales especies de poáceas utilizadas por los productores ganaderos a nivel estatal (Perdomo-Carrillo, 2019; Perdomo-Carrillo et al., 2022). Como sucede en otras partes de Venezuela y en países de Latinoamérica, el pasto estrella es altamente usado por su valor nutricional, alta producción de biomasa, palatabilidad, resistencia a plagas y enfermedades, excelente cobertura y fácil establecimiento (González, 1997; Paris et al., 2016; Martínez, 2019; Ferrufino-Suárez et al., 2022).

La producción de biomasa y la calidad nutricional son los principales criterios utilizados para definir el momento óptimo de cosecha para favorecer la mayor producción de nutrientes (Ferrufino-Suárez et al., 2022). Las recomendaciones indican que el pasto estrella debe tener un período de recuperación entre 4 a 5 semanas después del pastoreo, para no afectar su persistencia y para mantener una alta producción de materia seca (12 a 17 ton/ha) con buen contenido proteico (11 a 16 %) (Mislevy, 2002). Para el pasto estrella se han realizado estudios en sistemas de pastoreo enfocados en la producción biomasa por área, sin embargo, en la producción de nutrientes, poco se ha evaluado su respuesta productiva bajo diferentes edades de cosecha (Ferrufino-Suárez et al., 2022).

La materia seca (MS) representa la acumulación de biomasa, producción de forraje y rendimiento forrajero. En pastizales sometidos a corte o pastoreo, la MS es resultado directo del balance entre los procesos de crecimiento y senescencia de la especie forrajera (Perdomo-Carrillo, 2017); ya que estos dos procesos fisiológicos intervienen en macollos individuales, y éstos a su vez en la población de macollos, lo cual determina la MS (Perozo y Razz, 2014). En este sentido, las tasas de crecimiento y senescencia caracterizan la dinámica del proceso de MS, lo que resulta en una acumulación neta de forraje, pues viene a reflejar la cantidad producida en determinado periodo y sus variaciones de acuerdo con las prácticas de manejo (Ferreira et al., 2023). Adicionalmente la determinación de la MS permite conocer su valor nutricional (Elizondo, 2022).

Los fertilizantes nitrogenados favorecen los procesos fisiológicos y bioquímicos básicos en la planta (Botero, 1997; Solano y Villalobos, 2022). Deficiencias de nitrógeno puede limitar la productividad de las gramíneas expresado como producción de materia seca, contenido de proteína cruda y en la digestibilidad del forraje (Botero, 1997; Ordoñez, 2005). Una alternativa de mejora en la fertilización, la ofrecen los nanofertilizantes, que corresponden a nanomateriales capaces de suplementar a las plantas con uno o más nutrientes, potenciando su crecimiento y rendimiento.

En el caso de los nanofertilizantes nitrogenados, estos poseen matrices enriquecidas con iones de amonio y/o nitrato, formas disponibles del nitrógeno para su absorción foliar (Alfaro et al., 2020). Los nanofertilizantes, en comparación a los fertilizantes convencionales, poseen propiedades únicas tales como una alta relación superficie-volumen, una cinética de liberación controlada y rápida capacidad

de sordón o capacidad de ser absorbido rápidamente por otra superficie. Estas características les permiten ser aplicados en menores dosis que un fertilizante tradicional, disminuyendo los costos de transporte y aplicación, pero manteniendo y en algunos casos aumentando, el rendimiento del producto fertilizado, además, les permitirían aumentar la eficiencia del uso de nutrientes y, en consecuencia, reducir sus potenciales efectos adversos sobre el medioambiente (Alfaro et al., 2020).

En base a estas premisas se estableció como objetivo de este estudio comparar la producción de biomasa y valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con el uso de dos fuentes de fertilizantes nitrogenados (Urea y NTOP), y la combinación de nanofertilizantes con diferentes frecuencias de corte.

Materiales y métodos

Localización del ensayo

Se llevaron a cabo dos experimentos en una finca ubicada en Bujay, parroquia Monseñor Carrillo, municipio y estado Trujillo, Venezuela, a 1100 m.s.n.m (9°19'54" LN y 70°26'00" LO). La zona de vida corresponde a Bosque seco premontano (bs-PM), con temperatura anual de 20 °C – 26 °C, precipitación anual de 842,5 mm, y humedad relativa anual de 30 – 40 %. Para evaluar el efecto del uso de nanofertilizantes se establecieron dos experimentos a saber:

Experimento 1

El objetivo de este experimento fue comparar la producción de biomasa y valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con dos fuentes de nitrógeno (N): Urea y fertilizante comercial de base nitrogenada N-TOP®. En un potrero establecido de

pasto estrella desde el año 2020 de cinco hectáreas, se demarcaron 15 parcelas experimentales con área efectiva de 2 m² cada una, con espacio de 1 m de ancho entre parcela y un pasillo de 1,50 m en el exterior del área experimental. Estos pasillos se establecieron para facilitar las actividades de muestreo y mantenimiento del área experimental, así como reducir los efectos del borde y de competencia entre tratamientos. Se realizó un corte de uniformidad a 5 cm de altura de la base del suelo (Morais, 2013).

