

Producción y valor nutricional del pasto *Urochloa brizantha* sometido a fertilización orgánica y química

Production and nutritional value of *Urochloa brizantha* grass subjected to organic and chemical fertilization

Petra González-Hernández¹ , Erika Andrea Hernández^{1*} , Diego Vázquez-Aguilar² , Karla Lissette Silva-Martínez¹ , Oscar del Ángel-Piña¹ , Elizabeth León-García³ 

¹División de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca; Desviación Lindero Tametate S/N, Col. "La Morita", CP. 92100. Tantoyuca, Veracruz, México.

²Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, Campus II, Carr. Emiliano Zapata Km. 8, CP. 29060. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Posta. Km 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba, CP. 94277. Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: erika.hernandez@itsta.edu.mx

Nota científica

Recibida: 30 de septiembre 2024

Aceptada: 30 de julio 2025

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización orgánica y química en la producción y composición nutricional del pasto Toledo (*Urochloa brizantha*). Se evaluaron cuatro tratamientos: sin fertilización (SF), Biol con agua (FBA), Biol (FB) y fertilización química (FQ), los cuales se aplicaron cada 21, 28 y 35 días de rebrote. Se tomaron muestras de biomasa para estimar la producción de materia seca y determinar el contenido de proteína cruda(PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (LIG) y ceniza (CEN). Los mayores rendimientos se observaron en la FB y a 35 días de corte con 2 407 y 2 624 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente. El contenido nutricional no presentó variación entre tratamientos, ni edades evaluadas, sin embargo, se observó que valores promedios de FBA y FB estuvieron dentro de los rangos requeridos para la nutrición de bovinos.
Palabras clave: Pasto Toledo, biofertilizantes, forrajes, agricultura sostenible

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the effect of organic and chemical fertilization on the production and nutritional composition of Toledo grass (*Urochloa brizantha*). Four treatments were evaluated: no fertilization (NF), Biol with water (FBW), Biol (FB) and chemical fertilization (CF), which were applied every 21, 28 and 35 days of regrowth. Biomass samples were taken to estimate dry matter production and determine the content of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG) and ash (CEN). The highest yields were observed in the FB and at 35 days of cutting with 2 407 and 2 624 kg ha⁻¹ of DM, respectively. The nutritional content did not vary between the treatments or the ages evaluated, however, it was observed that average values in the FBW and FB were within the ranges required for cattle nutrition.

Keywords: Toledo grass, biofertilizers, forages, sustainable agriculture.

Como citar: González-Hernández P, Hernández EA, Vázquez-Aguilar D, Silva-Martínez KL, del Ángel-Piña O, León-García E (2025) Producción y valor nutricional del pasto *Urochloa brizantha* sometido a fertilización orgánica y química. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(2): e4349. DOI: 10.19136/era.a12n2.4349.

INTRODUCCIÓN

La rentabilidad de la ganadería bovina en pastoreo depende de la distribución del rendimiento forrajero y valor nutricional que depende a su vez de la composición morfológica en una pradera en un clima dado. El aporte de nutrientes es fundamental para la máxima producción del forraje y valor nutricional (Biserra *et al.* 2020), esta aportación se realiza mediante el proceso de mineralización de los macro y micro nutrientes principalmente por la acción de microorganismos presentes en el suelo; su absorción a través de las raíces en forma iónica; su translocación y transporte en el xilema; su adquisición, utilización y almacenaje en la hoja; y, por último, su removilización vía floema (Bonilla 2013). Entre los principales minerales del suelo el nitrógeno (N) es un elemento mineral esencial que participar en todas las etapas del crecimiento y desarrollo de las plantas además de ser el componente principal de proteínas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, clorofila, hormonas, vitaminas y alcaloides (Chen *et al.* 2021, Jiang *et al.* 2024). El N se puede obtener del suelo en formas inorgánicas como nitrato (NO_3), donde el proceso de absorción ocurre principalmente en las raíces a través de transportadores específicos ubicados en la membrana plasmática de las células radiculares, y Amonio (NH_4), donde su absorción es facilitada por transportadores de la familia AMT, que regulan la entrada de este ion en las células radiculares y epidermis (Masclaux-Daubresse *et al.* 2010, Ye *et al.* 2022). Sin embargo, en los ecosistemas naturales y los sistemas de producción agrícola, la deficiencia de N suele ser uno de los factores limitantes más importantes, principalmente por la erosión del suelo que reduce su disponibilidad generando estrés en el desarrollo y crecimiento de las plantas, las cuales degradan sus propias proteínas para reutilizar el nitrógeno lo que conlleva a una disminución de la fotosíntesis, una senescencia acelerada de las hojas y una desaceleración de la acumulación de biomasa, causando daños irreversibles a las plantas (Liu *et al.* 2023).

Con la finalidad de aumentar los rendimientos en los cultivos se utilizan fertilizantes nitrogenados, muchas veces excediendo los umbrales que requieren los suelos y plantas, y solo entre el 30 y el 50% del nitrógeno aplicado es realmente absorbido, lo que resulta en una baja eficiencia de su uso (Nacry *et al.* 2013, Liu *et al.* 2024). Sin embargo, las tendencias agrícolas actuales se centran en la búsqueda de alternativas a estos fertilizantes inorgánicos, debido a los enormes costos de adquisición, la contaminación ambiental y la combinación de una aplicación inadecuada que conduce a la degradación del suelo (Almamori y Abdul-Ratha 2020). Esto principalmente por la escorrentía y lixiviación en los suelos, donde el nitrógeno se incorpora como nitritos y nitratos a las aguas subterráneas y mantos freáticos, generando contaminación de las fuentes de agua de uso humano y agropecuarias (Singh *et al.* 2020). Por otra parte, la alta concentración de estos compuestos en suelo, agua y aire generan un desbalance en los ciclos biogeoquímicos y las cadenas tróficas de las zonas agrícolas, teniendo como efecto la disminución de la capacidad productiva (Mandal *et al.* 2020).

