

REVISIÓN DE LITERATURA

Fertilización nitrogenada en pastos del género *Cynodon*

Marvin J. Solano-López¹, Luis A. Villalobos-Villalobos²✉

RESUMEN

La fertilización nitrogenada de pasturas es una práctica agronómica utilizada para incrementar el rendimiento en forrajes. En esta investigación se revisó literatura en distintos países de América con el objetivo de identificar el efecto de la fertilización nitrogenada inorgánica y orgánica en distintas dosificaciones sobre la producción y calidad de pastos del género *Cynodon*. La información se analizó agrupando el tipo de fertilizante y las dosis de uso de nitrógeno (N). En los fertilizantes inorgánicos se encontraron rangos de dosificación entre 25 hasta los 400 kg N/ha por año. La información se relacionó con la respuesta productiva de los pastos del género *Cynodon* en términos de producción de biomasa fresca y seca; materia seca (%MS); proteína cruda (%PC); fibra detergente neutra (%FDN); fibra detergente ácida (%FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%DIVMS). La producción de MS fue mayor para fertilizantes orgánicos. La PC fue superior para aplicaciones de nitrógeno en dosis mayores a 201 kg N/ha y tratamientos orgánicos. El porcentaje de MS fue más grande para dosis de N de 101-200 kg N/ha (27,4%). La FDA y la FDN obtuvieron menores valores para dosis de N >201 kg N/ha (63,3% y 31,7%). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca presentó valores superiores para dosis de N de 25-100 kg N/ha. La producción de biomasa fresca fue mayor para los fertilizantes orgánicos (13 723 kg N/ha). La altura de la planta tuvo valores similares para fertilizantes orgánicos y para tratamientos de N de 25-100 kg N/ha (40,90 cm y 40,78 cm). Debido al comportamiento diverso para las variables productivas, nutricionales y fisiológicas

¹Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Candidato a Doctorado Académico en Ciencias Agrícolas, Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. San José, Costa Rica. Correo electrónico: jarothsolano@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-1213-9355>).

²✉ Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: luis.villalobosvillalobos@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0001-5653-5678>).

Recibido: 09 agosto 2021 Aceptado: 20 junio 2022

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



presentadas en esta revisión, los productores deben establecer parámetros con base en los objetivos del sistema con el fin de poder elegir dosis y tipo de fertilizante que se ajusten a las necesidades de sus pasturas.

Palabras clave: fertilizantes, nitrógeno, pastos, calidad, producción.

ABSTRACT

Nitrogen fertilization in grasses of the genus *Cynodon*. Nitrogen fertilization of pastures is an agronomic practice used to increase forage's yield. In this research, literature was reviewed in different countries of America with the objective of identifying the effect of inorganic and organic nitrogen (N) fertilization in different dosages on the production and quality of *Cynodon's* grasses. The information was analyzed by grouping the type of fertilizer and the doses of N. For inorganic fertilizers, dosage ranges from 25 to 400 kg N/ha per year were found. The information was related to the productive response of *Cynodon's* grasses in terms of fresh and dry biomass production; dry matter (%DM); crude protein (%CP); neutral detergent fiber (%FDN); acid detergent fiber (%FDA) and in vitro digestibility of dry matter (%DIVMS). DM production was higher for organic fertilizers. CP was higher for nitrogen applications at doses greater than 201 kg N/ha and organic treatments. DM percentage was higher in N doses of 101-200 kg N/ha (27.4%). The FDA and NDF obtained lower values for N doses >201 kg N/ha (63.3% and 31.7%). The *in vitro* dry matter digestibility was higher in N doses of 25-100 kg N/ha. Fresh biomass production was higher in organic fertilizers (13 723 kg N/ha). Plant height had similar values in organic fertilizers and in N treatments of 25-100 kg N/ha (40,90 and 40,78 cm). Due to the diverse behavior of the productive, nutritional, and physiological variables presented in this review, producers should establish parameters based on system objectives, in order to choose doses and type of fertilizer that covers the needs of their pastures.

Keywords: fertilizers, pasture, nitrogen, quality, production.

INTRODUCCIÓN

Se estima que, en la mayor parte de los suelos tropicales, el nitrógeno (N), el potasio (K) y el fósforo (P) son algunos de los nutrientes de mayor demanda en las pasturas (Ríos et al., 1999). El N suele presentar mayores deficiencias por su elevada demanda en los pastos y por las pérdidas que presenta, en especial su forma inorgánica. La volatilización, lixiviación y desnitrificación son procesos que pueden ocurrir durante la mineralización y transferencia a la planta, siendo responsables de pérdidas de nutrientes en el sistema (Echeverría y Sainz, 2005; Follett y Hatfield, 2001; López et al., 2010).

Los fertilizantes nitrogenados favorecen los procesos fisiológicos y bioquímicos básicos en la planta (Pozo et al., 2001). La deficiencia de N limita la productividad de las gramíneas debido a su acción en el crecimiento expresado como producción de materia seca, así como su efecto en el contenido de proteína cruda y su repercusión en la digestibilidad del forraje (Pezo y García, 2018). A nivel fisiológico, el N también influye en el proceso de desarrollo de nuevos brotes y en el aumento del número de hojas por planta (Cabalceta, 1999; Colussi et al., 2014).

La aplicación de N en pasturas es una herramienta de manejo usada ampliamente por los ganaderos para promover el rendimiento de las pasturas. Debido a que los pastos muestran respuestas productivas diferentes a los estímulos ambientales y al manejo agronómico, se requiere sintetizar la capacidad productiva por medio de un enfoque hacia los géneros de pasturas más usados en ganadería (Pezo y García, 2018; Delevatti et al., 2019; Euclides et al., 2022).

La presente revisión tiene como objetivo describir las experiencias de investigaciones realizadas en torno a fertilización nitrogenada en pasturas del género *Cynodon* y su efecto sobre variables de producción, nutrición y fisiología. Esta información será útil para profesionales y productores en el área pecuaria, permitiéndoles comprender cómo el uso de fertilizantes nitrogenados influye en la productividad de pasturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La revisión se realizó de mayo del 2020 a junio del 2021; durante este periodo se consultó literatura científica de artículos, conferencias y tesis publicados desde 1990 hasta 2021 en las bases de datos de Scopus, Springer Link, Science Direct, Scielo, Semantic Scholar, Google Scholar, Academia.edu, WorldWideScience.org, Dialnet y Elsevier.es. Además, se usaron bases locales como SIBDI y repositorio KÉRWA de la Universidad de Costa Rica.