El diseño experimental utilizado consistió en un completamente aleatorizado con tres tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: T1= sin fertilización (testigo absoluto); T2: NTOP®, nanofertilizante nitrogenado concentrado de liberación gradual a una dosis de 3 L/ha mediante tres aplicaciones foliares; T3: urea (46 % Nitrógeno) en base a 200 Kg N/ha en 3 aplicaciones (González, 1997; Ordoñez, 2005; Borge et al., 2012).

Para la evaluación de los rendimientos de biomasa fresca y de materia seca se adaptaron las pautas de investigaciones previas realizadas con diferentes variedades del género *Cynodon* en condiciones tropicales que refieren que el pasto estrella recupera sus reservas y genera un nuevo crecimiento del material defoliado a los 28 días (Borges et al., 2012; Morais, 2013; Villalobos y Arce, 2014). Se aplicó riego por aspersión con una frecuencia de día por medio y se llevó a cabo 4 controles manuales de malezas durante el período de ensayo. Para conocer el aporte de N y determinar el requerimiento de urea (T3), se realizó un muestreo del suelo (Perozo y Razz, 2014). Los análisis fisicoquímicos se realizaron en los Laboratorios de Servicio de Análisis de Suelos y de Química Ambiental del Núcleo Universitario "Rafael Rangel", (NURR) de la Universidad de Los Andes (ULA) en el estado Trujillo, Venezuela (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos del suelo en potrero establecido de pasto estrella en Bujay, estado Trujillo, Venezuela.

Muestra*	Prof	A	L	A	T	MO	N	P	K	Ca	Mg	pH	CE
1	5-20	52	18	30	FAa	6,3	0,32	11,5	70,8	1240	1800	6,13	0,07

*: Laboratorio de Servicio de Análisis de Suelos (NURR-ULA)

Prof: profundidad (cm); a: arena (%); L: limo (%); A: arcilla (%); T: textura; FAa: Franco Arcillo arenoso; MO: materia orgánica (%); N: nitrógeno (%); P: fósforo (mg/kg); K: potasio (mg/Kg); Ca: calcio (mg/Kg); Mg: magnesio (mg/Kg); pH: potencial de hidrógeno; CE: conductividad eléctrica (dS/m).

El aporte de N se determinó mediante el valor de materia orgánica (%), profundidad radicular (cm) y densidad aparente (g/cm³) estimada en función de la textura (Cuadro 2), según la ecuación indicada por Perozo (2011).

$$\frac{\text{KgN}}{\text{ha}} = \frac{\% \text{MO} * \text{Prof. (cm)} * \text{Da (g/cm}^3) * 75}{100}$$

$$\frac{\text{KgN}}{\text{ha}} = \frac{6,3 * 20 * 1,45 * 75}{100} = 137,02$$

Cuadro 2. Valores medios de densidad aparente (g/cm³) para diferentes texturas

Textura	Suelos arenosos					Suelos francos				Suelos arcillosos		
	A	Fa	aF	F	FL	L	FA	FAa	FAL	Aa	AL	A
Da (g cm ⁻³)	1,65	1,55	1,60	1,50	1,50	1,45	1,45	1,45	1,50	1,40	1,45	1,40

Fuente: www.mn.nrcs.usda.gov. Texturas: a: arenoso; Fa: franco arenoso; aF: areno francoso; F: franco; FL: franco limoso; L: limoso; FA: franco arcilloso; FAa: franco arcillo arenoso; FAL: franco arcillo limoso; Aa: arcillo arenoso; AL: arcillo limoso y A: arcilloso.

Se determinó que 137,02 kg N/ha es la cantidad de nitrógeno que aporta el suelo en el área experimental donde se estableció el ensayo, y 62,98 Kg N el déficit para completar el requerimiento (200 Kg N/ha, Cuadro 3). Para el ensayo se utilizó 136,91

Kg de urea que aporta (=62,98 Kg de N) el déficit para completar la dosis recomendada de 200 Kg/ha. Se inició la aplicación seguida después del corte de uniformidad y posterior a la primera aplicación se realizaron las siguientes en intervalos de 15 días.

Cuadro 3. Determinación de nitrógeno del suelo y determinación del requerimiento de urea (46 % N).

Potrero	Rn	Prof.	MO	Da	Aporte	Déficit	Kg Urea
1	200	20	6,3	1,45	137,02	62,98	136,91

Rn: requerimiento de nitrógeno (Kg/ha/año); Sup.: superficie (m²); Prof.: profundidad (cm); MO: materia orgánica (%); Da: densidad aparente (g/cm³); Aporte: aporte de nitrógeno del suelo (kg/ha). Déficit: déficit de nitrógeno del suelo (Kg/ha) en función de la dosis de nitrógeno requerida (200 Kg/ha); urea: aporte del déficit de nitrógeno mediante el empleo de urea (46 % N).