Entre las alternativas al uso de fertilizantes químicos, el uso de biofertilizantes es una opción prometedora y de bajo costo para el suministro de nutrientes esenciales para las plantas además de un impacto positivo en la productividad de los cultivos (Díaz-Gutiérrez *et al.* 2022). Debido a que optimizan las propiedades del suelo al mejorar su fertilidad y estructura, reducir la densidad aparente y al aumentar la retención de agua, la capacidad de intercambio catiónico y la presencia

de microorganismos (Biserra *et al.* 2020). Estos beneficios se observaran durante el período de transición del suelo, el cual puede durar de 3 a 5 años, extendiéndose hasta 8 años, dependiendo del manejo previo del suelo y de los factores medio ambientales (Félix-Herrán *et al.* 2008). Por otra parte, incrementa la producción y calidad nutricional de los forrajes al aumentar la disponibilidad y absorción de nutrientes debido al incremento radicular de la planta (Aguado-Santacruz 2012, Kumar *et al.* 2015). Una opción de fertilización orgánica para los pastizales es la descomposición del estiércol a través de un biodigestor donde se puede adquirir un subproducto líquido que es el resultado de la fermentación anaeróbica y el cual es conocido como biol o digerido liquido de fermentación. Los residuos que se incorporan al biodigestor sufren un proceso de mineralización los cuales al ser aplicados al suelo son asimilados por la planta de manera rápida mejorando así su desarrollo (Cruz *et al.* 2021), a su vez se generan microorganismos los cuales producen enzimas que ayudan a procesar los elementos insolubles a solubles, lo que provoca mayor absorción de nutrientes en las plantas en el momento de su aplicación y mejoran la fertilidad del suelo (Ramos y Terry 2014). Por otra parte, los biofertilizantes son ricos en nitrógeno, amoníaco, hormonas vegetales (auxinas y giberelinas), vitaminas (tiamina y riboflavina) y aminoácidos que ayudan a regular el metabolismo de las plantas beneficiando el enraizamiento, el desarrollo de los pelos radicales, la floración, la germinación de las semillas, la resistencia a las condiciones adversas como la sequía y protección contra posibles plagas (Moreno-Reséndez *et al.* 2018, Sánchez-Llevat *et al.* 2022). Mientras que Du *et al.* (2022) y Singh *et al.* (2020) mencionan que los bioles incrementan el contenido de carbono orgánico total entre 5.91 y 7.84% del suelo lo que genera una mayor fertilidad y un aumento en la productividad de los cultivos, además son ecológicos y rentables, debido a que disminuyen la contaminación del suelo, aire y agua.

Se han realizado varias investigaciones sobre el efecto del uso de biofertilizantes en el rendimiento y contenido nutricional de los pastos tropicales. Al respecto, Vásquez y Maraví (2017) observaron un rendimiento de 11 180 kg ha⁻¹ MS con la aplicación de biol, obtenido de biodigestores, y de 5594 kg ha⁻¹ MS sin fertilizar en morera (*Morus alba* L.). Mientras que Elizondo y Espinoza (2021) indican un rendimiento de 965.8 y de 723.5 kg ha⁻¹ de MS en pasto estrella fertilizado con purines y sin fertilizar, respectivamente, cosechado a 28 días, lo que demuestra un incremento del 33% en el rendimiento de la MS con la fertilización orgánica. Referente al contenido nutricional Sánchez-Santillán *et al.* (2021) obtuvieron un contenido de 11.1 y de 12.7% de PC para el pasto Aruana adicionado con composta más lixiviado y NPK, respectivamente, a 35 días de rebrote. Mientras que Jiménez *et al.* (2010) observaron concentraciones para FDN de 71.9 a 78.1%, 70.2 a 72.7% y de 72.9 a 76% en forraje *Urochloa humidicola* con fertilización orgánica (bocashi), química y sin fertilizar, respectivamente, a 35 días. En tanto que Cruz *et al.* (2021) indican un valor del 24.5% para FDA en el pasto Kikuyo fertilizado con biol y de 22.9 y 24.3% con el tratamiento químico y testigo, a 50 días de rebrote. Para los valores de LIG, y CEN Rojas-Molina y Elizondo-Salazar (2020) reportan valores 1.67, 1.59 y 1.79% en el pasto Taiwán fertilizado con purines, urea y testigo, respectivamente, a 60 días de rebrote y Cruz *et al.* (2021) de 8.5, 8.3 y 7.8% en el pasto Kikuyo fertilizado de forma orgánica, inorgánica y sin fertilizar a 50 días, respectivamente. Por otra parte Alvarez *et al.* (2023) expresan que la producción de biomasa muestra resultados positivos a la aplicación de fertilizantes orgánicos, además tienen un impacto favorable en la calidad y composición nutricional de los forrajes al presentar concentraciones dentro de los requerimientos mínimos para los rumiantes. Las investigaciones sobre el uso de biofertilizantes en forrajes presentan resultados diferentes. Por lo

tanto, el objetivo de este trabajo de investigación fue el de evaluar la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto *Urochloa brizantha* cv. Toledo fertilizado de manera química y orgánica en tres frecuencias de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el rancho Tamaya ubicado en la localidad de Santa Cruz, municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo. El clima de la región es cálido húmedo, con temperatura y precipitación promedio anual acumulada de 30.1 °C y 1 469 mm, respectivamente (García 2005). La posición geoespacial comprende los paralelos 21° 12' de LN y 98° 29' de LO, a 134 msnm. El suelo se clasifica como Vertisol, de textura arcillosa con el 73.6%, materia orgánica de 5.12% y pH de 8.46.

