

Evaluación de bioles en pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*), para el subsector ganadero. Caso Fusagasugá-Colombia



<https://cu-id.com/2177/v31n4e02>

Evaluation of Biols in Star Grass (*Cynodon nlemfluensis*) for the Livestock Subsector. Fusagasugá-Colombia Case

John Alexander Moreno Sandoval*, Mario César Bernal Ovalle,
 Luis Miguel Acosta Urrego, Diego Alejandro Riveros Estepa

Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Prog. Zootecnia, Sede Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia.

RESUMEN: Con el objetivo de evaluar el aporte nutricional de dos tipos de bioles (procedentes de la biodigestión de excretas de sistemas de producción animal porcino y bovino en su fracción líquida) en tres concentraciones 50, 75 y 100 % (V/V) a pasturas de *estrella* (*Cynodon nlemfluensis*) en el Municipio de Fusagasugá-Colombia. Las variables de interés zootécnico contempladas en el análisis fueron proteína cruda (%PC), Energía Neta de Lactancia ENL (Mjul), FDN (%), FDA (%) y productividad de forraje verde FV (kg/m²). Los resultados se analizaron mediante la aplicación del Algoritmo RGB del Software TaurusWebs® para establecer el nivel de significancia se utilizó el software estadístico libre InfoStat mediante la prueba de medias de Duncan. De acuerdo con los resultados obtenidos se hace evidente el aporte de los bioles al mejoramiento en los parámetros evaluados y la contribución de los mismos a la economía circular de los Sistemas de Producción Bovina del Municipio de Fusagasugá.

Palabras clave : biodigestión, producción animal, nutrición, *Cynodon nlemfluensis*.

ABSTRACT: In order to evaluate the nutritional contribution of two types of biols (from the biodigestion of excreta from pig and bovine animal production systems in their liquid fraction) in three concentrations 50, 75 and 100 % (V/V) to grasses of Bermudagrass (*Cynodon nlemfluensis*) in the city of Fusagasugá, Colombia. The zootechnical variables of interest considered in the analysis were crude protein (CP%), Net Energy of Lactation NEL, NDF, ADF (%) and green forage production GF (kg/m²). The results were analyzed by applying the RGB Algorithm of the TaurusWebs® Software to establish the level of significance, the free statistical software InfoStat was used through the Duncan Multiple Range Test. According to the results obtained, the contribution of biols to the improvement in the parameters evaluated and their contribution to the circular economy of the Bovine Production Systems of the Municipality of Fusagasugá is evident.

Keywords: biols, evaluate, nutrición, *Cynodon nlemfluensis*.

INTRODUCCIÓN

Según [FAO \(2022\)](#), la demanda y la producción mundial de productos ganaderos están aumentando rápidamente, debido al crecimiento de la población, el aumento de los ingresos y los cambios en el estilo de vida y las dietas. Al mismo tiempo, los sistemas ganaderos tienen un impacto significativo en el medio

ambiente, incluidos el aire, la tierra, el suelo, el agua y la biodiversidad. Este crecimiento del sector debe abordarse en el contexto de los recursos naturales finitos, la contribución a los medios de vida y la seguridad alimentaria a largo plazo, y las respuestas al cambio climático.

*Author for correspondence: John Alexander Moreno Sandoval,
e-mail: jalexandermoreno@ucundinamarca.edu.co

Recibido: 09/05/2022

Aceptado: 14/09/2022

Las grandes cantidades de residuos biodegradables producidos por los sistemas de producción ganadera intensiva pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente, si no se gestionan adecuadamente según [Albuquerque et al. \(2012\)](#), asimismo, la agricultura intensiva ha promovido la degradación del suelo y la pérdida de materia orgánica y fertilidad, incrementado los costos de producción (para mantener la productividad) y contribuido a las emisiones de CO₂ ([European Environment Agency, 2009](#)). Según la [FAO \(2022\)](#), la agricultura, la ganadería y la deforestación generan la tercera parte de los gases de efecto invernadero a nivel mundial. Gran parte de estas emisiones se deriva de la fermentación del estiércol y del uso de fertilizantes.