La producción biomasa se determinó a los 28 días. Para ello se utilizó un marco de madera de 0,5 m², dentro del cual se cortó a 10 cm de altura, toda la biomasa de forraje fresca contenida en las diferentes parcelas y se pesó inmediatamente en campo con una balanza digital US-Bench Top-PRO con precisión de 0.1 g (US Balance, EEUU). Con la biomasa fresca cosechada se realizaron las extrapolaciones para las estimaciones de la biomasa fresca por hectárea (Ferrufino-Suárez et al., 2022).

De las muestras frescas se tomaron cinco muestras/tratamiento de 100 g que fueron empacadas y debidamente identificadas en bolsas de papel para determinar el porcentaje de MS (% MS). Estas se secaron en una estufa de ventilación forzada a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 72 horas y se molieron en molino tipo Willey con malla de 1 mm. Seguidamente se procedió a un nuevo pesaje para conocer el peso de la materia seca (MS). El porcentaje de materia seca (% MS) y la disponibilidad de materia seca (DMS/ha) se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones (E) indicadas por Perozo-Bravo (2011):

$$\%MS = \frac{\text{Peso Seco (kg)}}{\text{Peso Fresco (kg)}} \times 100$$

$$MS \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = MF \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \times \%MS \times 10000 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{ha}} \right)$$

Otras cinco muestras/tratamiento de 100 g fueron igualmente desecadas siguiendo el procedimiento antes descrito, para determinar el valor nutricional del pasto estrella, mediante las metodologías estandarizadas (AOAC, 2000), en el Laboratorio de Química Ambiental (LAQUIAM) del Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de Los Andes (NURR-UJA). Se determinaron los contenidos de Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC), Extracto

Etéreo (EE), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Fósforo (P) y Cenizas (CEN).

Experimento 2

El objetivo de este experimento fue comparar la producción de biomasa y valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) fertilizado con tres nanofertilizantes (N-TOP®, Matriz K® y Total Zinc®) y dos frecuencias de corte (28 y 42 días).

Se demarcaron 10 experimentales parcelas de pasto estrella en un potrero con características similares a las descritas en el Experimento 1. Cinco parcelas se evaluaron hasta una edad de 28 días, las cinco parcelas restantes fueron evaluadas hasta los 42 días (Maya et al., 2005; Villalobos, 2022). El corte de uniformidad, igualmente se realizó a una altura 5 cm del suelo. A partir de este momento se aplicaron las tres aplicaciones.

El diseño experimental utilizado consistió en un completamente aleatorizado con dos tratamientos y cinco repeticiones/tratamiento. Los tratamientos evaluados fueron: T1= fertilización con N-TOP® + Matriz K® + Total Zinc® con una edad de corte de 28 días mediante tres aplicaciones foliares; T2: N-TOP® + Matriz K® + Total Zinc® con edad de corte a los 42 días.

La biomasa se determinó siguiendo los procedimientos señalados en el Experimento 1, empleando un marco de madera de 0,5 m², cortando a 10 cm de altura, toda la biomasa de forraje fresca contenida en las parcelas experimentales, y se pesó mediante una balanza digital (Marca SUPER-SS, Modelo 3S/New Su-30). La biomasa fresca se estimó a partir de la cosecha de biomasa y se extrapoló para estimar la producción por hectárea según la

aplicación de la metodología de Ferrufino-Suárez et al. (2022). Se tomaron cinco muestras/tratamiento con un peso de 100 g que fueron empacadas e identificadas en bolsas de papel para determinar el porcentaje de MS (% MS) en similares condiciones al experimento anterior. Igualmente, el porcentaje de materia seca (% MS) y la disponibilidad de materia seca (DMS/ha) se determinaron mediante las ecuaciones antes mencionadas (Perozo-Bravo, 2011). Similarmente otras muestras de 100 g de pasto fresco de las parcelas experimentales fueron procesadas en el Laboratorio de Química Ambiental (LAQUIAM-UJA) mediante las metodologías estandarizadas para determinar Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Fósforo (P) (AOAC, 2000).

Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada uno de los dos experimentos. En el caso de encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos, las medias se compararon mediante la prueba Tukey al 5 % de significancia, todo esto con la ayuda del software estadístico RStudio versión 2024.12.0+467 corriendo el lenguaje R® versión 4.4.2 (R Core Team, 2024).

Resultados y discusión

Experimento 1

La disponibilidad de biomasa fue influenciada por las fuentes de nitrógeno empleadas ($P < 0,05$). Se observó que los dos fertilizantes nitrogenados produjeron una cantidad superior de biomasa fresca y disponibilidad de materia seca, con respecto al tratamiento absoluto (Cuadro 4), lo cual también ha sido demostrado en diferentes evaluaciones (Borges et al., 2012; Villalobos y Arce, 2014).

