



EFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOL COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN *Megathyrus maximus*, BAJO CONDICIONES DEL CARIBE SECO COLOMBIANO

EFFECT OF THE APPLICATION OF BIOL AS AN ORGANIC FERTILIZER ON *Megathyrus maximus*, IN THE COLOMBIAN DRY CARIBBEAN

Luis Fernando Gómez-Ramírez¹

Jorge Leonardo Abril Castro²

Jhon Jacobo Cañas-Álvarez³

1 Biólogo, M.Sc., Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Centro de Investigación Motilonia, Agustín Codazzi, Cesar, Colombia. lfgomez@agrosavia.co

2 Ing. Agrónomo, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Centro de Investigación Motilonia, Agustín Codazzi, Cesar, Colombia.
jabrilc@agrosavia.co

3 Zoot. M.Sc. PhD., Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, Centro de Investigación Motilonia, Agustín Codazzi, Cesar, Colombia.
jcanas@agrosavia.co

Citación: Gómez-Ramírez, L., Abril, J., y Cañas-Álvarez, J. (2025). Efecto de la aplicación de Biol como fertilizante orgánico en *Megathyrus maximus*, bajo condiciones del Caribe seco colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 16(1), 229 - 246.

<https://doi.org/10.22490/21456453.7676>

RESUMEN

Contextualización: el biol es un abono orgánico líquido basado en la fermentación de la materia orgánica, que actúa como fuente de nutrientes y microorganismos, estimulante del desarrollo vegetal y mejorador de la calidad del suelo. Su aplicación en pasturas podría contribuir a incrementar la producción de biomasa y reducir la fertilización química y el impacto negativo sobre el suelo.

Vacío de conocimiento: existe un desconocimiento por parte de productores de la región Caribe de Colombia en cuanto al aprovechamiento de coproductos como el estiércol animal para la producción de fertilizantes orgánicos, y los beneficios de su aplicación en pasturas para mejorar la nutrición de los suelos y promover la elaboración de forraje.

Propósito: el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de biol sobre el crecimiento y la calidad nutricional de pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzania) bajo condiciones del Caribe seco colombiano.

Metodología: se aplicaron cinco tratamientos al momento del corte de la pastura, bajo un diseño en bloques al azar con tres réplicas: testigo sin fertilización (T1), fertilización edáfica con urea (50 kg N/ha) (T2),

fertilización foliar con biol mineralizado al 5% v/v (T3), fertilización foliar con biol mineralizado al 10% v/v (T4) y fertilización foliar con biol mineralizado al 5% v/v más 50% de fertilización con urea (25 kg N/ha) (T5). Al final del ciclo se evaluó la altura de plantas, cobertura, producción y calidad de forraje, así como variables edáficas. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS 8.3 (8.3.0.103).

Resultados y conclusiones: los resultados mostraron que T2, T3, T4 y T5 incrementaron el porcentaje de cobertura, altura, rendimiento de forraje verde y forraje seco de la pastura con respecto al testigo ($p < 0.05$). Las plantas tratadas con T5 mostraron resultados similares a T2 ($p > 0.05$) en los diferentes parámetros evaluados. En las propiedades de la pastura, carbohidratos solubles, %P, %K y %S se presentaron diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$). La fertilización con biol podría ser una alternativa que permita mejorar parámetros de crecimiento en *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania, y disminuir la fertilización química sin afectar significativamente los rendimientos y la calidad de la pastura.

Palabras clave: calidad nutricional, fermentación, fertilización, forraje, materia orgánica, nutrientes

ABSTRACT

Contextualization: Biol is a liquid organic fertilizer, produced by the anaerobic fermentation of organic matter, used as a source of nutrients and microorganisms, to stimulate plant development and improve soil quality. Its use in pastures could contribute to increasing biomass production and reducing chemical fertilization and soil degradation.

Knowledge gap: Agricultural producers in the Colombian Caribbean are unaware of the use of co-products such as animal manure as an alternative to produce organic fertilizers, and the benefits of their use in pastures to improve soil nutrition and forage production.

Purpose: The objective of this study was to evaluate the effect of biol on the growth and nutritional quality of Guinea grass (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzania) in the Colombian dry Caribbean.

Methodology: Five treatments were applied at the time of cutting the pasture, under a randomized block design with three replicates: control without fertilization (T1), edaphic fertilization with urea (50 kg N/ha) (T2), foliar fertilization with mineralized biol at 5% v/v (T3), foliar fertilization with