Establecimiento y material vegetal

El material vegetal utilizado fue el pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) el cual se estableció en el mes de noviembre de 2022 en una superficie de 530 m², en la cual se delimitaron parcelas de 5 × 5 m. La siembra se realizó con semilla botánica a chorrillo con una distancia entre hileras de 50 cm y 1 m entre callejones. Antes de iniciar los muestreos en marzo de 2023, se realizó un corte de uniformización a 10 cm de altura a fin de tener una homogeneidad. El control de arvenses fue de manera manual. La precipitación mensual, humedad relativa y las temperaturas medias, máximas y mínimas durante el período de evaluación se reportan en la Figura 1.

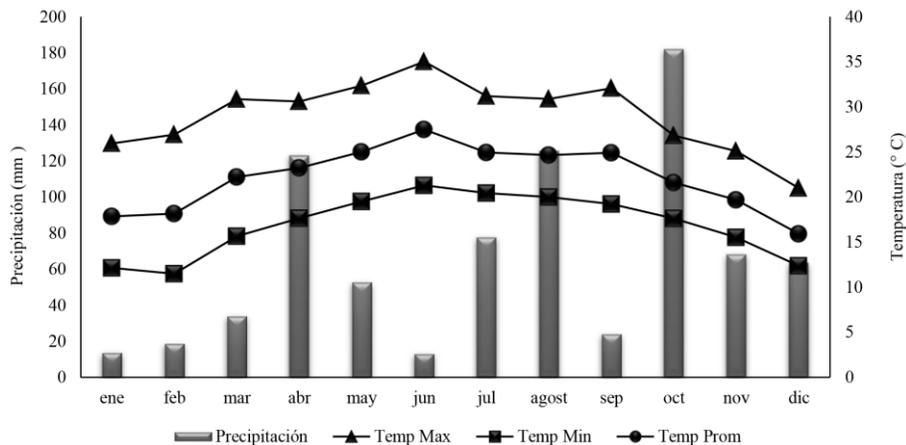


Figura 1. Precipitación mensual, humedad relativa y temperaturas máximas, mínimas y medias Huejutla de Reyes, Hidalgo.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en cuatro esquemas de fertilización: tratamiento sin fertilización (SF), Biol a una concentración del 50% v/v (1 L de lixiviado disuelto en 1 L de agua; FBA), Biol a una concentración del 100% (2 L de lixiviado sin disolver; FB) y fertilización química (urea 150 kg ha⁻¹ año, disuelto en agua, FQ), los cuales se aplicaron de manera directa al suelo cada 21, 28 y 35 días

después del corte. El biofertilizante se preparó a partir de una mezcla que contenía estiércol fresco de ganado (50 kg), levadura fresca para pan (0.5 kg), piloncillo de caña de azúcar (2 kg), previamente disueltos en agua (58 L), ceniza de madera (5 kg), leche de bovino (2 L), hojas tiernas de *Gliricidia sepium* (10 kg), que fueron anteriormente picadas, y agua (120 L). Para obtener un sistema de fermentación anaeróbico, los ingredientes se colocaron en un recipiente de plástico con capacidad de 200 L el cual se ubicó en un lugar ventilado y protegido del sol y la lluvia. Después de 30 días de fermentación de la mezcla, el material pasó a través de tamices de malla de 4.0 mm, y se separó la parte líquida de la sólida, considerando la parte líquida el biofertilizante. Las características nutricionales del Biol se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características nutricionales del Biol aplicado en praderas del zacate *Urochloa brizantha*.

Determinación	Valor	Determinación	Valor
pH	5.92	Cobre (ppm)	0.59
Cond. Eléctrica (dS/m)	10.9	Manganeso (ppm)	1.68
Nitrógeno total (%)	0.11	Zinc (ppm)	3.44
Fosforo (%)	0.2	Boro (ppm)	1.91
Potasio (%)	0.22	Humedad (%)	97.4
Calcio (%)	0.15	Materia orgánica (%)	1.65
Magnesio (%)	0.05	Cenizas (%)	0.93
Sodio (%)	0.01	Carbono orgánico (%)	0.95
Azufre (%)	0.01	Relación C/N	8.58
Hierro (ppm)	14.3		

Laboratorio de análisis de suelo y nutrición. Fertilab (2023)

Producción de biomasa y análisis de composición química

Los muestreos se realizaron cada 21, 28 y 35 días, después del corte de uniformidad, durante los meses de marzo a septiembre de 2023. Para la recolecta de forraje verde se utilizó un cuadro de PVC de 1 × 1 m, con el cual se cosechó todo el material vegetal disponible dentro de este a una altura de 10 cm. Posteriormente el material recolectado se pesó en una báscula digital (ADAM®, USA) y se procedió a tomar una submuestra representativa de 200 g para ser conservada en bolsas de papel, las cuales fueron puestas en un horno de aire forzado a una temperatura de 55 °C hasta obtener un peso constante. Con los datos resultantes se estimó el rendimiento de materia seca por hectárea. Luego del secado, las muestras fueron trituradas en un molino Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA) con malla de 1 mm y se procedió a determinar Proteína Cruda (PC) y Cenizas (CEN) siguiendo el método AOAC (2011), mientras que para Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Lignina (LIG) se utilizó la técnica de Van Soest *et al.* (1991), adaptada en el equipo ANKOM 200 (ANKOM, NY, USA). Lo anterior, se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria de Fisiología y Mejoramiento Animal CENID FyMA del INIFAP.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, en arreglo factorial 4 × 3. Los tratamientos consistieron en 4 fuentes de fertilizaciones (Sin fertilizante, Biol 50%, Biol 100% y fertilización química) y tres

intervalos de rebrote (21, 28 y 35 días), con un total de 12 tratamientos y con tres repeticiones. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), empleando el paquete estadístico Statistical Analsys System versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa

Se observaron diferencias estadísticas significativas en la producción de MS entre los tratamientos (Tabla 2) donde las máximas acumulaciones se presentaron en el tratamiento a base de biol al 100% (FB) con 3 291 kg ha⁻¹ de MS, mientras que el rendimiento en los tratamientos control (SF), biol al 50% (FBA) y fertilización química (FQ) presento una variación entre los 1 683 y 1 991 kg ha⁻¹ de MS siendo muy similar entre los tres. También se observó diferencias entre frecuencias de corte; el rendimiento mayor fue a 35 días con 2 624 kg ha⁻¹ de MS, seguido de cada 28 días con 2 064 kg ha⁻¹ de MS. La menor producción se presentó a 21 días. No se observó significancia entre la interacción tratamiento × frecuencia de corte.