El % MS del T2 (nanofertilizante) superó $\approx 1,32$ y 1,69 valores porcentuales a las cantidades obtenidas en T1 y T3, respectivamente ($P < 0,05$), lo cual repercutió positivamente en la DMS, al ser el tratamiento que numéricamente permitió mayor Kg/ha. Las hojas no son propiamente órganos especializados en la absorción de nutrientes, sin embargo, presentan absorción en algunas áreas de estas (González, 2019); quizás esto vendría a estar relacionado con lo encontrado en T2; ya que pudo verse favorecido por la fuente líquida de nitrógeno de liberación gradual del NTOP®, que permite su uso, aún en altas dosis con bajo riesgo de fitotoxicidad a los cultivos, lo que confiere una alta efectividad agronómica, lo que viene a traducirse en una cantidad de biomasa que puede ser considerada satisfactoria y acorde para las condiciones edafoclimáticas donde se desarrolló la presente experiencia.

Cuadro 4. Efecto de fertilizantes nitrogenados sobre la producción de biomasa en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en Trujillo, Venezuela.

Tratamiento	Biomasa fresca (Kg/ha)	% MS	DMS (Kg/ha)
T1	12125b	26,67b	3233b
T2	13750a	27,99a	3848a
T3	14000a	26,30b	3682a

Letras diferentes en la misma columna difieren entre sí, según la Prueba de Tukey: ^{ab} $P < 0,05$

Es bien conocido que la biomasa fresca y MS depende del estado fenológico de las plantas. Siendo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados ampliamente usados para promover un mejor rendimiento (Solano y Villalobos, 2022), y cualquier deficiencia de nitrógeno puede limitar la productividad de las gramíneas expresada como producción de materia seca (Perozo y Razz, 2018; Elizondo, 2022). Así, Solano y Villalobos (2022) determinaron 20,25 % de MS aplicando urea, considerado inferior a lo obtenido en la presente experiencia. Perdomo-Carrillo (2017) encontró 31,07 %, siendo superior a la MS en los tres tratamientos, y Villalobos y Arce (2014) encontraron variaciones, de 29,47 % en época seca hasta 18,55 % en época lluviosa; siendo los valores de la época seca lo que superan a los valores en la MS obtenidos en este ensayo.

Por su parte la DMS refleja directamente la acumulación de biomasa, producción de forraje y rendimiento forrajero (Perdomo-Carrillo, 2017). Se ha reportado que DMS del pasto estrella por hectárea puede variar según el manejo y las condiciones climáticas, pero generalmente oscila entre 450 Kg/ha y 7500 Kg/ha, los que pudieran ser considerados superiores a los obtenidos en el Experimento 1. Sin embargo, algunos estudios reportan producciones de 2 toneladas/hectárea, que reflejan menores valores a

los obtenidos en la presente investigación. Otras experiencias como la desarrolladas por Ferrufino-Suárez et al. (2022), reportan valores entre 3160 y 6140 Kg MS/ha. A la par de estos resultados, los valores del Experimento 1 pueden catalogarse favorables, ya que los tratamientos nitrogenados superaron al menos en 520 y 680 Kg/ha, la DMS de menor cantidad reportados por estos autores (3160 Kg/ha). Indistintamente a esto resultados, los valores de la DMS hacen indicar que fue posible una adecuada gestión en el manejo del forraje al permitir cosechar el pasto Estrella con valores de biomasa, MS y DMS aceptables.

El Cuadro 5 indica la composición nutricional en pasto estrella. Se observó igualmente que las dos fuentes de nitrógeno ejercieron efectos sobre elementos nutritivos ($P < 0,05$). El ANOVA detectó diferencias estadísticas en algunas variables de calidad del pasto (proteína cruda, fibra, grasa, Mg, P y cenizas; $P < 0,05$), lo cual, se considera de gran importancia al considerar que el pasto estrella tiene gran preferencia en el estado Trujillo por parte de los productores (Perdomo-Carrillo; 2019; Perdomo-Carrillo et al., 2022), esta experiencia vendría a aportar información valiosa sobre su utilización en las fincas estadales.

Cuadro 5. Efecto de fertilizantes nitrogenados sobre valores nutricionales del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*)

Parámetros (%)	T1	T2	T3
PC	11,21b	14,69a	15,25a
FC	30,5a	27,9b	27,6b
EE	1,84a	0,79b	1,12a
P	0,13b	0,25a	0,32a
Ca	0,24b	0,36a	0,36a
Mg	0,12b	0,22a	0,22a
CEN	9,5b	12,9a	8,0b

Proteína Cruda (%PC), Fibra Cruda (FC), Extracto Etéreo (EE), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Fósforo (P) y Cenizas (CEN).