Se establecieron como criterios de búsqueda investigaciones en las que realizaron aplicaciones de nitrógeno solo o en combinación con otros elementos en distintas dosis. Se utilizaron como términos de búsqueda las siguientes combinaciones de palabras en español: "nitrógeno en pasturas de *Cynodon*" y "fertilización nitrogenada en pasto *Cynodon*". En inglés se utilizaron los mismos términos "Nitrogen fertilization in *Cynodon* Grass" y "Nitrogen effect on *Cynodon* grass". Además, se tomaron en cuenta investigaciones en las que se realizaron validaciones de otros elementos sustitutos de fertilización de nitrógeno como purines, abonos orgánicos y bacterias fijadoras de nitrógeno.

Al finalizar la búsqueda y validar la información de las investigaciones, se logró contar con 23 artículos para la revisión. Se realizó un análisis de las fuentes y dosis de fertilizantes usados en las distintas investigaciones; a las cuales se les realizó estadística descriptiva para determinar las tendencias y hallazgos obtenidos en la revisión realizada.

Se hicieron gráficos plasmando fuentes de fertilización y dosis usadas para poder identificar el comportamiento de las variables productivas, nutricionales y fisiológicas de pasturas del género *Cynodon*.

Para facilitar el procesamiento de la información recopilada, se realizó una tabulación de los datos en Excel. Posteriormente, se agrupó la información en base a la dosis de nitrógeno y el tipo de fertilizante utilizados. Se usaron los siguientes rangos para agrupar los resultados de las investigaciones: sin fertilización, tratamientos orgánicos y tratamientos con dosis de aplicación entre 25-100 kg N/ha, 101-200 kg N/ha y >201 kg N/ha. Los tratamientos orgánicos

fueron agrupados en una sola categoría, comprendiendo distintas formas de presentación como bacterias fijadoras de nitrógeno, purines, compost, vermicompost, lombriabono y ALOFA (abono orgánico líquido mineralizado).

Una vez tabulada y agrupada esta información se procedió a generar promedios, por medio de la desviación estándar. Además, se generaron gráficas para expresar de una forma clara los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Localización de las investigaciones

Los países donde se encontró mayor número de investigaciones sobre fertilización en pasturas de género *Cynodon* fueron Estados Unidos (22%), Brasil (17%), Venezuela y Costa Rica (ambos con 13%); en menor proporción: Colombia, Argentina, Cuba y Ecuador con 9% cada uno (Figura 1).

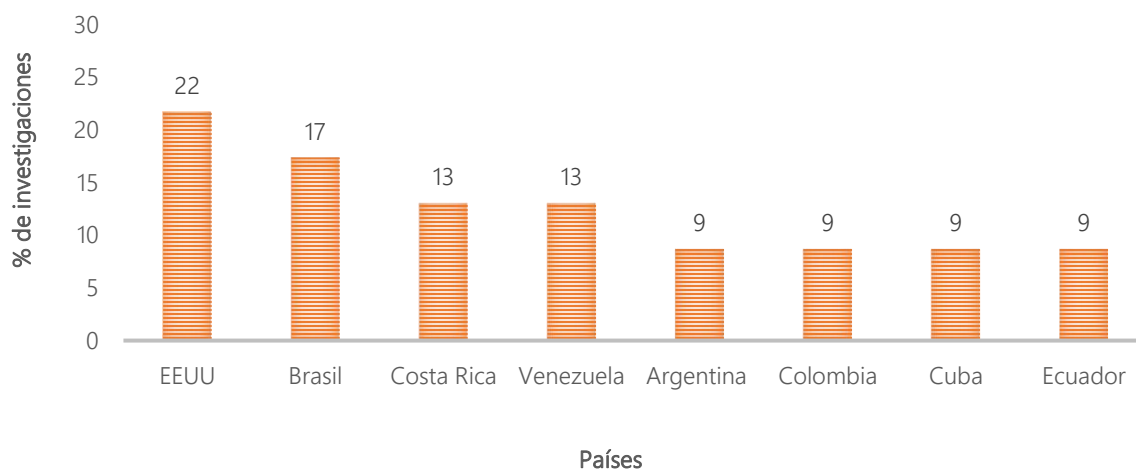


Figura 1. Distribución de las investigaciones consultadas (n= 23).

Adaptado de Ortega y González, 1990; Urbano, 1997; da C. Lima et al., 1999; Pozo et al., 2001; Johnson et al., 2001; Adjeil et al., 2002; Pozo y Herrera, 2004; Garay et al., 2004; Cecato et al., 2008; Vera y Martín, 2011; Borges et al., 2012; Chacón et al., 2014; WingChing-Jones y Lorío, 2016; Sanches et al., 2017; Loreno et al., 2017; Holland et al., 2018; Manica y Gai, 2018; Méndez et al., 2019; Arteaga et al., 2019; Montes et al., 2020; Muñoz, 2020; Elizondo y Espinoza, 2021).

Es notable un mayor número de investigaciones en Estados Unidos, lo que posiblemente se debe a que el género *Cynodon* es utilizado ampliamente en las regiones del sureste de dicho país; principalmente cultivares del pasto Bermuda (USDA, 2020). Asimismo, en Brasil, este pasto es muy utilizado en sistemas integrados de ganado, debido a su buena producción de forraje (Ros et al., 2018).

En Centroamérica y América del Sur, el pasto *Cynodon* se caracteriza por tener alta adaptabilidad a distintos tipos de ambientes y suelos (Vendramini y Mislevy, 2002). Es usada como una gramínea que, en condiciones favorables de crecimiento, es altamente productiva; en especial al cultivar estrella africana, el cual favorece el aporte de nutrientes para la producción de leche en fincas especializadas (Adjei et al., 1980; Villalobos y Arce, 2014).

Fuentes de fertilizantes utilizadas

Según las investigaciones consultadas, el 57% utilizó fuentes de fertilizantes nitrogenadas en distintas proporciones (Urea, Nitrato de amonio, Urea con azufre) (Figura 2); lo cual podría atribuirse a que el N en forma inorgánica tiende a estar disponible para ser absorbido por la planta más rápidamente (Han et al., 2016).