Tabla 2. Producción de biomasa seca (MS) de *Urochloa brizantha*, fuentes de fertilización y frecuencia de corte.

Tratamiento	Kg ha ⁻¹ de MS
SF	1 683 ^b
FBA	1 840 ^b
FB	2 407 ^a
FQ	1 991 ^b
E.E	128
21	1 253 ^c
28	2 064 ^b
35	2 624 ^a
E.E	111
T	0.001
F	<0.0001
T*F	0.5163

SF: Sin Fertilización; FBA: fertilización biol 50 %; FB: fertilización biol 100 %; FQ: fertilización química; T: tratamiento; F: Frecuencia; E.E: error estándar. Literales diferentes dentro de columna indican diferencia estadística significativa (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Los rendimientos obtenidos en esta investigación son superiores a lo reportado por Wilson-García *et al.* (2021) quienes observaron una producción de 88 y de 114 kg ha⁻¹ de MS a los 35 días en el pasto *Urochloa* cv. Cayman fertilizado con composta y lombricomposta, respectivamente, así como por Lara-Calderon *et al.* (2021) quienes obtuvieron rendimientos de 1 125 kg ha⁻¹ de MS con humus líquido y de 1 096 kg ha⁻¹ con biofertilizante en el pasto *Bracharia decumbens* cv. Basilisk a la misma

edad. Condo y Ulloa (2019) y Apollon *et al.* (2022) observaron acumulaciones de MS de 28 230 kg ha⁻¹ año⁻¹ con la aplicación de Biol bovino a los 45 días de rebrote en *Urochloa brizanta*, y de 14 3 kg ha⁻¹ de MS a los 42 días de cosecha en el forraje *Urochloa brizantha* cv. Sinai fertilizado con estiércol bovino, respectivamente. Estas investigaciones fueron con intervalos de corte mayor a los 35 días, sin embargo, las producciones no resultaron superiores a la observadas en este estudio. Respecto a la producción de los 28 días, Elizondo y Espinoza (2021) obtuvieron una producción de 966 kg ha⁻¹ de MS en el pasto *Cynodon nlemfuensis* fertilizado con purines, mientras que López-García *et al.* (2017) observaron una producción de 1 755 kg ha⁻¹ de MS con abono bocashi en pastos de *Urochloa brizantha*, ambos forrajes cosechados a los 30 días. Estos resultados son inferiores a los observados en esta investigación.

El aumento de producción de forraje con la aplicación de biol puede deberse a la mayor disponibilidad de nutrimentos para las plantas al ser además una fuente de fitoreguladores y fitoestimulantes, que al aplicarlo permite aumentar la cantidad de raíces e incrementar la cantidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando substancialmente la producción y calidad de las cosechas (Cabos *et al.* 2019), así como por la incorporación de materia orgánica semi-degradada y microorganismos, los cuales favorece el aporte de sustancias húmicas y aumenta así la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad del suelo (López *et al.* 2017, De-Matos *et al.* 2020). Otro factor importante es el hecho de que los nutrientes del Biol se encuentran disueltos en un medio líquido, lo que aumenta la eficiencia de absorción, proceso que ocurre mediante las células del tejido endodermis que se encuentra en las raíces y que están recubiertas por una capa hidrofóbica de suberina, conocida como la banda de Caspari, posteriormente el movimiento de nutrientes se realiza por la vía simplástica hacia el interior de las células al ser absorbidos por proteínas especializadas en la membrana plasmática (Taiz y Zeiger 2006) de las plantas y ayuda a suplir la demanda de agua del cultivo (Aydin y Turan 2012) la cual tiene efectos bioestimulantes en las plantas al tener microorganismos y materia orgánica disueltos (Delaide *et al.* 2016). Además de esto, el nitrógeno contenido en el biofertilizante se encuentra principalmente en formas fácilmente disponibles como nitrógeno nítrico y amoniacal (Pereira *et al.* 2009). Sin embargo, la disponibilidad de este nutriente se encuentra en concentraciones relativamente bajas, por lo que se necesita un mayor volumen para poder suministrar la cantidad suficiente para el crecimiento de las plantas (Bhatt *et al.* 2019). Lo anterior es debido a que el porcentaje de nitrógeno depende de la especie animal, la dieta y los procesos adaptados para tratar y procesar el estiércol (Liu *et al.* 2024). Además, Francia *et al.* (2007) indican que el nitrógeno participa en la composición de sustancias orgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas, como aminoácidos, ácidos nucleicos, hormonas de crecimiento y clorofila. Por otra parte, Biserra *et al.* (2020) informaron que el nitrógeno acelera los procesos de formación y desarrollo de hojas y macollos, que son fundamentales para el crecimiento de las plantas, al observar aumentos significativos en el desarrollo del área foliar en el pasto *Urochloa brizantha* sometido a fertilización orgánica. De igual forma, Singh *et al.* (2020) y Alvarez *et al.* (2023) mencionan que el uso de los fertilizantes orgánicos aumenta los procesos de fijación de nitrógeno y la solubilización de iones minerales provocando un mejor crecimiento de las plantas por la síntesis de las hormonas de crecimiento. Además, de nitrógeno, los fertilizantes orgánicos contienen, carbono y micronutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas (Ramos y Terry 2014).