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas: ^a $P < 0,05$

El tenor de PC del T3 fue más preponderante, ya que la Urea produjo un nivel proteico que superó en $\approx 0,56$ % al T2 (N TOP), pero sin diferencias entre ambos tratamientos ($P>0,05$). Esto induce a pensar que vendría a resultar más conveniente emplear este fertilizante nitrogenado en vez de nanofertilizante debido a los valores que pudiera alcanzar este último en el mercado nacional. A la luz de estos resultados, los tenores de proteína de los tratamientos nitrogenados superaron los porcentajes encontrados por Solano y Villalobos (2024) para este mismo pasto, con valores de 13 y 14 %. Otros estudios han reportado valores de más del 20% de PC, siendo superiores a los obtenidos en el presente ensayo (Villalobos y Arce, 2014).

La FC exhibió mayor contenido en el tratamiento sin fertilización ($P<0,05$). Este efecto en T1 se puede explicar debido a que en pasto estrella, la fibra cruda tiende a ser mayor en situaciones de nula o escasa fertilización. En este sentido, la falta de nutrientes esenciales como el nitrógeno pueden provocar que esta poácea produzca más FC para compensar la falta de otros nutrientes (Ferrufino-Suárez et al. 2022; Solano y Villalobos, 2024).

El EE exhibió mayor contenido en T1 ($P<0,05$). Este viene a representar la grasa o lípidos y en pasto estrella suele ser relativamente bajo en comparación con otros forrajes. Según National Research Council (NRC) (2001), el contenido ideal del extracto etéreo en gramíneas tropicales suele estar entre 2 y 3 %, comparando el tratamiento que no recibió aporte de nitrógeno se podría decir que mostró un contenido de EE bastante acorde a estos rangos. Otros estudios mencionan que en pasto estrella generalmente se encuentra en el rango de 0,81 % a 2,67 %, dependiendo de la variedad y las condiciones de

crecimiento (Villalobos y Arce, 2014), siendo T2 el que quizás dista de estos valores.

Los niveles de P, Ca y Mg mostraron diferencias ($P<0,05$). En pastos tropicales, los contenidos ideales P, Ca y Mg oscilan entre 0,13 %-0,23 %; 0,23 %-0,3 % y 0,11 %, respectivamente (NRC, 2001). Las fuentes nitrogenadas incrementaron levemente lo indicado para el P y Ca. Este mismo comportamiento se evidenció de una forma más notable para Mg, pero su efecto duplico (T2) y casi triplico (T3) los niveles reseñados por NRC. Aun así, se podría afirmar que los contenidos de P, Ca y Mg encontrados en esta investigación están en concordancia con los niveles sugeridos para suplir los requerimientos de vacas con producciones de leche menores a 11 Kg de leche/día (NRC, 2001), tal como encontramos en los sistemas ganaderos lecheros tradicionales del estado Trujillo con producciones que no superan los 10 Kg de leche/vaca/día (Quintero et al., 2018, Perdomo-Carrillo et al., 2020; Cegarra et al., 2024).

Con relación a CEN el mayor contenido se encontró en T2 ($P<0,05$). Si bien se ha señalado que en pasto estrella, la ceniza representar del 10-12 % de su MS (Villalobos y Arce, 2014; Perdomo-Carrillo, 2017), esta puede variar de acuerdo con la fertilización, donde solo el tratamiento con nanofertilizante mostró valores que coinciden con el porcentaje mencionado. Otros estudios muestran contenidos de CEN que oscilan entre 11,52 % y 11,72 %, siendo atribuido a edades de cosecha de 35 y 55 días, las cuales son mayores que la usada en el presente ensayo (Solano y Villalobos, 2024). La menor cantidad obtenida en T3 puede estar favorecido por la edad de cosecha, la fuente de nitrógeno, así como la disponibilidad de minerales presentes en el suelo que pueden influir en la

reducción de cenizas en el pasto estrella (Villalobos y Arce, 2014).

El Cuadro 6 muestra la biomasa del pasto estrella con dos edades de corte, evidenciándose un efecto de la edad de cosecha a los 42 días sobre % MS y la DMS ($P < 0,05$). Esto estaría relacionado a que el

pasto estrella ha tenido más tiempo para su desarrollo y acumulación de biomasa (fresca y seca). Considerando que la DMS del pasto estrella puede variar entre 450 Kg/ha y 7500 Kg/ha (Ferrufino-Suárez et al., 2022), los valores obtenidos en el Experimento 2, se ven favorables a expensas de lo producido en el Experimento 1.

Cuadro 6. Efecto de nanofertilizantes sobre la producción de biomasa en pasto estrella a los 28 y 42 días (Cynodon nlemfuensis) en Trujillo, Venezuela.

Edad de corte	Biomasa fresca (Kg/ha)	% de Materia Seca (%MS)	DMS(Kg/ha)
28 días	13541	28,37b	3830b
42 días	13771	32,61a	4062a

Letras diferentes en la misma columna difieren entre sí, según la Prueba de Tukey: ^{ab} $P < 0,05$

Algunas experiencias desarrolladas tanto en Venezuela como en otros países de América Latina con pasto estrella han determinado valores desde 20,25 % hasta 31,07 % de MS (Villalobos y Arce, 2014; Perdomo-Carrillo, 2017; Solano y Villalobos, 2022), los cuales se muestran variables debido a efectos de fertilizantes, época del año, edad de cosecha; pero que en parte guardan relación a los tenores del Experimento 2, lo permite estar en un rango óptimo para garantizar el consumo y la nutrición animal (Mislevy, 2002).