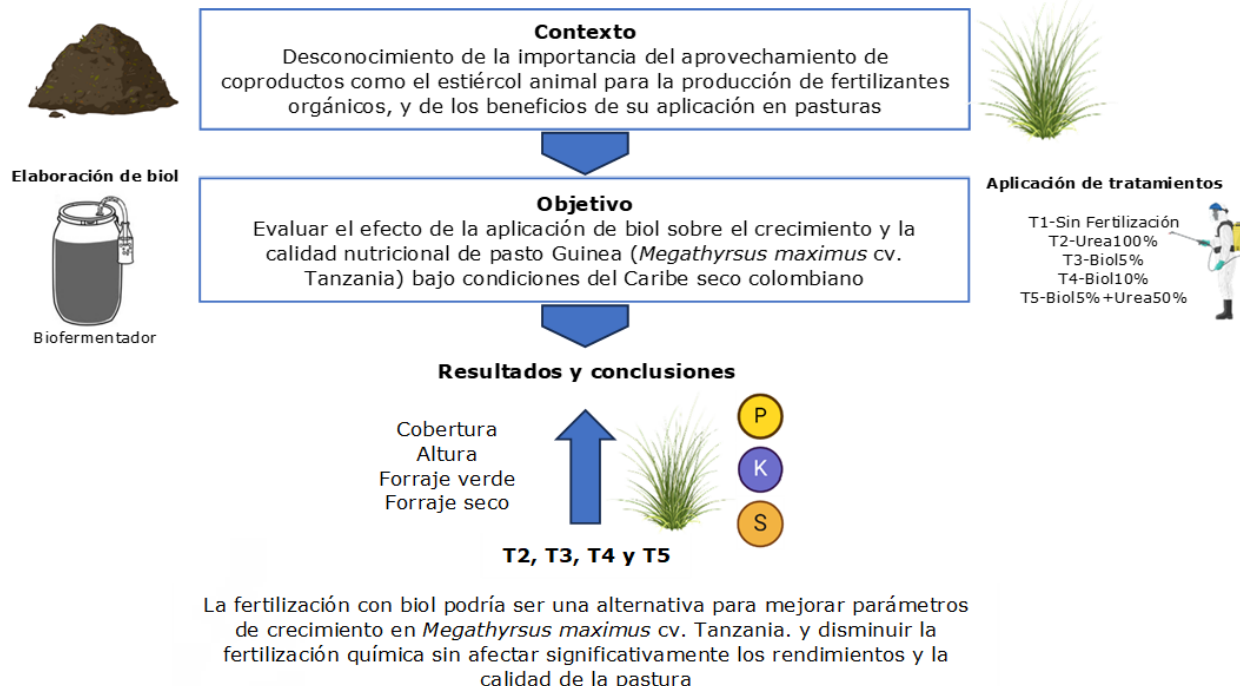
mineralized biol at 10% v/v (T4) and foliar fertilization with mineralized biol at 5% v/v plus 50% fertilization with urea (25 kg N / ha) (T5). At the end of the production cycle, plant height, coverage, forage production and quality, as well as edaphic variables, were evaluated. Data were analyzed using SAS 8.3 (8.3.0.103) statistical software.

Results and conclusions: The results showed that T2, T3, T4 and T5 increased the percentage of coverage, height, yield of green forage and dry forage of the pasture compared to the control treatment ($p < 0.05$). Plants treated with T5 showed similar results to T2 ($p > 0.05$) in the different variables evaluated. Pasture quality in terms of soluble carbohydrates, %P, %K and %S showed differences between treatments ($P < 0.05$). The use of biol as organic fertilizer could be an alternative that allows improving the growth of *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. and reduce chemical fertilization, without significantly affecting forage production and its nutritional quality.

Keywords: anaerobic fermentation, fertilization, forage, nutrients, nutritional quality, organic matter

RESUMEN GRÁFICO

APLICACIÓN DE BIOL COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN *Megathyrus maximus*, BAJO CONDICIONES DEL CARIBE SECO COLOMBIANO



Fuente: autores.

1 INTRODUCCIÓN

La actividad pecuaria es una de las principales apuestas productivas del departamento del Cesar, la cual aporta cerca del 4% del producto interno bruto (PIB) departamental y el 56,6% del PIB agropecuario, destacándose la ganadería bovina como principal actividad productiva dentro de este sector con un inventario de 1,43 millones de animales, 14.049 predios y una producción de 995

mil litros de leche al día, para el 2019 (Camarago, 2023; Gobernación del Cesar, 2020).

El Cesar presenta un área cercana a 2,25 millones de hectáreas, de las cuales 303.437 ha (13%) aproximadamente tienen una vocación ganadera para pastoreo extensivo y semi-intensivo. Sin embargo, en la actualidad la ganadería usa 987.045 ha (43,7%) del área departamental, generando conflictos de

uso del suelo (Gobernación del Cesar, 2020; FAO y ADR, 2019) y problemas de degradación de este recurso a causa de la compactación y la aplicación excesiva de fertilizantes de síntesis química (Martínez *et al.*, 2019).

De acuerdo con lo anterior, uno de los principales retos del sector pecuario en el departamento es reducir las áreas en las cuales se desarrolla su actividad actualmente (uso extensivo), pero al mismo tiempo incrementar el rendimiento y sostenibilidad del sistema productivo (Camargo, 2023), bajo un escenario de variabilidad climática y estacionalidad de las lluvias que condicionan la disponibilidad y calidad de pastos y forrajes, impactando directamente la producción de los hatos ganaderos (Rivera *et al.*, 2021).

En este sentido, es importante la implementación de tecnologías y estrategias de manejo que contribuyan a incrementar la producción de forrajes con alta calidad nutricional que permitan mantener una carga animal elevada durante todo el año, preferiblemente bajo un modelo de producción orgánica o ecológica, reduciendo la aplicación de fertilizantes químicos y el impacto negativo sobre el suelo (Martínez *et al.*, 2019).

El biol es un abono orgánico líquido basado en una fermentación de diversas materias orgánicas, principalmente estiércol animal enriquecido con melaza, leche y minerales esenciales, el cual podría actuar como fuente de nutrientes y estimulador del desarrollo vegetal en los cultivos. Adicionalmente, permitiría mejorar la calidad del suelo al aportar materia orgánica (MO), creando un entorno microbiológico natural (Infante, 2010). En la actualidad, la producción de fertilizantes orgánicos líquidos se convierte en una alternativa para la fertilización de grandes áreas de pasturas, donde el actual encarecimiento de los fertilizantes químicos ha elevado los costos de producción en los sistemas ganaderos. Además, este tipo de abonos posibilitan superar la actual crisis del modelo agroindustrial y la promoción de modelos verdes autosostenibles (Restrepo-Rivera, 2007).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación de un fertilizante orgánico líquido tipo biol sobre el crecimiento y la calidad nutricional de pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzania) bajo condiciones del Caribe seco colombiano.

② MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en un lote con un área total de 5.000 m², establecido con pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* cv.

Tanzania) dedicado al pastoreo por bovinos de la raza criolla Costeño con Cuernos, en el Centro de Investigación (C.I.) Motilonia (AGROSAVIA), ubicado a 10°0'7" latitud Norte y 73°14'51" longitud Oeste, a

una altitud de 131 msnm, en el municipio de Agustín Codazzi, microrregión Valle del Cesar (Cesar, Colombia). Esta zona, enmarcada dentro del Caribe seco colombiano, se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual de 28,7 °C, humedad relativa de 70% y precipitación anual promedio de 1.600 mm, con distribución bimodal en los meses de mayo a junio y de septiembre a noviembre. Esta investigación se desarrolló en el segundo semestre del año 2022, desde el mes de agosto hasta octubre, en un periodo de transición entre una primera época moderadamente seca y una segunda lluviosa. Durante el periodo de evaluación, se observó una precipitación media mensual de 299 mm, una temperatura media de 27,2 °C y una humedad relativa promedio de 69.1% (datos obtenidos de la estación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), localizada en el C.I. Motilonia).

Caracterización del suelo

Previo al establecimiento del experimento, se realizó una evaluación química y microbiológica del suelo. Para ello se tomó una muestra compuesta, la cual fue enviada al Laboratorio de Química Analítica de AGROSAVIA C.I. Tibaitatá para su análisis en términos de fertilidad química completa. Para el examen microbiológico, la muestra de suelo fue extraída siguiendo las recomendaciones de Gelvez-Pardo *et al.* (2020) y remitida al Laboratorio de Microbiología Agrícola del C.I. Tibaitatá para su análisis en términos de: recuento de bacterias, hongos y actinomicetos totales, y recuento de bac-

terias presuntivas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo. Para el recuento de estos grupos microbianos, se ejecutaron diluciones seriadas 1/10 (10 gramos de suelo en 90 mL del disolvente) hasta 10^{-5} ; las diluciones fueron sembradas por triplicado en placas Petrifilm™ AC para bacterias totales (incubación a 30°C por 72 h), placas Petrifilm™ YM para hongos totales (incubación a 25°C por 3-5 días), agar almidón amoniacal para actinomicetos (incubación a 28°C por 2 a 3 días), agar SRSM para bacterias presuntivas solubilizadoras de fósforo (incubación a 28°C por 24-48 h) y agar LG para bacterias presuntivas fijadoras de nitrógeno (incubación a 28°C por 24-48 h).

Preparación de biol enriquecido con sales minerales

La preparación del biol enriquecido con sales minerales inició dos meses antes del experimento en campo. Dicha preparación se hizo con base en el procedimiento sugerido por Restrepo-Rivera (2007). Para la elaboración del biol se usó un biodigestor artesanal tipo estacionario con una capacidad de 1.000 L, en el cual se adicionaron 250 kg de estiércol bovino, 5 L de melaza, 10 L de leche, 1 kg de levadura de pan y agua hasta completar el volumen de recipiente, dejando una cámara de aire de 10 cm de altura. Luego se realizó una homogenización manual de estos ingredientes y seguidamente, se cerró el biodigestor de forma hermética para iniciar el proceso de fermentación, agregando leche y sales minerales (para 200 L de volumen final: 2 kg de $ZnSO_4$, 2 kg de $CaCl_2$, 2 kg de $MgSO_4$, 0,3 kg de $MnSO_4$, 0,05 kg

de CoSO_4 , 0,1 kg de Na_2MoO_4 , 1,5 kg de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ [Bórax], 0,3 kg de FeSO_4 , y 0,3 kg de CuSO_4) de forma secuencial, cada tres días durante 40 días. Se consideró una fermentación completa al evidenciar ausencia de salida de gases (sin burbujeo), lo cual se observó aproximadamente a los 60 días después del inicio de la fermentación. Una vez maduro, se tomaron dos muestras de 50 mL del fertilizante orgánico líquido para desarrollar una caracterización química.

Diseño experimental y tratamientos

El experimento se desarrolló en un área de 800 m² bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Cada uno fue aplicado en parcelas de 20 m², con una separación entre parcelas de 2 m y una separación entre bloques de 3 m. Los tratamientos implementados fueron: T1: control sin fertilización, T2: fertilización edáfica convencional con urea (50 kg N/ha), T3: fertilización foliar con biol enriquecido con sales minerales, diluido al 5% v/v, T4: fertilización foliar con biol enriquecido con sales minerales, diluido al 10% v/v, y T5: fertilización foliar con biol enriquecido con sales minerales, diluido al 5% v/v, más un 50% de la fertilización edáfica convencional con urea (25 kg N/ha). El biol fue empleado utilizando una bomba de espalda manual (RoyalCondor®) con capacidad de 20 L y el fertilizante edáfico se suministró manualmente. Antes de la aplicación de los tratamientos, la pastura fue uniformizada a una altura de 20 cm en toda el área experimental.