Otros cultivos también han mostrado un mayor rendimiento de materia seca cuando se someten a fertilizaciones orgánicas, como se observa en el cultivo de maíz con la aplicación de biofertilizantes de aguas residuales de cría de ganado lechero con 8 908 vs 5 792 kg ha⁻¹ del tratamiento testigo (De-Matos *et al.* 2020), con estiércol de gallinas ponedoras con 15 285 kg ha⁻¹ y de 11 000 kg ha⁻¹ en el testigo (Campos *et al.* 2017), en pastos forrajeros Tifton 85 con la aplicación de aguas residuales domésticas tratadas con 1 763 61 y 925 00 kg ha⁻¹ con la fertilización química (García *et al.* 2016) y en avena negra fertilizada con aguas residuales de ganado con un rendimiento de 12 840 y 13 5548 kg ha⁻¹ en el testigo (Erthal *et al.* 2010).

La aplicación de biofertilizante líquido a partir de estiércol de ganado sobre forrajes tropicales es una alternativa para la disposición final y reúso de estos residuos. Al respecto, Biserra *et al.* (2020) obtuvieron resultados satisfactorios al aplicar biofertilizante líquido proveniente de estiércol vacuno sobre el pasto *Brachiaria brizantha*, con un mayor rendimiento de materia seca en hojas y raíces, así como un efecto positivo en la altura de la planta. Mientras que De-Matos *et al.* (2020) observaron un aumento en el contenido de potasio en el suelo al utilizar aguas residuales de establos ganaderos mediante fertirrigación. Este elemento es el segundo nutriente más requerido por las plantas y su disponibilidad en el suelo está fuertemente influenciada entre otros factores por el contenido de agua en la solución del suelo (Rosolem *et al.* 2006).

Composición nutricional

En cuanto al contenido nutricional presente en el forraje cosechado (Tabla 3), solo se encontraron efectos significativos ($\alpha = 0.05$) por efecto de la frecuencia de corte en el contenido de ceniza (CEN) a los 28 días con 11.27%. Para los tratamientos evaluados los valores de CEN tuvieron poca variación con 10.57 y 11.04%. La concentración de cenizas (CEN) fue superior a los reportado por Borges *et al.* (2012) y Cruz *et al.* (2021) quienes obtuvieron valores de 9.3%, en el pasto *C. nlemfuensis* fertilizado con composta a base de estiércol bovino a los 35 días de rebrote, y de 8.5% en el pasto Kikuyo fertilizado con biol y cosechado a los 50 días. Estas variaciones podrían atribuirse a factores como la aplicación de fertilizantes, la etapa de crecimiento y las condiciones ambientales las cuales impactan en la composición mineral de los forrajes (Mirzaei 2012). Por otra parte, Sadafzadeh *et al.* (2023) mencionan que un aumento en el contenido de cenizas proporciona un mayor aporte de minerales para el ganado y, en consecuencia, aumento en la calidad del forraje. Los contenidos de cenizas de este estudio estuvieron entre las concentraciones observadas para forrajes con 9 y 11% (Yalew *et al.* 2020).

Respecto al contenido de Proteína Cruda (PC) no se observaron diferencias entre los tratamientos solo una escasa variación en las frecuencias de corte con 10.21 y 11.36% (Tabla 3). La fertilización orgánica no alteró las concentraciones de PC en el pasto Toledo. El mismo efecto fue reportado por De-Matos *et al.* (2020) los cuales no encontraron diferencias significativas con la aplicación de biofertilizantes de aguas residuales de cría de ganado lechero en maíz, al igual que Campos *et al.* (2017) al someter plantas de maíz a niveles crecientes de estiércol de gallina ponedora. La variación presentada en el contenido de PC en las frecuencias de corte a los 28 y 35 días (Tabla 3) es superior a lo reportado por López-García *et al.* (2017) y Jiménez *et al.* (2010) con 9.8% en *Urochloa brizantha* y de 6.7% en *Urochloa humidicola* ambos fertilizados con abono tipo bocashi y cosechados a los 28 días, así como por Sánchez-Santillán *et al.* (2021) quienes observaron un contenido de 7.2% para el

pasto Aruana fertilizado con compostaje a los 35 días de rebrote. Esta alta concentración se puede deber a la rápida aportación de nitrógeno a la planta con la aplicación del biofertilizante. Mientras que Liang *et al.* (2012), mencionan que la aplicación de Bioles a base de estiércol bovino incrementa el carbono orgánico, el nitrógeno, fósforo y potasio, así como el pH, a su vez aumentan la masa microbiana e incrementa la actividad enzimática haciendo disponible los minerales para la planta, lo cual aumenta el rendimiento de los cultivos. Mientras que Van Soest (1994) menciona que un aumento en la concentración de PC en la planta puede corresponder al aumento en la concentración de aminoácidos y proteínas en el contenido celular. Ahmaefule *et al.* (2006) señalan que los forrajes y alimentos que contienen menos del 7% de proteína son mal digeridos por los rumiantes debido a la insuficiencia de nitrógeno para el crecimiento de la microbiota ruminal; sin embargo, el nivel de proteína cruda en este forraje es superior al 8% recomendado para el funcionamiento normal de los microorganismos del rumen (Sampaio *et al.* 2009). Lo anterior, indica que la fertilización orgánica puede competir con los fertilizantes químicos al contribuir en la nutrición del pasto Toledo.

Tabla 3. Composición nutricional del pasto *Urochloa brizantha* con diferentes fuentes de fertilización y frecuencias de corte.