La PC mostró diferencias ($P < 0,05$) entre las dos edades evaluadas, correspondiendo el mayor contenido a los 28 días, lo que pudiera estar relacionado con el aumento de la MS (Cuadro 7). Esto se debe a que, con una edad más avanzada, los pastos tropicales almacenan mayores contenidos de carbohidratos estructurales y menos proteína en sus tejidos, reduciendo su calidad nutricional (Ferrufino-Suárez et al., 2022). Otras experiencias con la misma

poácea también reportaron similar comportamiento (Maya et al., 2005).

A pesar de que el uso de nanofertilizantes en pastizales tropicales son escasos, resultados preliminares sugieren que podrían mejorar la calidad nutricional (González, 2019; Alfaro et al., 2020); sin embargo, es necesario otras investigaciones para confirmar estos hallazgos y entender los mecanismos específicos de acción ya que la calidad nutricional del pasto reflejada en el tenor proteico, evidenció el típico desarrollo fenológico de los pastos tropicales al envejecerse, observándose mayor cantidad de FC y menor contenido de PC cuando el pasto se cortó a los 42 días; es decir hubo una reducción de $\approx 1,63$ valores porcentuales en PC (T1: 14,38; T2: 12,75) e incremento de $\approx 1,8$ % en el contenido fibroso (T1: 27,1; T2: 28,8), por lo que el proceso de absorción foliar deberá en un futuro inmediato ser objeto de estudio a fin de poder establecer la mejor vía de translocación.

Cuadro 7. Efecto de nanofertilizantes sobre valores nutricionales del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) a una edad de corte de 28 y 42 días

Parámetros (%)	T1	T2
PC	14,38a	12,75b
FC	27,1	28,8
EE	0,92	0,76
P	0,33a	0,16b
Ca	0,34	0,32
Mg	0,18	0,16
CEN	14,5a	8,7b

Proteína Cruda (%PC), Fibra Cruda (FC), Extracto Etéreo (EE), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Fósforo (P) y Cenizas (CEN).

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas: ^{ab}P<0,05

La FC exhibió mayor contenido cuando se cosechó a los 42 días (P<0,05). A estas mismas observaciones llegaron Maya et al. (2005) y Toro et al. (2010), los cuales atribuyen un efecto del crecimiento vegetativo de la planta, en el que, a mayor madurez, se aumentó el contenido de carbohidratos estructurales y se redujo el contenido de nitrógeno; por consiguiente, disminuye el porcentaje de proteína y demás compuestos que constituyen el contenido intracelular. Esto abre una posibilidad de evaluar otra edad de cosecha para ver si, por ejemplo, a los 35 días existe un tenor de proteína similar al obtenido a los 28 días, pero sin mayor enriquecimiento en el contenido de FC (carbohidratos fibrosos); tal como lo observaron Maya et al., (2005). Adicionalmente se estaría abordando otro aspecto sobre de la aplicación de estos nanofertilizantes; ya que, como cualquier otro fertilizante foliar, su uso presenta efectos positivos en el crecimiento y rendimiento (González, 2019). La combinación de los tres compuestos podría ser ventajosa si se conoce el momento exacto para su aplicación (González, 2019; Alfaro et al., 2020).

No se encontraron diferencias en el EE (P>0,05). El contenido en Experimento 2 también estaría inferior a los referidos para gramíneas tropicales del 2 % y 3 %, comparando al Experimento 1, estos valores se podrían considerar más críticos (NRC, 2001), lo que puede afectar la absorción de algunas vitaminas y la función de algunos órganos. Otros estudios tampoco han evidencian diferencias en iguales periodos de tiempo (Maya et al., 2005).

El mayor contenido de P se obtuvo con menor tiempo de cosecha (P<0,05). Se observa disminución en la medida que el pasto tiene una edad más avanzada (42 días), lo cual estaría por debajo del nivel crítico (0,22 %) para un correcto aporte de este mineral en bovinos, principalmente (NRC, 2001). El Ca y Mg no difirieron estadísticamente (P>0,05). Para ambas edades de corte, el nivel de calcio fue superior al nivel crítico para cubrir los requerimientos del animal (0,22 %), lo que puede verse positivo al tratarse de una combinación de nanofertilizantes (N-TOP® + Matriz K® + Total Zinc®). El Ca forma parte de la pared celular, y como elemento nutritivo no se

ve movilizado de las hojas maduras a las jóvenes u otra parte reproductivas de gramíneas (Rodríguez, 1996; Whitehead, 2000), por lo que se acumula en hojas maduras, aun en etapa de senescencia que suele manifestarse, en un periodo de tiempo que puede superar los 60 días después de un corte o pastoreo (Perdomo-Carrillo, 2017). Siendo potencialmente favorable el uso combinado de estos nanofertilizantes, al mantener los niveles de Ca. El Mg estuvo ligeramente superior a lo indicado por el NRC (2001), pero con un nivel suficiente para cubrir las necesidades de un bovino en crecimiento (0,10 %); considerando que los forrajes tropicales en su mayoría presentan concentraciones de magnesio menores de 0,20 %, los valores producto combinado de los tres nanofertilizantes se pueden catalogar similar.