Como alternativa a los impactos negativos que presenta la ganadería al medio ambiente, se requiere de alternativas que apunten al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en especial En los objetivos 7. Energía Renovable y No Contaminante; el 11. Ciudades y Comunidades sostenibles y 13. Acción por el Clima; es por ello que los biodigestores aparecen como una alternativa viable ya que permiten producir biogás en los sistemas de producción ganadera, que pueden ser utilizado como combustible, minimizando al interior de los mismos el uso de combustibles no renovables. Con la biodigestión de residuos orgánicos que en una concepción sistémica y sostenible dejarían de ser un desecho e ingresarían retroalimentando al sistema en forma de fertilizante tanto en su fracción líquida como en la sólida. Con la adopción tecnológica de los biodigestores se fomenta el desarrollo sostenible evitando la emisión de gases de efecto invernadero (los biodigestores reducen la emisión de metano a la atmósfera; por otro lado, el uso de esta tecnología permite mejorar las condiciones sanitarias, al evitar malos olores, insectos y controlar los microorganismos capaces de generar enfermedades.

Dentro de la producción energética realizada en la biodigestión y la conversión del gas metano en energía, se puede obtener, como el caso de este proyecto, que de las excretas provenientes de sistemas de producción porcino y bovino, en el proceso de biodigestión se generen biolíquidos; los cuales pueden ser utilizados como fuente de nutrientes para diferentes cultivos, hecho que se constituye en un aporte importante en la generación de valor alterno a la idea inicial que es, la generación de energía.

El biodigestato es un producto obtenido por el proceso de consumo de la materia orgánica por parte de las bacterias presentes en el biodigestor anaeróbico; esto favorece en, menores emisiones de olores por la degradación de compuestos orgánicos volátiles; una

mayor concentración de nitrógeno de asimilación rápida; complejo de nutrientes de fácil asimilación que además de las plantas favorece la micro y macrobiota del suelo. En estudios de [Aparcana 82005](#)), [Siura \(2008\)](#), se relaciona la presencia de fitorreguladores: ácido indol acético, giberelinas, purinas, tiamina (Vit B1), riboflavina (Vit B2), ácido fólico, ácido pantoténico, triptofano, cianocobalamina (Vit B12), piridoxina (Vit B6)

Es así como los biodigestatos al ser utilizados por los sistemas de producción ganaderos también aportan a los ODS, en la reducción de la pobreza (se disminuye la compra de combustibles fósiles y fertilizantes de síntesis química y genera nuevos ingresos económicos) y del hambre; ya que apuntan a la seguridad alimentaria, el incremento de la cosecha y la remediación de suelos en coherencia con el paradigma del desarrollo sostenible y con el concepto de Economía Circular.

El [Parlamento Europeo \(2021\)](#) define en los siguientes términos la Economía Circular: “*La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende*”

La economía circular es un modelo de producción y consumo que contempla desde el enfoque sistémico la retroalimentación* como componente indispensable para que garantice un crecimiento sostenible y multidimensional. Con la economía circular se origina una correcta optimización de recursos, la reducción en el consumo de materias primas y el aprovechamiento de los residuos como es el caso de los productos obtenidos de la biodigestión, reciclándolos o dándoles una nueva vida para convertirlos en nuevos productos en este caso fertilizantes orgánicos para el mejoramiento de praderas.

Según lo expuesto por [Zacarias \(2018\)](#) en la ONU, en la práctica, la economía circular se consigue mediante la reparación, el reciclaje, la reutilización y la refabricación de los productos, algo no tan nuevo como parece, “Lo que era un residuo contaminante y se iba a las coladeras, ahora se colecta y es un insumo para otro proceso productivo y así se empiezan a cerrar los ciclos”.

En las praderas de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) implementadas en el Municipio de Fusagasugá, se hace genera variabilidad tanto en el rendimiento como composición del forraje, reflejándose en su consumo y digestibilidad; es innegable que el rendimiento, la composición botánica y calidad del forraje, tienen una relación directa con el

*Se dice que hay **realimentación** o **retroalimentación** (feed-back): cuando parte de las salidas de un **sistema** vuelven a él en forma de entrada. La **realimentación** es necesaria para que cualquier **sistema** pueda ejercer control de sus propios procesos.

manejo integrado de la pradera, como con el nivel tecnológico del sistema, la periodicidad y momento en que se hace el aprovechamiento; lo que limita los resultados técnicos, financieros para producción bovina.

Según [Castro et al. \(2017\)](#), el efecto del corte en la planta forrajera, depende de la cantidad y tipo de tejido removido, de su estado fenológico y condiciones meteorológicas al momento de obtención del material verde; además, de la intensidad y frecuencia de corte que afecta la tasa de crecimiento del forraje, y su acumulación nutricional, dependen de la duración del rebrote.