Tratamientos	PC %	FDN %	FDA %	LIG %	CEN %
SF	10.47	62.02	32.90	3.28	10.57
FBA	10.67	61.45	32.72	3.18	10.70
FB	10.47	61.93	32.91	3.45	11.04
FQ	10.84	63.10	32.55	3.52	10.78
E.E	0.67	1.41	1.08	0.23	0.25
Frecuencias (F) días					
21	10.27	61.61	32.60	3.47	10.25 ^a
28	11.36	63.73	33.60	3.33	11.27 ^b
35	10.21	61.04	32.10	3.27	10.79 ^{ab}
E.E	0.58	1.22	0.93	0.20	0.22
<i>p</i> -valor					
T	0.970	0.860	0.990	0.720	0.590
F	0.250	0.270	0.450	0.750	0.004
T×F	0.990	0.990	0.970	0.990	0.850

SF: Sin Fertilización; FBA: fertilización biol 50 %; FB: fertilización biol 100 %; FQ: fertilización química; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; LIG: lignina; CEN: ceniza; T: tratamiento; F: frecuencia; E.E: error estándar. Literales diferentes dentro de columna indican diferencia estadística significativa (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Los valores encontrados para fibra detergente neutra (FDN) entre los tratamientos y frecuencias de cortes evaluados presentaron poca variación con 61.45 a 63.10% y de 61.04 y 63.73%, respectivamente (Tabla 3). Los resultados encontrados para FDN, el cual es un parámetro importante que define la calidad del forraje y que limita la capacidad ingestiva de los animales (Gándara *et al.* 2017), estuvieron cerca del rango de 55 - 60% recomendado por Van Soest (1994), el cual menciona que valores superiores se correlacionan negativamente con el consumo voluntario de MS por parte de los animales generando una disminución en el rendimiento animal. La

variación presentada en la frecuencia de corte a los 28 y 35 días (Tabla 3) está por debajo de lo observado por Jiménez *et al.* (2010) quienes reportan valores entre 73.7 a 77.8% y de 71.9 a 78.1% a los 28 días y 35 días de rebrote en el forraje *Urochloa humidicola* fertilizado con bocashi. Lo anterior indicaría que el biol a base de estiércol de bovino podría tener un efecto sobre la composición nutricional del forraje, favoreciendo en gran medida la formación de estructuras de mayor aprovechamiento y limitando la conformación de carbohidratos estructurales (Moreno-Sandoval *et al.* 2022).

Para la fibra detergente ácida (FDA) no se observaron variaciones entre los tratamientos, solo una leve variación en las frecuencias de cortes con 32.10 y 33.60% (Tabla 3). Respecto a la variación en la concentración de FDA, que representa la fracción de fibra que es indigerible por estar relacionada con el contenido de lignina de las células (De-Matos *et al.* 2020), a los 28 y 35 días fueron superiores a lo reportado por Apraez *et al.* (2007) y Cruz *et al.* (2021) quienes reportan un valor de 31.83% a los 28 días de rebrote y de 24.5% a los 50 días en el pasto Kikuyo fertilizado con estiércol de bovino y biol, respectivamente. El valor de FDA puede variar entre un 26.60 a 42.4% dependiendo de las especies forrajeras (Van Soest 1994). Mientras que Rodrigues-Nunes *et al.* (2015) mencionan que para que un forraje sea considerado de buena calidad los niveles de FDA deben rondar en un 30%, lo que permite un mayor consumo de alimento, mientras que niveles superiores al 40% proporcionan un menor consumo.

El aumento de los niveles de las fracciones de fibra se puede asociar con una mayor lignificación de la pared celular, así como con una mayor actividad metabólica de la planta, lo que acelera que el contenido celular se convierta más rápidamente en compuestos estructurales (Maceda *et al.* 2021). Algunos autores como Alvarez *et al.* (2023) indican que el uso del biol se da principalmente como promotor y fortalecedor del crecimiento de la planta, raíces y frutos, debido a la producción de hormonas vegetales. Por otra parte, Shahwar *et al.* (2023), mencionan que el Biol aporta macro y microelementos al suelo y a las plantas, además de hormonas (auxinas) que ayudan en la recuperación de los tejidos vegetales después del pastoreo y producción de forraje verde; lo que constituye en una mejora del suelo y el cultivo. Aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos y los valores de FDN y FDA estos están dentro de lo recomendado para la alimentación de rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por la beca de Posgrado otorgada a Petra González Hernández. Al CENID FyMA del INIFAP por facilitar el laboratorio de Nutrición animal para realizar los análisis bromatológicos.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Aguado-Santacruz GA (2012) Uso de microorganismos como biofertilizantes. In: Aguado-Santacruz GA (ed). Introducción al uso y Manejo de los biofertilizantes en la agricultura. INIFAP/SAGARPA. México. pp. 35-78.
- Ahmaefule FO, Obua BE, Ibeawuchi JA, Udosen, NR (2006) The nutritive value of some plants browsed by cattle in Umudike, Southeastern Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* 5(5): 404-409. <https://doi.org/10.3923/pjn.2006.404.409>
- Almamori HA, Abdul-Ratha HA (2020) Effect of addition of vermicompost, bio and mineral fertilizer on the availability of some nutrients in soil and potato yield. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences* 51(2): 644-656. <http://dx.doi.org/10.36103/ijas.v51i2.992>
- Alvarez F, Ríos P, Sterling A (2023) Effects of organic fertilization on biomass production in *Urochloa* spp. Pastures and soil biological and physical properties in the Colombian Amazon Region. *Sustainability* 15(21): 1-15. <https://doi.org/10.3390/su152115217>
- AOAC (2011) Official methods of analysis of AOAC International. 18th Edition, AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA. 771p.
- Apollon W, Jean Baptiste Y, Wagner BJ, Luna-Maldonado AI, Silos-Espino H (2022) Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de *Brachiaria brizantha*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13(1): 1-13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2637>
- Apraez E, Crespo, G, Herrera, RS (2007) Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y minerales en el comportamiento de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechs) en el Departamento de Nariño, Colombia. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41(1): 75-79.
- Aydin, A, Turan, M (2012) Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research* 7(7): 1073-1086. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.274>
- Bhatt MK, Labanya R, Joshi, HC (2019) Influence of Long-term Chemical fertilizers and Organic Manures on Soil Fertility - A Review. *Universal Journal of Agricultural Research* 7(5): 177-188. <https://doi.org/10.13189/ujar.2019.070502>
- Biserra TT, Paiva LM, Fernandes HJ, Duarte CFD, Fleitas AC, Silva AO da (2020) Produção e valor nutritivo de capim-piatã submetido à adubação orgânica e química. *Nativa* 8(1): 150-156. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i1.7450>
- Bonilla I (2013) Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. In: Azcon-Bieto J, Talon M (eds) *Fundamentos de fisiología vegetal*. segunda edición. MacGraw Hill Interamericana. España. pp. 103-121.
- Borges JA, Barrios M, Escalona O (2012) Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Zootecnia Tropical* 30(1): 17-25.
- Cabos SJ, Bardales VCB, León TCA, Gil RLA (2019) Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo. *Arnaldoa* 26(3): 1165-1176. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26321>
- Campos SA, Lana RP, Galvão JCC, Souza MN, Tavares VB (2017) Efeito do esterco de galinha poedeira na produção de milho e qualidade da silagem. *Revista Ceres* 64(3): 274-281. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201764030008>
- Chen H, Zhang Q, Wang X, Zhang J, Ismail AM, Zhang Z (2021) Nitrogen form-mediated ethylene signal regulates root-to-shoot K⁺ translocation via NRT1.5. *Plant Cell Environ* 44: 3576-3588. <https://doi.org/10.1111/pce.14182>