Las CEN mostraron diferencias según la edad de cosecha ($P < 0,05$). Si bien se ha señalado que en pasto estrella, la ceniza representar del 10-12 % de su MS, el valor del T2 fue más reducido. Otros autores como Solano y Villalobos (2024), evaluando la misma especie a una edad de 35 y 55 días, encontró valores que oscilan entre 11,52 % y 11,72 %, los cuales se muestra de menor contenido al exhibido el pasto a los 28 días de corte.

Conclusiones

El uso de nanofertilizantes en pasto estrella viene a representar una alternativa en la fertilización de pastizales tropicales. Sin bien es cierto que los dos experimentos mostraron ciertos incrementos en el contenido nutricional y producción de materia seca, aún falta su evaluación para comprender mejor el proceso de absorción, considerado la especie de poácea tropical. Los rendimientos de materia seca se

mostraron favorables para las condiciones donde se desarrollaron los dos experimentos y el contenido de nutrientes, principalmente la PC estuvo sobre el 14 %, y la FC mostró una tendencia a incrementarse a mayor tiempo de cosecha. El contenido de P, Ca y Mg mostraron incrementos en los valores apropiados para garantizar un aporte adecuado en bovinos, por lo que podrían ser considerados en concordancia con los niveles requeridos por animales en producción, principalmente hembras en ordeño.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Semillas Valera C.A y al Ing. Francor Cabezas, por su colaboración en la donación de los productos empleados en el trabajo de investigación.

Referencias

- Alfaro M, Mejías J y Salazar F. 2020. Nanofertilizante de aplicación foliar para su uso en praderas. *Revista Campo y Tecnología*. 17: 14-15.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 17th edition.
- Borges J, Mariana B y Escalona O. 2012. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Zootecnia Tropical*. (30): 17-25.
- Botero R. 1997. Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales. En: III Seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. UNELLEZ, Barinas, Venezuela.

- Cegarra D, Perdomo D, García M, Perea M, Piña J, Barreto A y Perea F. 2024. Buenas prácticas ganaderas para promover el bienestar animal en ganado mestizo Carora a pastoreo en el piedemonte andino venezolano. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 32 (4), 199-210. <https://doi.org/10.53588/alpa.320405>
- Elizondo J.A. 2022. El consumo de materia seca en el ganado de leche. ALPA en el Campo. 1(2):15-18.
- Ferreira P, Ferreira M, Nagila M, Vieira M y Da Silva V. 2023. Morfogénesis de plantas forrajeras tropicales. En: Ferreira (Ed.), Pastizales tropicales: de los fundamentos al uso sustentable (pp. 105-130). Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
- Ferrufino-Suárez F, Mora-Valverde D, y Villalobos-Villalobos L. 2022. Biomasa y bromatología del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) con cinco períodos de rebrote. Agronomía Mesoamericana. 33(2): 47746. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47746>
- González B. 1997. Manejo del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*). En III Seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. UNELLEZ, Barinas, Venezuela.
- González P. 2019. Fertilizantes foliares Generalidades. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria. Chile, 3 p.
- Martínez, F. 2019. Ficha técnica del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Disponible en línea en: <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-estrella/>
- Maya G, Durán C y Ararat J. 2005. Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con leucaena a diferentes edades de corte durante el año. Acta Agronómica, 54(4): 41-46.
- Mislevy P. 2002. Stargrass. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Gainesville, USA. 4 p.
- Morais L.B. 2013. Morfogênese e produção de fitomassa de cultivares do gênero *Cynodon* submetidos a doses crescentes de nitrogênio. (Tese de Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Brasil.
- National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7ª Ed.). National Academy Press, Washington, D.C.
- Ordoñez J. 2005. Respuesta a la fertilización nitrogenada en Venezuela. En IX Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. UNELLEZ, Barinas, Venezuela.
- Paris W., Tonion R, Martinello C, Sartor R, Matielo de Paula F, and Oliveira J. 2016. Productivity and nutritional value of African Star managed with different leaf blade mass. Acta Scientia, Animal Science, 38(1): 31–36. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i1.28549>
- Perdomo-Carrillo D.A. 2017. Evaluación morfoestructural y rendimiento de materia seca en pastizales tropicales, Mombaza (*Panicum maximum*) y Tifton 85 (*Cynodon* sp.), realizada en la Finca “Ganadería El 50 C.A”, municipio La Cañada de Urdaneta, estado Zulia. Universidad del Zulia.
- Perdomo-Carrillo D.A. 2019. Evaluación morfoagronómica de especies forrajeras en el Fundo La Beticó, parroquia La Paz, municipio