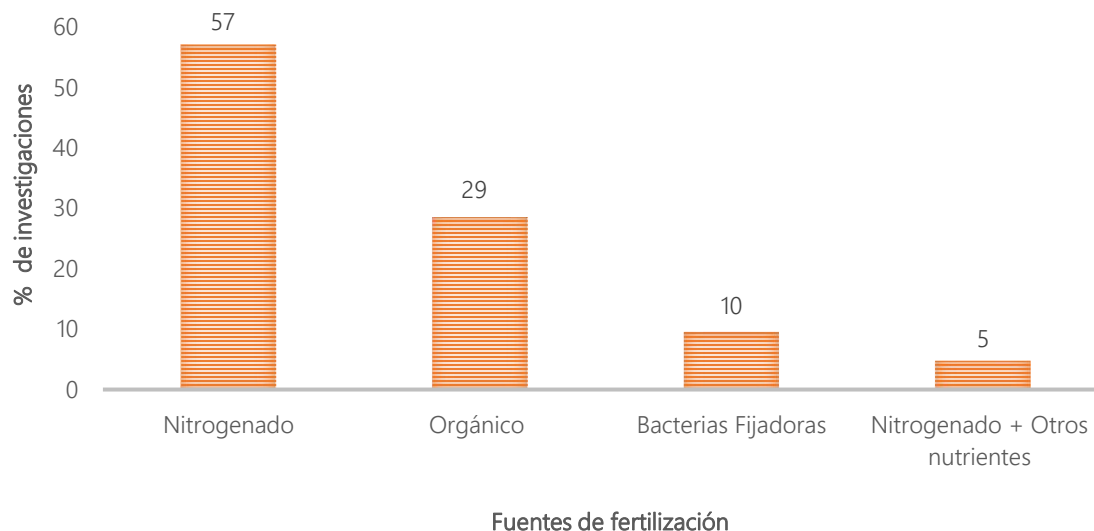


Figura 2. Fuentes de fertilización identificadas en las investigaciones consultadas (n= 23). Adaptado de Ortega y González, 1990; Urbano, 1997; da C. Lima et al., 1999; Pozo et al., 2001; Pozo y Herrera, 2004; Johnson et al., 2001; Adjeil et al., 2002; Garay et al., 2004; Cecato et al., 2008; Vera y Martín, 2011; Borges et al., 2012; Chacón et al., 2014; WingChing-Jones y Lorío, 2016; Sanches et al., 2017; Loreno et al., 2017; Holland et al., 2018; Manica y Gai, 2018; Méndez et al., 2019; Arteaga et al., 2019; Montes et al., 2020; Muñoz, 2020; Elizondo y Espinoza, 2021.

Los fertilizantes orgánicos comprendieron el 29% de las investigaciones, 10% para bacterias fijadoras de nitrógeno y 5% para fertilizantes nitrogenados combinados con otros nutrientes.

El uso de estas fuentes es una alternativa de disposición de nutrientes que se vienen implementando con mayor frecuencia en las explotaciones ganaderas, y son un medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos (Ramos y Terry, 2014). Dan la opción de reintegrar al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Ramos y Terry, 2014).

Diversas experiencias se han ejecutado en relación con el uso de alternativas de fertilizantes orgánicos en el cultivo de pastos. En Colombia y Costa Rica se han puesto a prueba tratamientos con compost, purines y vermicompost, en donde se han logrado producciones de pasto con contenidos de MS entre los 21-33% y PC de 12-14%; lo que demuestra que esta opción es importante para mejorar la producción y calidad de forrajes (Adjeil et al., 2002; Chacón et al., 2014; WingChing-Jones y Lorío, 2016; Muñoz, 2020; Elizondo y Espinoza, 2021).

Producción de materia seca

La producción de materia seca (expresada en kilogramos por hectárea por año) fue mayor en tratamientos orgánicos. Seguido de fertilizantes con rango de dosis de entre 101-200 kg N/ha, y por el de 25-100 kg N/ha (Figura 3), indicando que hubo una eficiencia en el uso del nitrógeno mayor en dosis medias para pastos del género *Cynodon*.

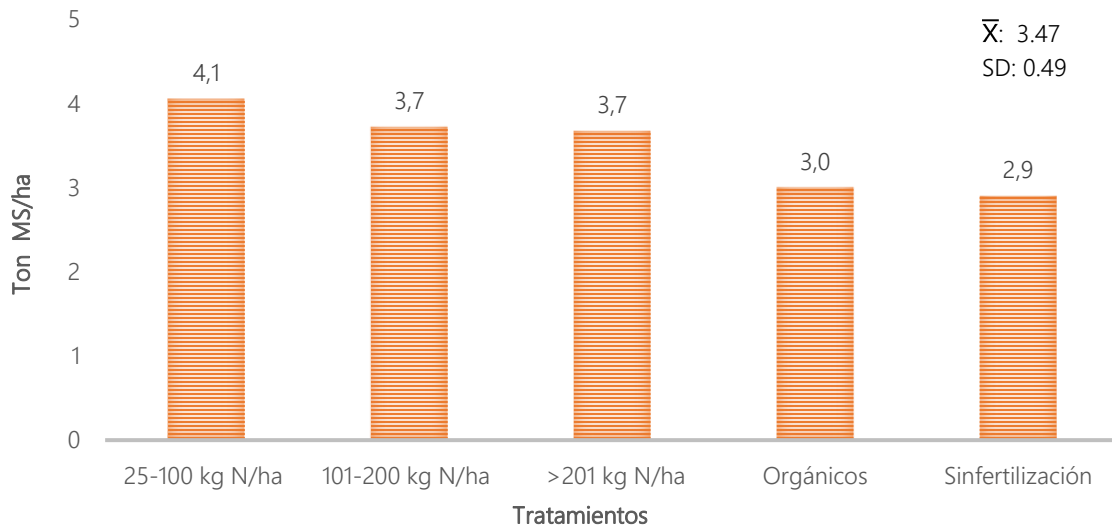


Figura 3. Producción de materia seca Ton MS/ha en distintos tratamientos de fertilizantes nitrogenados y orgánicos usados (n=43).

Adaptado de Arteaga et al., 2019; Cecato et al., 2008; Chacón et al., 2014; Holland et al., 2018; Loreno et al., 2017; Méndez et al., 2019; Pozo et al., 2001; Urbano, 1997; Vera y Martín, 2011; WingChing-Jones y Lorío, 2016.