- Condo L, Ulloa L (2019) Evaluación del BIOL en la producción de *brachiaria brizantha* en el Cantón El Triunfo. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/biol-produccion-brachiaria.html>.
- Cruz EC, Marín IG, Cuervo JL (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.
- De-Matos NA, Maciel AM, Silva JBG, Mendonça HV, de Paula VR Otenio MH (2020) Biofertilizer application on corn (*Zea mays*) increases the productivity and quality of the crop without causing environmental damage. Water, Air, & Soil Pollution 231(414): 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04778-6>
- Delaide B, Goddek S, Gott J, Soyeurt H, Jijakli MH (2016) Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) growth performance in complemented aquaponic solution outperforms hydroponics. Water 8(10): 1-11. <https://doi.org/10.3390/w8100467>
- Díaz-Gutiérrez JP, Quila-Bonoso KM, Zambrano-Gavilanes F, Bravo-Zamora R (2022) Efectos de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). Biotempo 19(2): 291-301. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i2.5252>
- Du S, Ma Z, Chen J, Xue L, Tang C, Shareef TM, Siddique KH (2022) Effects of organic fertilizer proportion on the distribution of soil aggregates and their associated organic carbon in a field mulched with gravel. Scientific Reports 12(11513): 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15110-z>
- Elizondo SJA, Espinoza FH (2021) Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. Nutrición Animal Tropical 15(2): 25-41. <https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.48001>
- Erthal VJT, Ferreira PA, Pereira OG, Matos AT (2010) Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14(5): 458-466. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000500002>
- Félix-Herrán JA, Sañudo-Torres RR, Rojo-Martínez GE, Martínez-Ruiz R, Olalde-Portugal V (2008) Importancia de los abonos orgánicos. Revista Ra Ximhai 4(1): 57-67. <https://doi.org/10.35197/rx.04.01.2008.04.jf>
- Francia AFS, Borjas ALR, Oliveira ER, Soares TV, Miyagi ES, Sousa VR (2007) Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. Ciência Animal Brasileira 8(4): 695-703. <https://doi.org/10.5216/cab.v8i4.2690>
- Gándara L, Borrajo CI, Fernández JA, Pereira MM (2017) Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad del rebrote sobre el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 49(1): 69-77.
- García E (2005) Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. México. 217p.
- Garcia GdeO, Riggo MM, Cecílio RA, Reis EF, Mellere J, Bergamin G (2016) Biomass and crude protein of two forages fertigated with treated domestic sewage. Reveng Engenharia na Agricultura 24(4): 5-24. <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i4.529>
- Jiang H, Qi CH, Gao HN, Feng ZQ, Wu YT, Xu XX, Cui JY, Wang XF, Lv YH, Gao WS, Jiang YM, You ChX, Li YY (2024) MdbT2 regulates nitrogen-mediated cuticular wax biosynthesis via a MdMYB106-MdCER2L1 signalling pathway in apple. Nature Plants 10: 131-144. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01587-7>
- Jiménez OMM, Granados L, Oliva J, Quiroz J, Barrón M (2010) Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. Archivos de Zootecnia 59(228): 561-570.
- Kumar A, Bahadur I, Maurya BR, Raghuvanshi R, Meena VS, Singh DK, Dixit J (2015) Does a plant growth-promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability? Journal of Pure and Applied Microbiology 9(1): 715-724.