Es por ello, que se hace indispensable para los sistemas de producción bovina disponer de herramientas complementarias que proporcionen información en tiempo real para la toma de decisiones, mientras que los análisis de laboratorio por su naturaleza son demorados.

La tecnología del algoritmo de análisis de imágenes RGB para el cálculo del % PC consiste en un proceso estadístico y matemático, realizado a las imágenes de las praderas (tomadas por un dron con cámara HD), que identifica las longitudes de onda capturadas por la fotosíntesis de los pastos. A partir de estas, se calcula la energía solar que ingresa a la planta y se estima el %PC que la gramínea lograría sintetizar; resultados que serían comparables con los generados por metodologías como la tecnología de espectroscopía del infrarrojo cercano - NIRS ([Molano et al., 2016](#)).

Requerimientos nutricionales del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*): Para [Martínez \(2019\)](#), esta gramínea de desarrollo tropical y usada comúnmente como forraje de pastoreo, requiere suelos con alto grado de fertilización y responde muy bien a la adición de fuentes nitrogenadas, en especial en condiciones de humedad. Se ha reportado por el mismo autor, como recomendaciones de fertilización/hectárea: N: 70 kilogramos, K₂O: 24 kilogramos, P₂O₅: 57,25 kilogramos, SO₄: 59,8 kilogramos, MgO: 33 kilogramos.

Las especies de pasto *Cynodon* son de metabolismo fotosintético C₄, por lo que pueden acumular mayor materia seca en relación con los pastos C₃, se cultivan ampliamente en zonas tropicales y subtropicales, y responden a la fertilización nitrogenada para incrementar el rendimiento y calidad nutritiva ([Yong et al., 2012](#)).

Según del [Del Pozo et al. \(2002\)](#) estudios revelan que los compuestos nitrogenados influyen en gran manera con la actividad metabólica y calidad de los pastos, contribuyendo en rasgos morfológicos que aumentan las ganancias en el aprovechamiento de pasturas para ganado. Complementando esta información investigaciones en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con aplicación de compuestos nitrogenados demuestran que existen un aumento en la formación y funcionamiento de sus estructuras.

En estudios realizados en zonas tropicales y subtropicales se ha encontrado que el pasto estrella presenta buen potencial de crecimiento, rendimiento y calidad nutritiva para la producción láctea, manejando días adecuados de rotación y recuperación en conjunto con la fertilización, para optimizar su rendimiento, calidad y; persistencia. [Vendramini et al. \(2010\)](#); [Pineda et al. \(2016\)](#); [Arteaga et al. \(2019\)](#), reportan para el pasto estrella, valores de 71,7% y 40,5% para la FND y la FDA respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se desarrolló entre los meses de octubre a diciembre de 2021, en la Unidad Agroambiental La Esperanza, de la Universidad Agroambiental La Esperanza, de la Universidad de Cundinamarca; la cual se encuentra ubicada en el municipio de Fusagasugá-Colombia, vereda Guavio Bajo, en las coordenadas (4,276072N; -74.386612W), a una altura de 1.530 msnm.

El área de estudio en cultivo de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) fue de 480 m² y se plantearon parcelas de 6 m² por tratamiento, distribuidos para cuatro tipos de bioles (tres de porcinos y uno de bovino), provenientes todos de sistemas productivos animales diferentes (Santa barbara-porcino, La Saucita-porcino, La meseta-bovino, El mirador-porcino). Cada biol, se sometió a concentraciones de 25, 50 y 75% (V/V), con dos aplicaciones (15 y 30 días pos-pastoreo) como se muestra en la [Tabla 1](#). La incorporación del biol en las parcelas se realizó por aspersión con bomba de espalda de 20 L, graduada con boquilla de cono sólido para alcanzar humedad en toda el área foliar desarrollada del forraje aplicando 1,5 L/m². Para evitar el efecto borde, entre cada tratamiento se dejó una franja del mismo tamaño de las parcelas.

Los bioles fueron obtenidos de esquemas de biodigestores destinados a la obtención de gas como energía alternativa a través del proyecto Convocatoria 829 "Innovación estratégica para el aprovechamiento energético-productivo sostenible de residuos agropecuarios en la generación y uso de energía renovable en zona rural de Fusagasugá" financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia y ejecutado por la Universidad de Cundinamarca-Colombia y Universidad Agraria de La Habana-Cuba.