Con excepción de los estudios donde no hubo aplicación de nitrógeno (Control), la producción de biomasa fue similar al utilizar dosis superiores a 100 kg N/ha así como al aplicar fertilizantes orgánicos (Figura 3). Dosis de > 201 kg N/ha mostraron una diferencia en la producción de más de una tonelada de materia seca por hectárea con referencia a la dosis de nitrógeno más baja.

Resultados similares reportaron Vargas y Boschini (2011), con dosis bajas de fertilizante se tuvo un mejor comportamiento en la producción de materia seca. Asimismo, Villalobos (2010) indicó que existía una disminución del contenido de materia seca cuando se tenían pastos con alta fertilización y en periodos húmedos.

Esto indica que la implementación de planes de fertilización debe considerar la dosis, el momento de fertilización y el fraccionamiento, para lograr mayor eficiencia en la utilización del nutriente. El utilizar dosis mayores tiende a reportar incrementos marginales en la producción de biomasa seca (Gutiérrez et al., 2018) (Figura 3).

Diversos autores han reportado producciones de MS de 2000 hasta 5000 kg/ha, usando dosis de fertilización nitrogenada con dosis menores a los 100 kg N/ha por año (Arteaga et al., 2019; Pozo et al., 2001; Pozo y Herrera, 2004; Borges et al., 2012; Lima et al., 1999). Otros autores reportan que usando dosis mayores a 100 kg N/ha y menores a 160 kg N/ha han obtenido producciones de 3000 a 4900 kg de MS/ha (Holland et al., 2018; Sanches et al., 2017; Garay et al., 2004; Urbano, 1997). Lo cual indica que dosis mayores de fertilizantes no necesariamente equivalen a producciones mayores de MS.

Según Wilman (1975) y Peyraud y Astigarraga (1998), existe un efecto de dosis bajas de fertilización sobre la producción de materia seca, donde, a medida que aumentan los niveles de N por aplicación, este elemento se vuelve menos importante para la producción de la MS. Esto podría relacionarse con la eficiencia de absorción de la planta y las pérdidas que se pueden obtener con dosis más altas de fertilizantes (Gutiérrez et al., 2018; Pezo y García, 2018).

Eficiencia agronómica del Nitrógeno

Utilizando la información de las investigaciones encontradas se estimó el incremento en biomasa por kg de N aplicado (eficiencia agronómica); esto con el objetivo de determinar el efecto de este elemento sobre la producción de materia seca por hectárea. La eficiencia agronómica mostró mejores resultados con dosis de 101-200 kg N/ha por año (Figura 4), con indicadores superiores a 3,89 kg MS N/ha. Las dosis de 25-100 kg N/ha tuvieron eficiencias más bajas en relación con la utilización del nitrógeno.

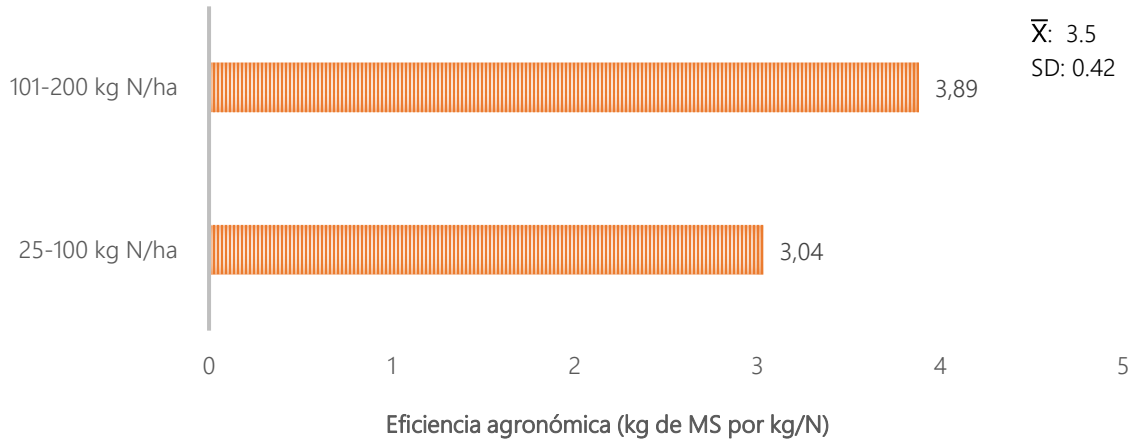


Figura 4. Eficiencia agronómica de las distintas dosis de nitrógeno.
 Adaptado de Elizondo y Espinoza, 2021; Arteaga et al., 2019; Pérez, 2014.

La eficiencia en el uso del N es un indicador agronómico y posee un impacto a nivel económico sobre el uso de fertilizantes nitrogenados en las explotaciones ganaderas. Por ejemplo, se ha reportado que el uso de dosis de 200 kg N/ha en pastos del género *Cynodon* han mostrado mejoras en el proceso de fotosíntesis, producción de rebrotes, incremento del área foliar, longitud de los tallos y hojas (Urbano, 1997). Asimismo, la eficiencia del N es más alta conforme se incrementa la cantidad aplicada en las pasturas, lo cual sugiere una mejora en el aprovechamiento y asimilación del N en la planta; esto se refleja en incrementos de los rendimientos productivos (Arteaga et al., 2019).

Biomasa fresca y altura de la planta

Los rendimientos en cuanto a la producción de biomasa fresca fueron mayores para las fuentes orgánicas (Cuadro 1), mientras que las dosis de 101-200 kg N/ha y 25-100 kg N/ha (10 723 kg/ha y 7 812 kg/ha, respectivamente) se ubican en segundo y tercer lugar en relación con respecto a la producción de biomasa fresca.

Cuadro 1. Producción de biomasa fresca y altura de la planta (n=17).

Dosis de Nitrógeno	Biomasa fresca (kg/ha)	Altura (cm)
101-200 kg N/ha	10 723	35,5
25-100 kg N/ha	7 812	40,9
>201 kg N/ha	*NR	36,4
Orgánicos	13 723	40,7

*NR: No Reportado.

Adaptado de Arteaga et al., 2019; Borges et al., 2012; Chacón et al., 2014; Muñoz, 2020; Ortega y González, 1990; Pozo y Herrera, 2004; Urbano, 1997; WingChing-Jones y Lorío, 2016.