- Lara-Calderon MA, Ordoñez-Songor LA, Bumbieiris-Junior VH, Villota-Gonzalez L (2021) Adubação biológica e seu efeito no capim *Brachiaria decumbens* sobre a produção de forragem. In Brasil. Xavier-Costa EJ (Ed). Zootecnia de Precisão: Desafios e Aplicações. Científica digital. 13-24p. <https://doi.org/10.37885/211206906>
- Liang Q, Chen H, Gong Y, Fan M, Yang H, Lal R, Kuzyakov Y (2012) Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the north China plains. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92: 21-33. <https://doi.org/10.1007/s10705-011-9469-6>
- Liu Y, Lan X, Hou H, Ji J, Liu X, Lv Z (2024) Multifaceted Ability of Organic Fertilizers to Improve Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance: Review and Perspectives. *Agronomy* 14(6): 1141. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061141>
- Liu Z, Ma Z, Li J, Bian N, Guo Z, Guo J, Zhao S, Chu B, Niu, C, Ma F, Guan Q, Li X (2023) Interfering small ubiquitin modifiers (SUMO) exhibits apple's enhanced tolerance to nitrogen deficiency. *Fruit Research* 3(24): 1-9. <https://doi.org/10.48130/FruRes-2023-0024>
- López DE, Calero HA, Gómez LY, Gil UZ, Henderson D, Jiménez J (2017) Agronomic effect of the biosold in tomato cultivation (*Solanum lycopersicum*): biological control of *Rhizoctonia solani*. *Cultivos Tropicales* 38(1): 13-23.
- López-García FA, Miranda JA, Calero-Borge WA (2017) Producción y calidad de forraje con enmiendas orgánicas en pastura (*Brachiaria brizantha*), en la Costa Caribe Sur de Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe* 18(1): 83-89. <https://doi.org/10.5377/ruc.v18i1.4810>
- Maceda A, Soto-Hernandez M, Peña-Valdivia CB, Trejo C, Terrazas T (2021) Lignina: composición, síntesis y evolución. *Madera y Bosques* 27(2): 1-16. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722137>
- Mandal A, Sarkar B, Mandal S, Vithanage M, Patra AK, Manna MC (2020) Impact of agrochemicals on soil health. In: Vara-Prasad MN (ed) *Agrochemicals detection, treatment and remediation*. University of Hyderabad, Hyderabad, India. pp. 161-187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00007-6>
- Masclaux-Daubresse C, Daniel-Vedele F, Dechorgnat J, Chardon F, Gaufichon L, Suzuki A (2010) Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: Challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany* 105(7): 1141-1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>
- Mirzaei F (2012) Minerals profile of forages for grazing ruminants in Pakistan. *Open Journal of Animal Sciences* 2(3): 133-141. <https://doi.org/10.4236/ojas.2012.23019>
- Moreno-Reséndez A, Carda-Mendoza V, Reyes-Carrillo JL, Vásquez-Arroyo J, Cano-Ríos P (2018) Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología* 20(1): 68-83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Moreno-Sandoval JA, Bernal-Ovalle MC, Acosta-Urrego LM, Rivero-Estapa DA (2022) Evaluation of Biols in Star Grass (*Cynodon nlemfluensis*) for the Livestock Subsector. Fusagasugá-Colombia Case. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 31(4): 1-9.
- Nacry P, Bouguyon E, Gojon A (2013) Nitrogen acquisition by roots: Physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. *Plant Soil* 370: 1-29. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1645-9>
- Pereira HS, Leão AF, Verginassi A, Carneiro MAC (2009) Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira Ciência do Solo* 33(6): 1685-1694. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832009000600017>
- Ramos AD, Terry AE (2014) Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales* 35(4): 52-59.
- Rodrigues-Nunes BH, Andrade-Carvalho A, Magalhães-Avelar J, Fernandes-Dantas P, Santos-de Seixas FJ, Costa-de Lucena N (2015) Produção e composição bromatológica do capim-Tanzânia (*Panicum*

- maximum*) em diferentes idades de rebrotação. Pubvet 8(08): 1-22. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v8n8.1700>
- Rojas-Molina L, Elizondo-Salazar JA (2020) Evaluación del efecto de los purines vacunos sobre la producción de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en un suelo Andisol. *Nutrición Animal Tropical* 14(2): 251-268. <https://doi.org/10.15517/nat.v14i2.45172>
- Rosolem CA, Pereira F, Salvador J, Foloni S (2006) Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41(6): 1033-1040. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000600020>
- Sadafzadeh E, Javanmard A, Amani-Machiani M, Sofo A (2023) Application of bio-Fertilizers improves forage quantity and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) intercropped with soybean (*Glycine max* L.). *Plants* 12(16): 1-14. <https://doi.org/10.3390/plants12162985>
- Sampaio CB, Detmann E, Lazzarini I, Souza MA, Paulino MF, Valadares-Filho SC (2009) Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(3): 560-569. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000300023>
- Sánchez-Llevat IL, Fuerte-Góngora L, Ravelo-Ortega R, Ávila-García O (2022) Estado del arte de los biopreparados para digestión anaerobia como biofertilizantes y bioestimulantes. *Revista Ingeniería Agrícola* 12(4): 49-62.
- Sánchez-Santillán P, Wilson-García CY, López-Zerón NE, Saavedra-Jiménez LA, Maldonado-Peralta M de los Á, Melo-Trani M.Y (2021) Rendimiento, calidad y biogás in vitro en pasto *Megathyrus maximus* cv. Aruana con diferente fertilización. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8(II): 1-12. <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2957>
- Shahwar D, Mushtaq Z, Mushtaq H, Alqarawi AA, Park Y, Alshahrani TS, Faizan S (2023) Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: a review. *Heliyon* 9(6): 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>
- Singh TB, Ali A, Prasad M, Yadav A, Shrivastav P, Goyal D, Dantu PK (2020) Role of organic fertilizers in improving soil fertility. In: Naeem M, Ansari A, Gill S (eds) *Contaminants in agriculture*. Springer, Cham. pp. 61-77. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41552-5_3
- Taiz L, Ezeiger E (2006) *Plant physiology*. 4th ed. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts, USA 764p
- Van Soest PJ (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd Edn. Cornell Univ. Press. Ithaca, NY. 476p.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starchpolysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vásquez HV, Maraví C (2017) Efecto de fertilización orgánica (biol y compost) en el establecimiento de morera (*Morus alba* L.). *Revista de Investigación en Ciencia y Biotecnología Animal* 1(1): 33-39. <https://doi.org/10.25127/ricba.20171.173>
- Wilson-García CY, López-Zerón NE, Mendoza-Pedroza SI, Ventura-Rios J, Álvarez-Vázquez P, Alemán-Roque D, Lara-Román EJ, Hernández-Bautista EM, Bello-Lázaro JF (2021) Rendimiento del pasto Cayman (*Urochloa*) con fertilización química y orgánica. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44(4A): 737-745. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4-A.737>
- Yalew S, Asmare B, Mekuriaw Y (2020) Effects of fertilizer type and harvesting age on species composition, yield and chemical composition of natural pasture in the highlands of Ethiopia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 20(11): 4999-5007 <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211103>
- Ye JY, Tian WH, Jin CW (2022) Nitrogen in plants: From nutrition to the modulation of abiotic stress adaptation. *Stress Biology* 2(4): 1-14. <https://doi.org/10.1007/s44154-021-00030-1>