Al cumplir 40 días de recuperación de la pradera se tomaron imágenes aéreas a través de un dron DJISpark y cámara HD de 12Mpx, a una altura de 15 m para ser procesada a través del Software TaurusWebs® V20121 que dispone un algoritmo de Análisis de Imágenes RGB (Red-green-Blue) denominado -AAIRGB-. Este software mediante el análisis de longitudes de onda de la imagen digital

TABLA 1. Distribución de tratamientos, teniendo en cuenta el tipo de biol y concentración de aplicación

Tipo de biol	Nombre del sistema	Concentración (%V/V)
Porcino	Santa Barbara	25 50 75
Porcino	La Saucita	25 50 75
Bovino	La Meseta	25 50 75
Porcino	El Mirador	25 50 75
Testigo		0

generó espectros algorítmicos, en la cual se representa con escalas de Proteína Cruda (% PC), Energía Neta de Lactancia (ENL), Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA), que tiene la pradera; en este caso pasto estrella, con base en la materia seca. Es de aclarar que este sistema de análisis es capaz de identificar objetos inertes, suelo y luz proveniente del cielo y ha logrado en su calibración 93 % de precisión frente a laboratorios de referencia mediante el uso de tecnología NIRS (Ospina et al., 2020).

En congruencia con lo anterior el presente experimento contempla las variables: PC (%), ENL (Mjul), FDN (%), FDA (%) y Producción de forraje verde (kg/m²). Cada área o parcela de experimentación fue sometida a varias detecciones espectrales a través del Software, sobre la misma imagen; logrando al final, mínimo 7 repeticiones de análisis/variable/parcela.

Para obtener la base de análisis y decisión estadística, se realizó mediante el Software libre InfoStat un modelo experimental de dos vías, asumiendo los sistemas (tipo de biol) como condición y los porcentajes de concentración como tratamientos. Al resultado del ANAVA se aplicó prueba posthoc por Rangos Múltiples de Duncan para promedios y, con el propósito de determinar diferencias entre biol de porcinos con bovinos y estos con el testigo, se asumieron análisis por contrastes.

Información de comparación

Adicional a la comparación de los tratamientos en los resultados de composición nutricional del forraje, se contó con el resultado de análisis de suelo previo al experimento (Tabla 2 y Tabla 3), como indicador referente para la totalidad del experimento.

Estos análisis preliminares permiten inferir bajo el enfoque sistémico Suelo-Planta-Animal que la pastura en pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) de la presente investigación presenta bajos contenidos de nutrientes en lo referente a nitrógeno N y fósforo P, elementos indispensables en la síntesis de proteínas, por lo tanto una adición de estos minerales mediante el uso de bioles contribuiría al mejoramiento de las características bromatológicas y contenidos nutricionales del forraje a ofertar a los bovinos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del estudio de efectos por sistema productivo de donde se tomó el biol (tipo de biol) y concentraciones de este (0, 25, 50 y 75% V/V), se determinó mediante el análisis de varianza de dos vías que para todas las variables (PC, ENL, FDN, FDA y producción de forraje verde), por lo menos uno de los bioles y una de las concentraciones genera diferencias altamente significativas (P<0,01), como se puede ver en la Tabla 4. Ésto permite deducir que el tipo de biol

TABLA 2. Resultado de análisis de suelo de la parcela N.13 - Unidad Agroambiental la Esperanza - Universidad de Cundinamarca

Nutrientes	Parámetro de medida	Medición	Interpretación
Potasio	meq/100	0,35	Medio
Calcio	meq/100	4,17	Medio
Magnesio	meq/100	1,44	Medio
Sodio	meq/L	1,18	Medio
Aluminio	meq/100	N.A.	--
C.I.C.	meq/100	20,31	Alto
Fósforo	Ppm	13	Deficiente
N-NH4	Ppm	5	Deficiente
N-NO3	Ppm	5	Deficiente
Azufre	Ppm	2	Deficiente
Hierro	Ppm	1615	Elevado
Manganeso	Ppm	25	Medio
Cobre	Ppm	0,60	Medio
Zinc	Ppm	11,80	Alto
Boro	Ppm	0,29	Medio

TABLA 3. Características físicoquímica del suelo de la parcela N.13 - Unidad Agroambiental la Esperanza - Universidad de Cundinamarca

Aspecto	Parámetro de medida	Medición	Interpretación
pH	%	5,99	Medio
C.E.	%	0,23	Bajo
Arena	%	1	
Limo	%	81	
Arcilla	%	18	
Textura		Franco-Limosa	
M.Orgánica	%	5,09	
C.O.	%	2,95	Bajo
Sat Humedad	%	52	Alto
Sat Bases	%	30,40	
Densidad ap.	g/cc	1,01	