La altura mostró valores similares para dosis de 25-100 kg N/ha y fertilizantes orgánicos, mostrando datos de 40,9 cm y 40,78 cm respectivamente. Sin embargo, la producción de biomasa fresca de la dosis de los 25-100 kg N/ha estuvo muy por debajo del tratamiento orgánico, lo que indica que no existe una relación lineal entre la altura y la producción de biomasa.

Los resultados de estas variables de crecimiento de pasturas difieren de lo encontrado por Borges et al. (2012), en donde expresan que tratamientos inorgánicos presentaron buenos resultados en las variables productivas y en la altura de la planta, lo que supone que puede existir un efecto temporal como resultado de la aplicación de fuentes orgánicas. Algunas de estas fuentes se aplican en forma líquida, como purín, lo cual ha mostrado respuestas variables en la productividad de pastos del género *Cynodon* (Pérez y Muñoz, 2021).

Componentes nutricionales asociados a la fertilización

Proteína y materia seca

En el rango de fertilización de 101 a 200 kg N/ha se presentaron contenidos porcentuales de materia seca mayores en comparación con el resto de las dosis de aplicación encontradas (Figura 5). Dicho contenido fue similar en los estudios con dosis de aplicación mayores a >201 kg de N/ha y para tratamientos orgánicos.

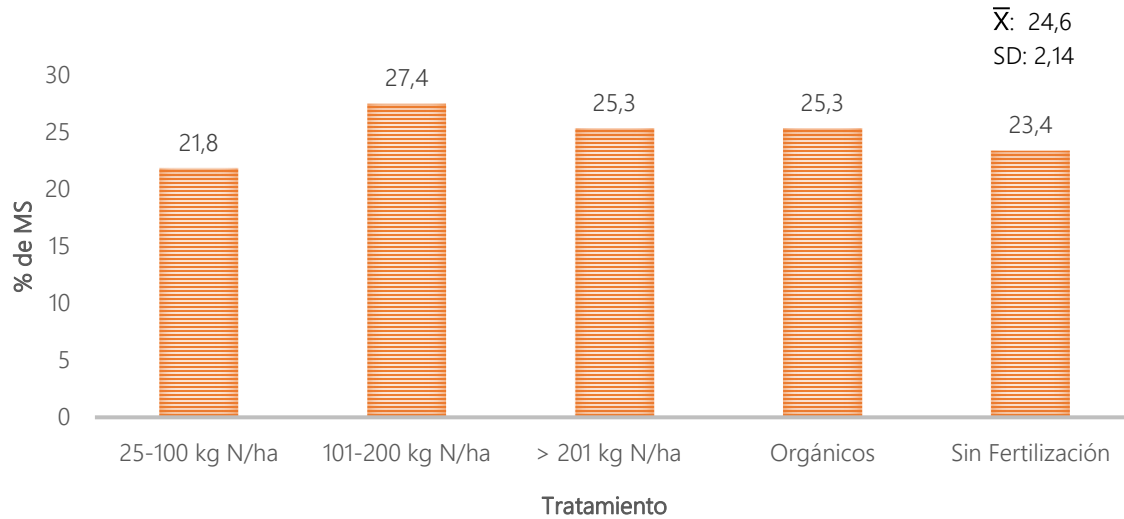


Figura 5. Porcentaje de materia seca en las investigaciones consultadas (n=18). Adaptado de Borges et al., 2012; Chacón et al., 2014; Manica y Gai, 2018; WingChing-Jones et al., 2016; Montes et al., 2020.

El rango de dosis de nitrógeno de 25-100 kg N/ha fue el que tuvo menores proporciones de materia seca (Figura 5), seguido por los fertilizantes orgánicos. Según lo observado, las dosis intermedias de fertilización nitrogenada muestran una respuesta más eficiente en el contenido de materia seca en pasturas del género *Cynodon*. Sin embargo, esto va a depender también de la edad de cosecha del pasto como factor determinante en la acumulación de materia seca (Silveira et al., 2015); así como de las características de fertilidad del suelo y los requerimientos del pasto.

En el caso de los abonos orgánicos, su efecto puede verse limitado por el contenido de agua, carbohidratos de reserva y proteínas en las plantas; los cuales pueden variar en relación inversa con la materia seca (Apraez y Crespo, 2007). De igual forma, es conocido que los abonos orgánicos requieren más tiempo para que la planta pueda absorber y hacer disponibles los nutrientes que provienen de estas fuentes.

El contenido de proteína cruda mostró, en esta revisión, valores promedio mayores en los estudios donde se aplicaron abonos orgánicos (Figura 6); seguido por el tratamiento con dosis de N >201 kg/N ha. El contenido proteico indica cómo la variable se modifica al aumentar la

dosis de nitrógeno en pastos (Funderburg et al., 2012) y su efecto puede variar dependiendo de la fuente de fertilización.

El N incrementa la cantidad y calidad del pasto, ya que es un componente de los aminoácidos y proteínas que afecta directamente el crecimiento de la planta (Caldas y Vega, 2020). Datos similares se han reportado con el uso de abonos orgánicos, obteniendo datos de proteína con variaciones del 7 al 14%, indicando un buen comportamiento de esta fuente de fertilizantes para este componente nutritivo del pasto (Garcés, 2017; Espinoza y Benavides, 1996).