Variables de respuesta

En cada parcela se establecieron cuadrantes de 1 m² donde se midieron las siguientes variables de respuesta: altura de plantas medida desde la base hasta la punta de la hoja más alta utilizando una regla, porcentaje de cobertura, y producción de forraje verde (t/ha) y forraje seco (t/ha) (secado en horno durante 48 h a una temperatura de 60 °C) medido en tres periodos de corte (28, 35 y 42 días después de uniformización). Por otra parte, también se determinó la concentración de nutrientes y calidad de forraje (análisis bromatológico) mediante el uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés) a los 35 días después de la uniformización.

Análisis estadístico

Los datos fueron estudiados a través de un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial para las variables de crecimiento y rendimiento, y un ANOVA simple para las variables de calidad de forraje después de confirmar su distribución normal y homocedasticidad a través de las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Los resultados que no cumplieron con estos supuestos fueron inicialmente transformados usando la función logaritmo natural (ln), y aquellos no paramétricos fueron analizados mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para comparación de medias de tratamientos. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS 8.3 (8.3.0.103).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo

En el área de estudio previo al establecimiento del experimento, el suelo se caracterizó por presentar una textura franco-arenosa, un pH de 6,78 (neutro), conductividad eléctrica (CE) de 0,12 dS/m (no salino), un porcentaje de MO del 3,7%, Nitrógeno-N total de 0,1%, carbono orgánico de 1,84%, baja concentración de azufre-S (1,37 ppm), moderada concentración de fósforo-P (31,23 ppm), alta concentración de potasio-K (164,2 ppm), bajas concentraciones de magnesio-Mg (111,9 ppm) y bajas o moderadas concentraciones de elementos menores (B: 0,09 ppm, Zn: <1 ppm, Mn: 2,89 ppm, Cu: <1 ppm y Fe: 34,19 ppm). También se identificó una baja capacidad de intercambio catiónico (CICE) con un valor de 4,48 meq/100 g. Teniendo en cuenta las características fisicoquímicas del suelo en el área de estudio, se puede afirmar que corresponde a un suelo de moderada fertilidad y con una aptitud alta para el desarrollo de pasturas como *Megathyrus maximus* de acuerdo con lo reportado por Ipaz-Cuastumal *et al.* (2023), quienes encontraron características similares del suelo para la misma zona. Sin embargo, en el actual estudio, la CICE y la concentración de algunos elementos mayores y menores fueron más bajas, lo que justifica la implementación de estrategias de fertilización (tanto química como orgánica) para mejorar su ca-

lidad y favorecer la nutrición de la pastura (Cruz *et al.*, 2021).

Al evaluar la fertilidad química del suelo 42 días después de la aplicación de los tratamientos, se pudo evidenciar un leve incremento en parámetros como el S (1,81 ppm), B (0,20 ppm), Fe (37,59 ppm), Cu (1,01 ppm), Mn (4,62 ppm), pH (7,03) y CICE (5,19 meq/100 g), cuando se aplicó biol al 5% v/v sobre el pasto; mientras que cuando se aplicó biol al 5% v/v en conjunto con el 50% de la fertilización nitrogenada, se mejoraron parámetros como P (37,43 ppm), S (2,63 ppm), B (0,26 ppm), Fe (46,58 ppm), Cu (1,12 ppm), Mn (5,50 ppm) y CICE (5,40 meq/100 g) (datos no mostrados). Cruz *et al.* (2021) evidenciaron un efecto positivo de la aplicación de bioles producidos a partir de estiércol bovino en las propiedades del suelo para la producción de forrajes.

A nivel microbiológico, se encontró una población total de bacterias aerobias, hongos y actinomicetos de $6,8 \times 10^6$, $1,6 \times 10^3$ y <100 UFC/g de suelo, respectivamente, valores inferiores a los obtenidos por Melo *et al.* (2015) para la misma zona; mientras que las poblaciones de grupos funcionales como bacterias presuntivas solubilizadoras de fósforo y fijadoras de nitrógeno fueron relativamente altas, con valores de $2,1 \times 10^4$ y $2,4 \times 10^5$ UFC/g de suelo, concernientemente, los cuales son resultados similares a los reportados por Montenegro-Gómez *et al.* (2022). Esto puede representar una ventaja teniendo

en cuenta el potencial de estas bacterias para movilizar el fósforo y fijar el nitrógeno en el suelo, promoviendo una mayor eficiencia en la asimilación de nutrientes y un incremento en la producción de biomasa en las pasturas (Abril *et al.*, 2017); dicha actividad microbiana puede ser estimulada mediante la aplicación de abonos orgánicos como el biol, mejorando así la calidad del suelo (Cruz *et al.*, 2021).

Características químicas del fertilizante orgánico líquido

El fertilizante orgánico líquido (biol) obtenido al finalizar el proceso de fermentación, presentó un pH moderadamente ácido (5,26), baja salinidad (CE de 0,48 dS/m), carbono y nitrógeno orgánico de 9,50 y 0,64 g/L, respectivamente, y un aporte importante de elementos mayores como P (0,22 g/L), K (4,74 g/L), Ca (1,38 g/L), Mg (1,31 g/L) y S (2,68 g/L), y elementos menores como Fe (80,30 ppm), Mn (556 ppm), Cu (43,70 ppm), Zn (1.030 ppm) y B (713 ppm) (Tabla 1).