TABLA 4. Determinación de efectos por tipo de biol y concentración de aplicación

Variable	R ² del modelo	CV (%) del Modelo	Sistema productivo	Tratamiento
PC (%)	0,67	8,25	P<0,01	P<0,01
ENL (MJul)	0,67	2,53	P<0,01	P<0,01
FDN (%)	0,67	1,66	P<0,01	P<0,01
FDA (%)	0,67	2,05	P<0,01	P<0,01
FV (Kg/m ²)	0,85	14,5	P<0,01	P<0,01

P<0,01 indica diferencias altamente significativas (**).

tiene composición de aportes nutricionales o minerales diferentes y por tanto su efecto causa variación en las condiciones de producción FV (kg/m²) y composición nutricional del forraje.

Análisis de proteína cruda (%) en el forraje.

Según [INTAGRI-México \(2018\)](#), la proteína cruda de los forrajes se divide en proteína verdadera y nitrógeno no proteico (NNP); la proteína verdadera de los forrajes constituye del 60% al 80% del nitrógeno total, el resto está conformado por el NNP soluble y por pequeñas cantidades de nitrógeno lignificado. La proteína cruda es uno de los componentes más variable en las pasturas, los factores que inciden sobre el valor nutritivo modificarán notoriamente el contenido de proteína. Las proteínas foliares se concentran principalmente en los cloroplastos, a su vez el 40% de estas proteínas cloroplásticas están constituidas en su mayoría por la fracción 1 ó ribulosa 1-5 difosfato carboxilasa. Los constituyentes no proteicos representan de un 20 a un 35% del nitrógeno total.

Del resultado de la prueba de Rango Múltiples por Duncan se determina que las fincas “Santa Barbara” y “La Saucita” con producción porcina, tienen biol con efectos estadísticamente iguales sobre el porcentaje de proteína (P>0.05). Hasta este criterio, no se puede afirmar que este efecto corresponde al biol derivado de producción porcina, porque la finca “El Mirador” con la misma especie animal se obtienen diferencias altamente significativas (P<0,01), al igual con

tratamiento testigo. A esto se suma que el biol de la finca “La meseta” que proviene de producción bovina es estadísticamente diferente a las demás y se reporta del uso de este biol, un nivel de 10,5% de proteína ([Figura 1a](#)). Así, se puede determinar que realmente las diferencias por tipo de biol dependen más, de las condiciones productivas, el esquema de alimentación que reciben los animales, materias primas usadas y las diferencias que se puedan dar en el mecanismo y proceso de fermentación para obtención del biol. Este argumento concuerda con lo expuesto por [Bernal et al. \(2022\)](#), quienes afirman que, cada Biol es “único” ya que las condiciones de un sistema de producción son muy particulares y dependientes de diferentes aspectos económico productivo, por ello puede tener diferentes fuentes de alimentación en el tiempo.

En el mismo análisis, pero comparando por porcentaje de concentración del biol, se determina que la parcela testigo y las que contemplan 25% de inclusión de biol, son estadísticamente iguales (P>0,05) y a partir de allí, como se representa en la [Figura 1b](#), en la medida que se aumente la concentración del biol, se estaría incrementando significativamente la formación de proteína en el forraje (P<0,01).

Análisis de energía en el forraje

El comportamiento de la energía en el forraje mediante el análisis de Duncan, fue similar a lo determinado en proteína (%), donde el grupo testigo es estadísticamente igual (P>0.05) al proveniente de

porcinos (El Mirador), pero esta última finca tiene diferencias con otros ioles provenientes de la misma especie y con el biol proveniente de bovinos ($P < 0.01$), como se puede detallar en la [Figura 2^a](#). Esto corrobora la importancia de tener en cuenta además de la especie animal que aporta el material orgánico a fermentar, otros aspectos que influyen en los aportes nutricionales que pueden hacer los ioles. El comportamiento de energía también es similar al de proteína, cuando se analizan los efectos por concentración de biol, determinando que al superar el 50% de inclusión de biol, se alcanzan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la producción de energía en el forraje ([Figura 2b](#)).

Análisis de FDN y FDA en el forraje

En los análisis de fibra (FDN y FDA) que denotan contenidos nutricionales del forraje, son contrarios a los comportamientos de proteína y energía descritos hasta el momento. Se ha determinado que, los tipos de biol con mayor nivel de proteína y energía, son los que muestran menor porcentaje de FDN y FDA, como se muestra en la [Figura 3a](#), manteniendo igualdad estadística entre el grupo testigo y el biol porcino de “El Mirador” y diferencias altamente significativas entre los demás tipos de biol ($P < 0.01$).