- Pampán del estado Trujillo. Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela.
- Perdomo-Carrillo DA, Cegarra V, Quintero J y Piña J. 2020. Estrategias forrajeras sustentables para mejorar la productividad en fincas lecheras del municipio Boconó, Trujillo, Venezuela. *ACADEMIA*. 18(2): 98-106.
- Perdomo-Carrillo D.A., Quintero J, Delgado D, Rosales H, Delgado D, Pacheco V, Piña J, y Perea F. 2022. Caracterización forrajera en fincas lecheras familiares del estado Trujillo, Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. (30): 91-93.
- Perozo-Bravo A. Criterios para un manejo eficiente de pastizales a pastoreo en el trópico bajo. En: González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Soto-Belloso E (Eds). 2011. *Innovación y Tecnología en la Ganadería Doble Propósito*. Maracaibo: Astro Data, p. 290-303.
- Perozo A y Razz R. 2014. Buenas prácticas para el manejo de pasturas en sistemas de Ganadería de Doble Propósito. En: Y. Villasmil-Ontiveros. (Ed.), *Buenas prácticas en Ganadería Doble Propósito* (pp. 213-221). Maracaibo: Ediciones Astro Data.
- Quintero J, Cegarra V, Perdomo-Carrillo D y González F. 2018. Caracterización del sistema de producción lechero en una comunidad de los Andes venezolanos. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 23(2), 32-39.
- R Core Team. 2024. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rodríguez S. 1996. *Fertilizantes - nutrición vegetal*. A.G.T. Editor, S.A. Tercera reimpresión. Impreso y hecho en México Distrito Federal.
- Solano M y Villalobos L. 2022. Fertilización nitrogenada en pastos del género *Cynodon*. *Nutrición Animal Tropical*. (16): 82-104.
- Solano M y Villalobos L. 2024. Nutritive value of African stargrass with organic and inorganic fertilizers. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. (32), 95-107. <https://doi.org/10.53588/alpa.320205>.
- Toro P, Berchielli T, Reis T, Rivera R, Moura A, Molina P e, Teixeira I. 2010. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(6), 1206–1213. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000600007>
- Villalobos, L. y J. Arce. (2014). Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monte Verde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense* (38), 133-145.
- Villalobos L. 2022. Fichas de forrajes (piso, corte, arbustivas). Red Nacional de Pastos y Forrajes. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Whitehead D. 2000. *Nutrient elements in grassland. Soil-Plant-Animal. Relationships*. CABI, Publishing. USA. 360 p.

Autores

Perdomo Carrillo Daniel Antonio. Ingeniero de Producción en Agroecosistemas. Profesor Asociado. Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA). Departamento de Ciencias Agrarias. NURR, ULA. Trujillo, Venezuela. Investigador PEI-ULA y PEII-ONTI. Línea: Análisis de Sistemas de Producción Animal, Forrajicultura y Acuicultura Continental. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8403-1247>. e-mail: dperdomocarrillo@gmail.com

García Linares María Aidee. Ingeniera de Producción en Agroecosistemas. Egresada del Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela. Línea: Sistemas de Producción Animal y Forrajicultura. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9683-5147>

González Diomary Rosalia. Ingeniero de Producción Animal. MSc. en Gerencia Agraria y Dra. en Ciencias Humanas. Profesora Titular Jubilada del Núcleo Universitario "Rafael Rangel" (NURR-ULA), adscrita al Departamento de Ciencias Agrarias. Investigadora PEI-ULA y PEII-ONTI. Coordinadora del Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA). Línea: Sistemas de Producción Animal, Gerencia Agropecuaria, Agronegocios. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6355-5088>

Graterol Uzcategui Karen Yajaira. Ingeniero Agrícola. MSc. Horticultura, mención Fruticultura. Profesora Asistente. Miembro del Grupo de Investigación de Fisiología de Poscosecha. Departamento de Biología y Química. NURR, ULA. Trujillo, Venezuela. Investigador PEI-ULA y PEII-ONTI.

Línea de investigación: Fisiología de Poscosecha. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9326-4633> e-mail: graterolkrn@gmail.com

Bentancourt González Wesley Lindsay. Ingeniero en Computación, Licenciada en Educación. MSc. en Informática Educativa. Doctora en Educación. Profesora UNERS, Sede Valera. Investigadora acreditada PEII/ONCTI/MPPPCyT, Gerencia y Tecnología, Formación y desarrollo de emprendedores. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5747-2403>

Gechele Ramírez José David. Ingeniero de Producción en Agroecosistemas. Egresado del Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela. Línea: Sistemas de Producción Animal. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8442-7217>