El pH ácido del biol obtenido es una buena señal de la eficiencia fermentativa del pro-

ceso y se asocia a la producción de ácidos orgánicos por parte de los microorganismos a partir de la MO y la presencia de una fuente energética en condiciones de anaerobiosis (Quiñones-Ramírez *et al.* 2016). Sin embargo, es importante tener en cuenta que, para su aplicación, el biol debe ser diluido, como se hizo en este estudio, con el fin de evitar problemas por fitotoxicidad (Aguado *et al.*, 2023). Otro indicador de la calidad del biol fue la baja CE, siendo incluso menor a la obtenida por Funes-Pinter *et al.* (2022), lo que revela baja salinidad del fertilizante orgánico, favoreciendo su uso en agricultura orgánica (Jara-Samaniego *et al.*, 2021); por su parte, la concentración de macronutrientes (N, P, K, S, Ca y Mg) y la mayoría de los micronutrientes (Zn, Mn, Cu, Fe y B) fueron mayores en esta investigación comparados con los valores obtenidos en el biol Supermargo reportado por López *et al.* (2016). En este sentido, la aplicación de este tipo de fertilizantes orgánicos líquidos directamente al suelo o sobre el follaje de las plantas puede mejorar la disponibilidad y asimilación de nutrientes, como lo evidencian Oliveira *et al.* (2014).

Tabla 1.

Caracterización fisicoquímica de fertilizante orgánico líquido (biol)

Variable	Unidad	Resultado
pH		5,26
Densidad	g/cm ³	1,02
Conductividad eléctrica	dS/m	0,48

Carbono orgánico oxidable	g/L	9,50
Sólidos insolubles		0,14
Nitrógeno total		0,64
Nitrógeno orgánico		0,64
Fósforo total		0,22
Potasio total		4,74
Potasio soluble		4,70
Calcio total		1,38
Magnesio total		1,31
Azufre total		2,68
Hierro total	ppm	80,30
Manganeso total		556
Cobre total		43,70
Zinc total		1.030
Boro total		713

Fuente: autores.

Desarrollo de la pastura frente a la aplicación de tratamientos

A nivel de cobertura de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania, se evidenció una diferencia entre los tratamientos ($p < 0,05$), destacándose la aplicación de Urea100%, Biol5%+Urea50% y Biol10% con los porcentajes más altos, con valores promedios de 89,44, 87,22 y 83,89%, respectivamente, mientras que Biol5% y las plantas no fertilizadas mostraron la cobertura más baja con valores de 79,89 y 67,22%, correspondientemente (Tabla 2). Al observar la interacción con la edad de corte ($p < 0,05$), igualmente sobresalieron los tratamientos Urea100% y Biol5%+Urea50%, los cuales lograron una cobertura superior al 86% a los 28 días después de la uniformización (DDU) y del 90 y 86,67% a los 42 DDU, concernientemente. Por su parte, como era de esperarse, el tratamiento sin fertilización mantuvo los porcentajes más bajos de cobertura du-

rante las tres edades de corte, alcanzado sólo el 66,67% a los 42 DDU (Tabla 2).

Un comportamiento similar se evidenció en la altura promedio de las plantas, la cual fue mayor ($p < 0,05$) cuando se realizó una fertilización con Urea100% ($143,97 \pm 14,1$ cm) y Biol5%+Urea50% ($140,28 \pm 8,7$ cm) en comparación con los valores obtenidos cuando se aplicó Biol5% ($118,78 \pm 9,8$ cm), Biol10% ($119,53 \pm 13,4$ cm) o cuando no se fertilizó ($111,62 \pm 13,8$ cm). Al elaborar esta misma comparación en el tiempo, se observó que la aplicación de Biol5%+Urea50% favoreció un mayor crecimiento de las plantas hacia los 28 DDU, consiguiendo una altura de $130,17 \pm 4,7$ cm, seguido de Urea100% con $127,75 \pm 9,3$ cm. Sin embargo, en el día 35 DDU este último tratamiento alcanzó la mayor altura con un valor de $153,67 \pm 5,4$ cm y se mantuvo hasta los 42 DDU, aunque

sin diferencias significativas ($p=0,6261$) (Tabla 2).

Como era de esperarse, los mayores porcentajes de cobertura y altura media de las plantas estuvieron asociados a la aplicación de urea, sin embargo, el uso de bioles mejoró estos dos parámetros de forma significativa comparado con el testigo sin fertilización, lo que demuestra su potencial como estimulante del crecimiento en *Megathyrus maximus* cv. Tanzania. Diferentes investigaciones se han realizado evaluando el manejo de bioles como estrategia de fertilización en pasturas. Condo y Ulloa (2019) reportaron aumentos en altura y cobertura de pasturas usando biol bovino, atribuyendo estos resultados a los fitorreguladores, macro y micronutrientes presentes en este fertilizante orgánico, lo que contribuye en la promoción del crecimiento y desarrollo de las plantas. De igual manera, Gutiérrez-Arce *et al.* (2019) encontraron incrementos en altura de pasturas a partir de los 30 días del proceso, empleando biol a base de estiércol animal.

El rendimiento de forraje verde se incrementó ($p<0,05$) con la aplicación de todos los tratamientos en comparación con el testigo sin fertilización (6,77 t/ha), aunque se destacaron la fertilización con sólo Urea100% (26,39 t/ha) y Biol5%+Urea50% (19,32 t/ha) con incrementos del 289 y 185%, respectivamente. En términos de forraje seco, el comportamiento fue similar, sobresaliendo Urea100% y Biol5%+Urea50% con rendi-

mientos de 5,45 y 4,45 t/ha, correspondientemente, mientras que las plantas no fertilizadas presentaron un rendimiento de 1,75 t/ha (Tabla 2). Sin embargo, cabe resaltar que, si bien los rendimientos de forraje fresco y seco no fueron los más altos con el suministro de Biol5% y Biol10%, sí fueron superiores ($p<0,05$) al testigo sin fertilización (Tabla 2), demostrando el efecto positivo que puede tener el uso de bioles sobre el desarrollo vegetal. Además, la administración de Biol5%+Urea50% arrojó resultados estadísticamente similares a los obtenidos con la aplicación de Urea100%, por lo que podemos inferir que su implementación podría permitir disminuir en un 50% la fertilización química sin afectar significativamente las obtenciones de biomasa en *Megathyrus maximus* cv. Tanzania, contrastado con una fertilización química completa.