Respecto a las concentraciones de biol (%V/V). la menor producción de Fibra (FDN y FDA) se tiene para el 75%, con diferencias significativas sobre las demás diluciones; confirmando esto, que el aumento de la cantidad de biol, tiene 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. Esto corrobora lo propuesto por [Aparcana \(2005\)](#); [Siura \(2008\)](#); quienes indican que, el uso del Biol se dá principalmente como promotor y fortalecedor del crecimiento de la planta, raíces y frutos, gracias a la producción de hormonas vegetales y que [Bernal et al. \(2022\)](#), le asumen como una alternativa de biofertilización, porque en su composición, elementos (macro y microelementos) se tienen valiosos aportes al suelo y a las plantas, con la posibilidad incluso, de aportar hormonas (auxinas) que ayudan en la recuperación de los tejidos vegetales después del pastoreo y a la producción de forraje verde; constituyéndole entonces, en una oportunidad de sostenibilidad con alto grado de beneficio, aportando al suelo y al cultivo (para el caso pradera).

Análisis de producción de forraje verde (kg/m²)

Como indicador de efectividad del proceso, se analiza la variable de producción de forraje verde (kg/m²), obteniendo dentro de los indicadores a destacar ([Figura 4a](#)) que, el biol de porcino del sistema “La Saucita” y de bovino del sistema “El mirador” son iguales estadísticamente ($P > 0.05$) y entre los demás

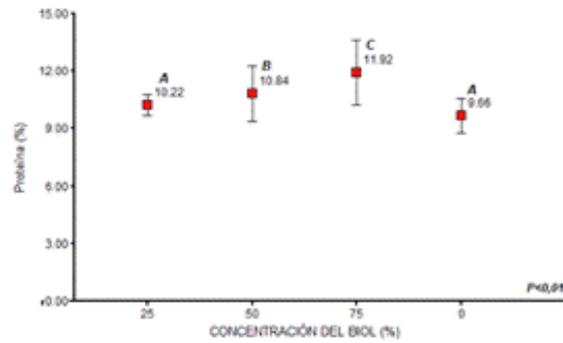


FIGURA 1A. niveles de pc por tipo de biol.

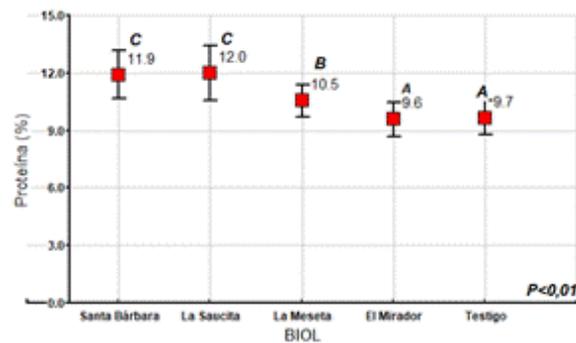


FIGURA 1b. Niveles de PC por concentración de biol.

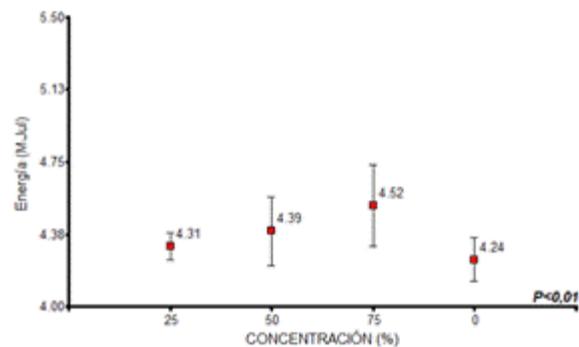


FIGURA 2a. Niveles de ENL por tipo de biol.