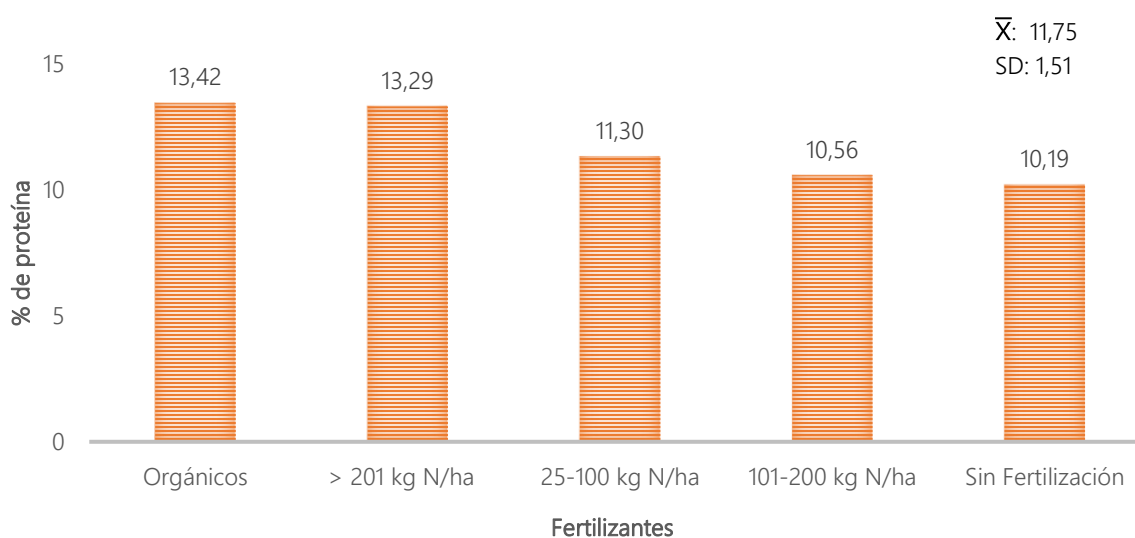


Figura 6. Porcentaje de proteína para dosis de fertilizantes nitrogenados y orgánicos usados. Adaptado de Borges et al., 2012; da C. Lima et al., 1999; Cecato et al., 2008; Garay et al., 2004; Holland et al., 2018; Loreno et al., 2017; Manica y Gai, 2018; Méndez et al., 2019; Montes et al., 2020; Ortega y González, 1990; Sanches et al., 2017; Urbano, 1997.

De acuerdo con la Figura 6, la dosis de nitrógeno en pastos del género *Cynodon* tuvo un efecto positivo sobre el contenido de proteína: dosis mayores de 201 kg N/ha presentaron valores más altos que dosis inferiores en contenido de nitrógeno y fue solamente superado por el tratamiento orgánico. La información observada concuerda con lo reportado por diversos autores, en donde se habla de un efecto positivo del nitrógeno sobre el contenido proteico de las pasturas (Montes et al., 2020; Ortega y González, 1990; Adjeil et al., 2002; Vera y Martín, 2011; Borges et al., 2012).

Otros componentes nutricionales

Los otros componentes nutricionales del género *Cynodon* se lograron identificar a partir del uso de fertilizantes nitrogenados (Cuadro 2). Los estudios encontrados donde se aplicaron fertilizantes orgánicos no reportaron datos de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) ni digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

Aplicaciones de N >201 kg N/ha presentaron contenidos menores de FDA y FDN; lo que indica que estas dosis de N podrían tener un efecto positivo sobre estos componentes. Complementariamente, este efecto positivo en FDA y FDN puede ser provechoso en la digestibilidad y en el consumo de MS. En tanto dosis de 25-100 kg N/ha y >201 kg N/ha presentaron datos mayores de DIVMS.

De acuerdo con Cabascango (2016), los componentes nutricionales se ven influenciados por el nivel de nitrógeno usado y las condiciones climáticas. Las dosis de nitrógeno tendieron a favorecer la DIVMS, la cual es un indicador del aprovechamiento del forraje consumido a nivel gastrointestinal.

Cuadro 2. Componentes nutritivos y fisiológicos del género *Cynodon* fertilizado con distintas dosis de nitrógeno y fertilizantes orgánicos.

Dosis de Nitrógeno	FDN %	FDA %	DIVMS %
25-100 kg N/ha	73,6	33,8	70,7
101-200 kg N/ha	67,6	34,1	58,3
> 201 kg N/ha	63,3	31,7	61,2
Orgánicos	*NR	33,0	*NR

*NR: No Reportado.

Adaptado de Ortega y González, 1990; Urbano, 1997; da C. Lima et al., 1999; Pozo et al., 2001; Johnson et al., 2001; Adjeil et al., 2002; Pozo y Herrera, 2004; Garay et al., 2004; Cecato et al., 2008; Vera y Martín, 2011; Borges et al., 2012; Chacón et al., 2014; WingChing-Jones y Lorío, 2016; Sanches et al., 2017; Lorenzo et al., 2017; Holland et al., 2018; Manica y Gai, 2018; Méndez et al., 2019; Arteaga et al., 2019; Montes et al., 2020; Muñoz, 2020; Elizondo y Espinoza, 2021.

Según Navarro (2019), diferentes rangos de fertilización nitrogenada tienen un efecto determinado sobre los componentes nutritivos, esto debido a que cada nutriente tiene diferentes mecanismos de absorción. Además, se deben considerar otros factores como los edáficos y los climáticos (temperatura, humedad y precipitaciones), los cuales afectan los procesos de absorción y crecimiento de las pasturas (Restrepo y Esteban, 2004; Benítez et al., 2007).

CONSIDERACIONES FINALES

Con la presente revisión se concluye que el uso de N en la producción de forraje contribuye a mejoras en la productividad y la calidad del pasto. La dosis utilizada debe reflejar un nivel de eficiencia adecuado, el cual se verá influenciado por el tipo de fertilizante, tipo de pasturas y el clima. Su uso debe ser acompañado de planes de fertilización que ayuden a mejorar “de forma integral” la calidad y la producción de la pastura.

Además, fertilizantes provenientes de fuentes orgánicas mostraron respuestas positivas en las variables nutricionales, productivas y fisiológicas de la pastura. Su uso potencial es una opción para mejorar la gestión de los desechos de las fincas y la nutrición de las pasturas, por lo que deben ser tomadas en cuenta para la planificación del manejo de las explotaciones pecuarias.

La información recolectada en esta revisión indica que los centros de investigación, las universidades y los productores están enfocando sus esfuerzos por generar investigaciones en fertilización y pasturas, teniendo especial énfasis en la optimización de recursos y la productividad de la finca.

LITERATURA CITADA

- Adjei, M.B., P. Mislevy y C.Y. Ward. 1980. Response of Tropical Grasses to Stocking Rate 1. *Agronomy Journal*, 72 (6): 863-868. doi: 10.2134/agronj1980.00021962007200060002x.
- Adjeil, M.B., J.E. Rechcigl, I.S. Alcorido y O. Fl, 2002. Impact of p fertilizer, lime, and gypsum application on Stargrass yield and quality, and on surface and ground water quality, 10.