Estos resultados son congruentes con los obtenidos por Alvarado y Medal (2018), quienes encontraron que la aplicación de biol en combinación con una fertilización química (urea) reducida a la mitad (50%) resulta ser una estrategia eficaz para incrementar la biomasa fresca y seca en pasturas, contribuyendo en gran medida a la disminución de costos para los productores. De igual manera, Kovacevic Viteri (2021) determinó que la mejor forma de administración de bioles es en conjunto con una fertilización química en dosis adecuadas, lo cual optimiza la eficiencia en el uso de nutrientes y la relación costo beneficio en pasturas.

Variable	Tratamiento (T)	Días después de la uniformización (DDU)			Media	s.e.	p valor		
		28	35	42			T	DDU	T x DDU
Cobertura (%)	Sin Fertilización	71,67 ^b	63,33 ^b	66,67 ^b	67,22 ^C	1,38	<0,0001*	0,6150	0,0023*
	Urea100%	93,33 ^a	85,00 ^a	90,00 ^a	89,44 ^A				
	Biol5%	78,33 ^b	78,33 ^b	83,00 ^{ab}	79,89 ^B				
	Biol10%	83,33 ^{ab}	81,67 ^b	86,67 ^a	83,89 ^A				
	Biol5%+Urea50%	86,67 ^a	88,33 ^a	86,67 ^a	87,22 ^A				
Media		82,67	79,33	82,60					
s.e.		2,28	2,62	2,33					
Altura de planta (cm)	Sin Fertilización	95,67	118,70	120,50	111,62 ^C	2,55	<0,0001*	<0,0001*	0,6261
	Urea100%	127,75	153,67	150,50	143,97 ^A				
	Biol5%	107,58	122,50	126,25	118,78 ^{BC}				
	Biol10%	104,08	128,33	126,17	119,53 ^B				
	Biol5%+Urea50%	130,17	144,67	146,00	140,28 ^A				
Media		113,05 ^y	150,42 ^z	133,88 ^z					
s.e.		4,03	3,71	3,27					
Forraje Verde (t/ha)	Sin Fertilización	5,14	7,28	7,89	6,77 ^D	1,22	<0,0001*	<0,0001*	0,2009
	Urea100%	23,53	21,71	33,92	26,39 ^A				
	Biol5%	7,82	10,33	11,60	9,91 ^C				
	Biol10%	7,83	12,74	13,04	11,20 ^C				
	Biol5%+Urea50%	15,88	22,57	19,52	19,32 ^B				
Media		12,04 ^y	14,93 ^z	17,20 ^z					
s.e.		1,86	1,79	2,52					
Forraje seco (t/ha)	Sin Fertilización	1,31	1,84	2,10	1,75 ^C	0,25	<0,0001*	<0,0001*	0,5038
	Urea100%	4,36	4,63	7,37	5,45 ^A				
	Biol5%	1,94	2,56	3,04	2,52 ^B				
	Biol10%	1,94	3,07	3,29	2,77 ^B				
	Biol5%+Urea50%	3,47	4,95	4,93	4,45 ^A				
Media		2,60 ^x	3,41 ^y	4,15 ^z					
s.e.		0,31	0,35	0,52					

Tabla 2.

Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania durante diferentes días de desarrollo, frente a la aplicación de los diferentes tratamientos evaluados

^{ABC} Letras distintas indican diferencias significativas entre la media de los tratamientos ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey; ^{xyz} Letras distintas indican diferencias significativas entre la media de los DDU ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey; ^{abc} Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de la interacción de los tratamientos x DDU ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. * Significancia ($p < 0,05$). s.e.= error estándar de la media

Fuente: autores.

Calidad nutricional de la pastura

En cuanto a la calidad del forraje de las variables evaluadas, sólo carbohidratos solubles, P, K y S presentaron distinciones entre los tratamientos ($p < 0,05$), mientras que variables como proteína cruda, cenizas, extracto etéreo, Fibra Detergente Neutro-FDN, Fibra Detergente ácido-FDA, Ca, Mg, Na, digestibilidad y energía digestible no fueron diferentes ($p > 0,05$).

De acuerdo con lo anterior, la concentración de carbohidratos solubles fue mayor en el forraje sin fertilización, con 3,34 g/100 g de materia seca (MS), superando a todos los tratamientos fertilizados (Tabla 3). Hernández *et al.* (2020) también reportaron una reducción en los carbohidratos solubles en pasturas tropicales fertilizadas, lo cual se atribuye presuntivamente a que la aplicación de nitrógeno por medio de la fertilización estimula la producción de aminoácidos y proteínas, que a su vez se sintetizan a partir de azúcares, lo que conlleva a una disminución en el contenido de azúcares no estructurales en las plantas.

La concentración de nutrientes como P, K y S presentó los mayores valores ($p < 0,05$) en

las plantas fertilizadas con Urea100%, con concentraciones de 0,24, 2,50 y 0,23%, seguido de la aplicación de Biol5%+Urea50% con valores de 0,22, 2,04 y 0,21%, comparado con el tratamiento testigo (sin fertilización) que presentó las concentraciones más bajas de estos nutrientes, con valores de 0,18, 1,89 y 0,17%, respectivamente (Tabla 3). Estos resultados se relacionan con el aporte de nutrientes por parte de los fertilizantes químicos y orgánicos aplicados, los cuales son aprovechados por las plantas mejorando su desarrollo (Oliveira *et al.*, 2014).