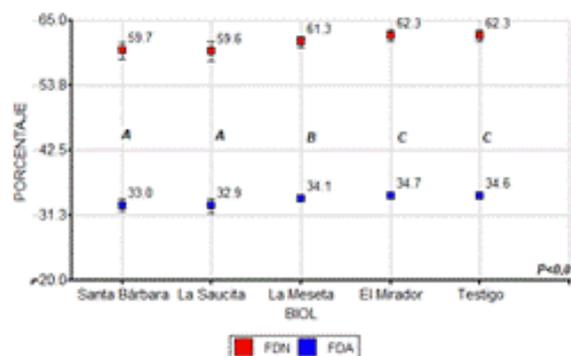


FIGURA 2b. Niveles de ENL por concentración de biol

sistemas productivos se tienen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$). De la misma forma, en porcentajes de concentración se encontraron diferencias significativas en cada grupo ($P < 0.01$), siendo el de menor producción el testigo y

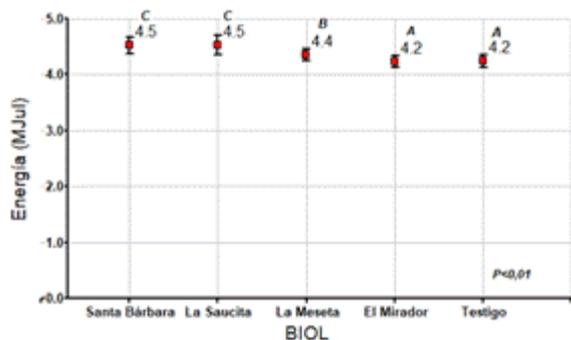


FIGURA 3a. Niveles de FDN y FDA por tipo de biol.

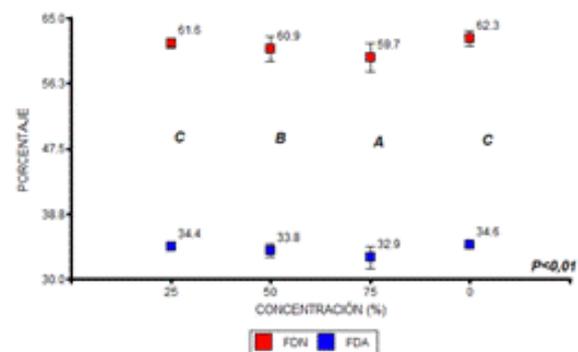


FIGURA 3b. Niveles de FDN y FDA por Concentración de biol.

aumentando según se incrementó de concentración del biol (Figura 4b). De acuerdo con estos resultados y sus diferencias significativas, se corrobora que el biol como fertilizante orgánico tiene un efecto positivo sobre la producción de forraje verde (cantidad), para el caso de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), derivado de la oportunidad de aporte de nutrientes, minerales y hormonas que intervienen favorablemente en la producción de biomasa verde; como lo plantean Aparcana (2005); Siura (2008) y Bernal *et al.* (2022).

Efectos de contrastes

Al analizar la información a través de agrupaciones de datos (contrates) como se muestra en la Tabla 5, se determinó:

1. La especie que origina el material orgánico de donde provenía el biol (porcino y bovino), causa

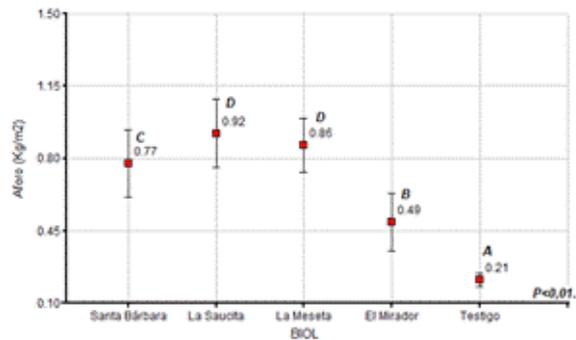


FIGURA 4a. Producción de FV por tipo de biol.

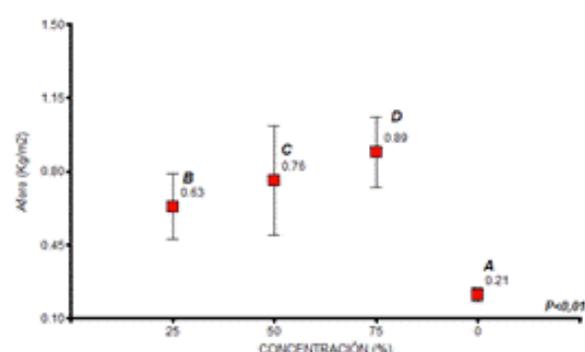


FIGURA 4b. Producción de FV por concentración de biol.

diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para todas las variables medidas en el estudio.

2. Los bioles derivados de material orgánico de porcino, generan diferencias altamente significativas con el grupo testigo ($P < 0,01$) para todas las variables medidas en el estudio.
3. El biol derivados de material orgánico de bovino, genera diferencias altamente significativas con el grupo testigo ($P < 0,01$) para todas las variables medidas en el estudio.