- 38th ANNUAL MEETING Caribbean Food Crops Society, Martinica. 30 of June to 5 of July, 2002. AMADEPA. Martinica.
- Apraez, E. y G. Crespo. 2007. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y mineral en el comportamiento de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoech) en el Departamento de Nariño, Colombia. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 41(1):75-79.
- Arteaga, D. V., G. Cedeño García, G. Cedeño-García, J. Cargua Chávez, M. Garay Lugo. 2019. Eficiencia agronómica de nitrógeno y producción de *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. En función de dos frecuencias de corte. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, 35 (3): 251-260. doi:10.4067/S0719-38902019005000405
- Batista, V., D. Montagner, A. de Araújo, M. de Aragão, G. dos Santos, I. Medeiros, L. Barbosa, R. Amorin y A. Chávez, 2022. Biological and economic responses to increasing nitrogen rates in Mombaça guinea grass pastures. Scientific Reports, 12(1), 1937. doi:10.1038/s41598-022-05796-6
- Benítez, D., J.L. Fernández, J. Ray, A. Ramírez, V. Torres, I. Tandrón y M. Díaz. 2007. Factores determinantes en la producción de biomasa en tres especies de pastos en sistemas racionales de pastoreo en el Valle del Cauto, Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 41(3):231-235.
- Borges, J.A., M. Barrios y O. Escalona. 2012. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella. Zootecnia Tropical, 30 (1): 17-25.
- Cabalceta, G. 1999. Fertilización y nutrición de forrajes de altura. Presentado en III Congreso Nacional de Suelos, Costa Rica. p.16.
- Cabascango, L.R.A. 2016. Evaluación de la eficiencia agronómica de nitrógeno en Rye Grass perenne (*Lolium perenne*). Tesis Lic. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Caldas, S. y L. Vega. 2020. Fertilización nitrogenada del cultivo de avena forrajera: su efecto en el rendimiento y eficiencia agronómica de Nitrógeno. Revista Investigación Agraria, 2

- (1): 26-32. <http://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/833> (consultado 15 May. 2021).
- Cecato, U., G.T. Santos, M.D.A. Machado, L.H. Gomes, J.C. Damaceno, C.C. Jobim, N.P. Ribas. 2008. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* com e sem nitrogênio. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 23 (0): 781. doi: 10.4025/actascianimsci.v23i0.2581
- Chacón, P., R. Russo y C. Boschini. 2014. Efecto del uso de sustancias húmicas en la producción de biomasa del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*). *Horizonte Lechero (Costa Rica)*, 5: 24-29.
- Colussi, G., L.S. da Silva, E.A. Minato, G. Colussi, L.S. da Silva y E.A. Minato. 2014. Soil chiseling and poultry litter fertilization: effects on soil structural recovery under Tifton 85 production. *Ciência Rural*, 44 (11): 1956-1961. doi:10.1590/0103-8478cr20131670
- da C. Lima, G.F., L.E. Sollenberger, W.E. Kunkle, J.E. Moore y A.C. Hammond. 1999. Nitrogen Fertilization and Supplementation Effects on Performance of Beef Heifers Grazing Limpograss. *Crop Science*, 39 (6): 1853-1858. doi:10.2135/crops.ci1999.3961853x
- Delevatti, L., A. Cardoso, R. Barbero, R. Leite, E. Romanzini, A. Ruggieri y R. Reis. 2019. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientific Reports*, 9 (1), 7596. doi:10.1038/s41598-019-44138-x
- Echeverría, H.E. y H.R. Sainz. 2005. Nitrógeno en el suelo. *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. p. 69-97.
- Elizondo, J. y H. Espinoza. 2021. Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. *Nutrición Animal Tropical*, 15 (2), 25-41.
- Espinoza, E. y Benavides, J. 1996. Efecto del sitio y de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del forraje de tres variedades de morera (*Morus alba L.*). *Agroforestería en las Américas*, 3: 11-12. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:80/handle/11554/6125> (consultado 15 May. 2021).

- Euclides, V., D. Montagner, A. de Araújo, M. de Aragão, G. dos Santos Difante, I.M.M. de Araújo, L.F. Barbosa. 2022. Biological and economic responses to increasing nitrogen rates in Mombaça guinea grass pastures. *Scientific Reports*, 12 (1), 1937. Nature Publishing Group. doi:10.1038/s41598-022-05796-6.
- Follett, R. y J. Hatfield. 2001. Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. *The Scientific World Journal*, 1 (2): 920-6. doi:10.1100/tsw.2001.269
- Funderburg, E., J.T. Biermacher, C.A. Moffet, D. Alkire y J. Mosali. 2012. Effects of Applying Five Nitrogen Rates on Quality of Nine Varieties of Introduced Perennial Forages. *Forage & Grazinglands*, 10 (1):1-14. doi: <https://doi.org/10.1094/FG-2012-0517A-01-RS>
- Garay, A. H., L.E. Sollenberger, D.C. McDonald, G.J. Rueggsegger, R.S. Kalmbacher y P. Mislevy. 2004. Nitrogen Fertilization and Stocking Rate Affect Stargrass Pasture and Cattle Performance. *Crop Science*, 44 (4): 1348-1354. doi:10.2135/cropsci2004.1348
- Garcés, S. 2017. Efecto de la fertilización orgánica sobre la calidad nutricional de *Lolium multiflorum* (Ryegrass) en el cantón Cevallos. Tesis M.Sc., Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Gutiérrez, F., C. Loayza, A. Portilla, y J. Espinosa. 2018. Evaluación de dosis de nitrógeno sobre la acumulación de biomasa, composición bromatológica y eficiencia de uso en avena forrajera (*Avena sativa*), variedad Dorada. *Revista Siembra*, 5 (1): 071-078. doi:10.29166/siembra.v5i1.1428
- Han, S.H., J.Y. An, J. Hwang, S.B. Kim, y B.B. Park. 2016. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. *Forest Science and Technology*, 12 (3): 137-143. doi:10.1080/21580103.2015.1135827
- Holland, C.M., K. Marchant, L. Kriese-Anderson, B. Gamble y R. Muntifering. 2018. Stockpiled "Tifton 85" bermudagrass for cow-calf production as influenced by nitrogen fertilization1. *Journal of Animal Science*, 96 (7): 2907-2922. doi:10.1093/jas/sky190