Cabe resaltar que, si bien no hubo diferencias significativas en parámetros como proteína cruda y extracto etéreo, sí se observó una tendencia al incremento de estas dos variables en el forraje cuando se aplicó Urea100%, Biol5% y Biol5%+Urea50% ($p > 0,05$). De igual manera, características como digestibilidad de la materia seca y energía digestible fueron levemente mejoradas con la aplicación de Urea100% y Biol5%+Urea50% ($p > 0,05$) (Tabla 3), lo que se asocia con la formación de estructuras de mayor aprovechamiento y una limitada conformación de carbohidratos estructurales (Moreno *et al.*, 2022).

Tabla 3.

Comparación de la calidad de forraje entre los diferentes tratamientos evaluados

Variable Sin Fertilización		Tratamientos					s.e.	p valor	
		Urea100%	Biol5%	Biol10%	Biol5%+Urea50%				
Proteína cruda		6,26	8,90	6,39	5,06	6,80	0,45	0,0801	
Ceniza		11,42	11,10	11,46	11,16	11,66	0,19	0,9224	
Extracto etéreo		1,58	1,77	1,63	1,57	1,60	0,04	0,2851	
FDN		70,48	69,72	71,23	73,75	69,47	1,05	0,6860	
FDA		34,98	35,07	35,43	37,04	35,60	0,55	0,5628	
Carbohidratos Solubles	g/100 g MS	3,34 a	2,03 b	2,74 ab	2,98 ab	2,07 b	0,17	0,0116*	
Calcio		0,43	0,48	0,44	0,48	0,34	0,03	0,3917	
Fósforo		0,18 b	0,24 a	0,20 ab	0,20 ab	0,22 ab	0,01	0,0194*	
Magnesio		0,18	0,21	0,18	0,18	0,19	0,01	0,2050	
Potasio		1,89 b	2,50 a	1,87 b	1,98 b	2,04 b	0,07	0,0067*	
Sodio		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,4497	
Azufre		0,17 b	0,23 a	0,18 ab	0,18 ab	0,21 ab	0,01	0,0354*	
Digestibilidad MS		53,49	55,57	53,45	51,88	53,72	0,50	0,1947	
ED Rumiantes		Mcal/kg MS	2,13	2,24	2,13	2,06	2,17	0,02	0,1886

*Significancia ($p < 0,05$). s.e.= error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey

Fuente: autores.

4 CONCLUSIONES

La implementación de una fertilización utilizando biol mineralizado, sólo o en conjunto con una fertilización química reducida a la mitad, se convierte en una alternativa que permite mejorar parámetros de crecimiento y rendimiento en *Megathyrus maximus* cv. Tanzania. Adicionalmente, la aplicación conjunta de biol con una fertilización química reducida a la mitad puede generar beneficios en cuanto a la disminución

del uso de fertilizantes químicos, sin afectar significativamente los rendimientos y la calidad de la pastura, frente a una fertilización química completa.

Es importante efectuar evaluaciones en el mediano y largo plazo, con múltiples aplicaciones del fertilizante orgánico líquido sobre la pastura y el suelo, con el fin de observar si se genera un resultado mayor y estable a lo largo del tiempo, sobre la calidad del sue-

lo y el crecimiento vegetal. También es importante realizar un análisis comparativo económico, con el fin de determinar cómo la disminución del 50% del fertilizante quí-

mico más la adición de Biol5% puede lograr una rentabilidad mayúscula en el sistema ganadero al momento de fertilizar grandes coberturas de pasto.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Luis Fernando Gómez Ramírez: metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura, borrador original, revisión y edición. **Jorge Leonardo Abril Castro:** metodología, investigación,

conceptualización, escritura y revisión. **Jhon Jacobo Cañas Álvarez:** administrador del proyecto, supervisión, conceptualización, escritura y revisión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto “Programa de mejoramiento genético de razas criollas” con ID 1002462, ejecutado en el Centro de Investigación Motilonia de La Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria (Agrosavia), por aportar los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades. También agradecen al Centro de Investigación por facilitar los espacios para el desarrollo de esta investigación.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto *Programa de mejoramiento genético de razas criollas* (ID 1002462) finan-

ciado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

LITERATURA CITADA

- Abril, J. L., Roncallo, B., y Bonilla, R. (2017). Efecto de la inoculación con bacterias del género *Bacillus* sobre el crecimiento de *Megathyrsus maximus* Jacq., en condiciones de estrés hídrico. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 37(1), 25–37. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2017000100003&lng=es&tlng=es
- Aguado, G. D., Uliarte, E. M., y Funes-Pinter, M. I. (2023). Effect of different concentrations of bioslurry on the germination and production of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(1), 10149–10156. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n1.99647>
- Alvarado, W. E., y Medal, R. A. (2018). *Efecto del Biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de Pennisetum purpureum Jui-galpa, Chontales, Nicaragua, 2015–2016*. [Tesis de pregrado], Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3783>
- Camargo, O. (2023). *Caracterización de pequeña y mediana ganadería bovina del departamento del Cesar*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83669>
- Condo, L., y Ulloa, L. (2019). Evaluación del Biol en la producción de *Brachiaria brizantha* en el Cantón El Triunfo. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales (RCCS)*, 6, 73. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/biol-produccion-brachiaria.html>
- Cruz, E. C., Marín, I. G., y Cuervo, J. L. (2021). Efecto de la aplicación de biol producido a partir de estiércol bovino en las propiedades de un suelo dedicado a la producción de forraje. *Revista RedBioLAC*, 5(1), 60–65. <http://revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/45>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Agencia de Desarrollo Rural (ADR). (2019). *Plan integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial*. Tomo II, Departamento del Cesar. <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/CESAR-TOMO-II.pdf>
- Funes-Pinter, I. F., Salomón, M. V., Martín, J. N., Uliarte, E. M., e Hidalgo, A. (2022). Effect of bioslurries on tomato *Solanum lycopersicum* L. and lettuce *Lactuca sativa* development. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 54(2), 48–60. <https://doi.org/10.48162/rev.39.082>
- Gelvez-Pardo, I. M., Moreno, J. M., y Santos, A. M. (2020). *Guía de muestreo de suelo para análisis microbiológico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404098>

- Gobernación del Cesar. (2020). *Plan de desarrollo departamental 2020-2023: "Lo hacemos mejor"*. Gobernación del Cesar. <https://cesar.gov.co/d/index.php/es/menvertplpla/menvertplandes/232-artmenplandes>
- Gutiérrez-Arce, F., Díaz, S., Rojas, Z., Vallejos, L. A., y Gutiérrez, W. (2019). Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v. vicus) en Cajamarca. *Revista Perspectiva*, 20(4), 441–447. <https://doi.org/10.33198/rp.v20i2.00057>
- Hernández, E. A., Juárez, F. I., Pell, A. N., Montero, M., Pinos, J. M., y Blake, R. W. (2020). Degradación ruminal in vitro de las fracciones de carbohidratos contenidas en pastos tropicales fertilizados con nitrógeno. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 266–282. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4829>
- Infante, A. (2010). *Manual de biopreparados para la Agricultura Ecológica*. TRAMA Impresores S.A. <https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/148553>
- Infante, A. (2010). *Manual de biopreparados para la agricultura ecológica*. TRAMA Impresores S.A. <https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/148553>
- Ipaz-Cuastumal, C. M., Gómez-Ramírez, L. F., y Tauta-Muñoz, J. L. (2023). Productividad hídrica de *Megathyrus maximus* cv. bajo fertirriego en un suelo con pH variable en el Caribe seco colombiano. *Ingeniería y Competitividad*, 25(3), e–21013019. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.13019>
- Jara-Samaniego, L. J., Gallegos-Núñez, J. M., y Cruz-Torres, M. A. (2021). Elaboración y caracterización de bioles de residuos orgánicos. *InterSedes*, 22(45), 189–203. <https://doi.org/10.15517/isucr.v22i45.46013>
- Kovacevic, V. (2021). *Efecto de la aplicación en diferentes dosis de biofertilizante producido a partir de los residuos de establos sobre pasturas*. [Tesis de pregrado]. Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/97ae6236-7cd3-4196-99a7-59b1a-c494ea7>
- López, M. A. R., Junqueira, A. M. R., y Mejía, L. M. (2016). Estabilidad de biofertilizante Supermagro. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 11, 152–156. <https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49812>
- Martínez, J., Suárez, E., Rodríguez, J. L., y Mejía, S. (2019). Calidad del suelo para la producción de forrajes en sistemas ganaderos, Capítulo I. En: Mejía S; Suárez, E; Martínez, J; Atencio, L; Sánchez, D; Pérez, JE; Mancipe, E. (Eds.). Modelo productivo de carne bovina en la región Caribe colombiana. Mosquera, Colombia. Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.740-272-8>
- Melo, R. A., Ariza, P., Lissbrant, S., y Tofiño, A. (2015). Evaluation of agrochemicals and bioinputs for sustainable bean management on the Caribbean coast of Colombia. *Agronomía Colombiana*, 33(2), 203–211. <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n2.49858>

- Montenegro-Gómez, S. P., Nieto-Gómez, L. E., y Giraldo-Díaz, R. (2022). Efecto de prácticas agroecológicas en la conservación del suelo de la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca. *Entramado*, 18(2), e210. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.8002>
- Moreno, J. A., Bernal, M. C., Acosta, L. M., y Riveros, D. A. (2022). Evaluación de bioles en pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*), para el subsector ganadero. Caso Fusagasugá-Colombia. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 31(4), e02. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542022000400002&lng=pt&tlng=es
- Oliveira, J. R. D., Gomes, R. L., Araújo, A. S., Marini, F. S., Lopes, J. B., y Araújo, R. M. (2014). Estado nutricional e produção da pimenteira com uso de biofertilizantes líquidos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 1241–1246. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1241-1246>
- Quiñones-Ramírez, H. Q., Cadillo, W. T., y Morales, J. J. (2016). Evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca. *Ecología aplicada*, 15(2), 133–142. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.753>
- Restrepo-Rivera, J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas*. 1a ed. Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS). Managua. <https://guiaspdf.net/wp-content/uploads/2021/02/Libro-de-Agricultura-Organica-GuiasPDF.Net.pdf>
- Rivera, J. E., Serna, L. P., Solano, C., Gómez, M., Hernández, D., y Chará, J. (2021). Los sistemas de producción bovina en el departamento del Cesar, Colombia. Una estimación de las emisiones de GEI y sus alternativas de mitigación. *Livestock Research for Rural Development*, 33(52). <http://www.lrrd.org/lrrd33/4/3352jeriv.html>

Conflicto de intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.