- Johnson, C.R., B.A. Reiling, P. Mislevy y M.B. Hall. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science*, 79 (9): 2439. doi:10.2527/2001.7992439x
- López, F., J.G. Estrada-Flores, F. Avilés-Nova, G. Yong-Ángel, P. Hernández-Morales, R. Martínez-Loperena y P.E. Pedraza-Beltrán. 2010. Agronomic evaluation and chemical composition of african star grass (*Cynodon plectostachyus*) in the southern region of the state of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12 (1): 1-9. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93913074017> (consultado 30 May. 2021).
- Loreno, E.T., E.M. Eduardo, D.C. Deise, B.C. Patricia y S.R. de O. Paulo. 2017. Evaluation of Tifton 85 during hay production using different nitrogen fertilization rates and dehydration methods. *African Journal of Agricultural Research*, 12 (40): 2995-3004. doi:10.5897/AJAR2017.12383
- Manica, M. y V.F. Gai. 2018. Doses de NPK e ureiana produtividade e composição bromatológica da grama estrela africana. *Revista cultivando o saber*, 9 (1): 146-154.
- Méndez, R., J.A. Fernández y E.A. Yáñez. 2019. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y composición de *Cynodon plectostachyus*. *Revista Veterinaria*, 30 (1): 48. doi:10.30972/vet.3013899
- Montes, C., R.F. Guzmán, J. A. Beltrán y M. del S Anaya. 2020. Efecto del abono orgánico líquido mineralizado en la producción y composición de forrajes para pastoreo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(2): 13-27. doi:10.22490/21456453.3065
- 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>, (consultado 10 Mar. 2021).
- Muñoz, M. y Pérez, C. 2021. Evaluación del efecto de la fertilización nitrogenada y de un inhibidor de la nitrificación, sobre las emisiones de óxido nitroso en un Andisol dedicado a la ganadería de leche, bajo condiciones controladas. Tesis Lic. Universidad

- de Costa Rica, San José, Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/6039> (consultado 30 Jun. 2021).
- Navarro, L.A.N. 2019. Evaluación de tres fórmulas de nitrógeno a dos altitudes, en el impacto de las características agronómicas del forraje ryegrass anual (*Lolium multiflorum*) cv. Jumbo., 129. Tesis Lic. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Ortega, L. y B. González. 1990. Efecto de la fertilización nitrogenada y frecuencia de corte sobre los rendimientos de materia seca y valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Revista de la Facultad de Agronomía, 7 (4). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25905> (consultado 15 Mar. 2021).
- Peyraud, J.L. y L. Astigarraga. 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Science and Technology*, 72 (3): 235-259. doi:10.1016/S0377-8401(97)00191-0.
- Pérez, O. 2014. Eficiencia de uso de nitrógeno en pasturas de *Panicum maximum* y *Brachiaria* sp. Solas y asociadas con *Pueraria phaseoloides* en la altillanura colombiana. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Pezo, D. y F.J. García. 2018. Uso Eficiente de Fertilizantes en Pasturas, Boletín técnico. CATIE, Turrialba Costa Rica. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9227/Uso_eficiente_de_fertilizantes_en_pasturas.pdf (consultado 15 May. 2021).
- Pozo, P.P.D., R.S. Herrera, M. García y A.M. Cruz. 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.

- Pozo, P.P.D. y R.S. Herrera. 2004. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento y desarrollo de los componentes morfológicos del pasto estrella, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38 (2): 189-195.
- Ramos, D. y E. Terry. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35 (4): 52-59. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=pt (consultado 30 Jun. 2021).
- Restrepo, E. y J. Esteban. 2004. Efecto de la temperatura sobre la producción y el contenido de proteína cruda y fibra neutro detergente de *Panicum maximum* cv. Tobiata, *Digitaria eriantha* cv. Transvala y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato, 21. Tesis Lic. Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras.
- Rincón, A., H. Flórez, H. Ballesteros y L.M. León. 2018. Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales*, 6 (3): 158-168. doi:10.17138/tgft(6).
- Ríos, A., D.L. Martino y J. Sawchik. 1999. Propiedades físicas del suelo que afectan el desarrollo vegetal, Ediciones INIA, Montevideo, Uruguay. p. 173.
- Ros, C.O.D., J. M. Damian, G.L. Campos, R.F. Silva, L. Somavilla, M.M. Torchelsen y I.J. Coldebella. 2018. Productive potential for dry matter and crude protein in Jiggs Bermuda grass under nitrogen fertilisation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias–Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 13 (4): 1-8. doi: 10.5039/agraria.v13i4a5597
- Sanches, A., E. Gomes, M. Rickli, E. Friske y J. Fasolin. 2017. Productivity and nutritive value of tifton 85 in summer, with and without irrigation under different nitrogen doses. *Engenharia Agrícola*, 37: 246-256. doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n2p246-256/2017

- Silveira, M.L., J.M.B. Vendramini., B. Sellers, F.A., Monteiro, A.G. Artur y E. Dupas. 2015. Bahiagrass response and N loss from selected N fertilizer sources. *Grass and Forage Science*, 70 (1): 154-160. doi: 10.1111/gfs.12078
- Urbano, D. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 14 (1). <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26125> (consultado 30 Jun. 2021).
- USDA (United States Department of Agriculture). 2021. Plants data base. <https://plants.sc.egov.usda.gov/java/nameSearch>, (consultado 30 May. 2021).
- Vargas, F. y C. Boschini, 2011. Producción forrajera del *Tripsacum laxum*, fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio. *Agronomía Mesoamericana*, 22 (1): 99-108. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43721202012.pdf> (consultado 30 Jun. 2021).
- Vendramini, J. y P. Mislevy, 2002. Stargrass. *The Professional Animal Scientist*, 26 (2):193–200. Doi: 10.15232/S1080-7446(15)30580-5.
- 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, E.V. 2010. Respuesta del pasto ratana (*Ischaemum indicum*) a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. San José Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://core.ac.uk/download/pdf/60989851.pdf> (consultado 10 Jul. 2021).
- Villalobos, L. y J. Arce, 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) En la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica, II. Nutritional Value. *Agronomía Costarricense*, 38 (1): 133-145. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0377-94242014000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es (consultado 30 Jun. 2021).
- Wilman, D. 1975. Nitrogen and Italian Ryegrass. *Grass and Forage Science*, 30 (3): 243-249. doi: 10.1111/j.1365-2494.1975.tb01384.x

WingChing, R., L. Lorío y L. Barquero. 2016. Uso de *Azospirillum* spp. Como biofertilizante en la producción de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Cuadernos de Investigación UNED, 8 (2): 259-265. doi: <https://doi.org/10.22458/urj.v8i2.1570>