Lo anterior, corrobora que, aunque se presenten diferencias en el efecto por la procedencia del biol o por la concentración usada (%V/V) en la aplicación, cualquier tipo de biol es benéfico para mejorar los niveles nutricionales y de producción de forraje en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*).

TABLA 5. Resultado de comparación por agrupaciones de contrastes

Variable	Biol de porcinos (3 fincas) vs Biol de Bovinos (1 finca)	Biol de Porcinos (3 fincas) vs Testigo	Biol de Bovinos vs Testigo
PC (%)	$P < 0,01$	$P < 0,01$	$P < 0,01$
ENL (MJ/kg)	$P < 0,01$	$P < 0,01$	$P < 0,01$
FDN (%)	$P < 0,01$	$P < 0,01$	$P < 0,01$
FDA (%)	$P < 0,01$	$P < 0,01$	$P < 0,01$
FV (Kg/m²)	$P > 0,01$	$P < 0,01$	$P < 0,01$

$P < 0,01$ indica diferencias altamente significativas (**).

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el Algoritmo RGB se observan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) en las medias para las variables PC (%), ENL (MJul), FDN, FDA y productividad de forraje (kg/m^2) en las unidades experimentales intervenidas por efecto del tipo de biol y la concentración que se haga de esta a partir de una relación 50/50 (%V/V).
- Se determina que todos los tipos de bioles generan un efecto positivo sobre el mejoramiento nutricional del forraje sin importar si son derivados de excretas bovinas o porcinas, sin embargo, el alcance de este depende de las condiciones técnico-productivas del sistema animal de donde se obtiene el material orgánico a fermentar y las características propias del proceso de biodigestión; que para el estudio se utilizaron biodigestores plásticos de flujo continuo.
- El mejoramiento obtenido en el contenido proteico en el forraje *Cynodon nlemfluensis*, se relaciona con el aporte que hace el biol, de los elementos Nitrógeno, fósforo, azufre (deficientes en el análisis preliminar del suelo-Tabla 2 y 3), como precursores metabólicos para la síntesis de aminoácidos y conformación de proteína vegetal, deduciendo de ello, el favorecimiento del protocolo de aplicación por aspersión sobre el área foliar de la planta a los 15 y 30 días, destacándose una relación directa entre el incremento de la concentración biol y la formación de proteína.
- De acuerdo a los resultados y su significancia, se plantea como potencial aporte a la economía circular el uso racional de bioles (para este caso, fracción líquida) que se obtienen de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos derivados de la producción animal (excretas bovinas o porcinas), sometidos a biodigestión para producción de biogás; así, no solo se tiene la oportunidad de aprovechamiento energético para subsidiar los esquemas de producción agropecuaria con una fuente de energía derivada de dichos materiales que aparentemente son residuos y que según su ruta de disposición pueden llegar a generar grandes impactos ambientales; si no que se hace un aprovechamiento máximo de nutrientes y su disponibilidad para reincorporar al suelo cultivable y la producción de forrajes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBURQUERQUE, J.A.; DE LA FUENTE, C.; CAMPOY, M.; CARRASCO, L.; NÁJERA, I.; BAIXAULI, C.; CARAVACA, F.; ROLDÁN, A.; CEGARRA, J.; BERNAL, M.: "Agricultural use of digestate for horticultural crop production and

improvement of soil properties", *European Journal of Agronomy*, 43: 119-128, 2012, ISSN: 1161-0301.

APARCANA, S.: "Aprovechamiento energético de los residuos de un matadero frigorífico industrial y la biomasa regional en Arequipa, Perú bajo la aplicación de la gestión de flujos de materiales y energía", *Trier, Alemania*, 2005.

ARTEAGA, V.D.; CEDEÑO, G.G.; CEDEÑO, G.G.; CARGUA, C.J.; GARAY, L.M.: "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, 2019, ISSN: 0719-3890.

BERNAL, M.C.; MORENO, J.A.; CAICEDO, G.A.; ACOSTA, L.M.: *Aspectos técnicos de la aplicación de bioles en praderas de pasto estrella (Cynodon nfluensis) como aporte a la economía circular para el subsector ganadero.*, [en línea], Ed. Druck und Verlang; epubli GmbH, Berlin, Berlin, Germany, 2022, Disponible en: www.epubli.de.

CASTRO, H.H.; DOMÍNGUEZ, V.I.; MORALES, A.E.; HUERTA, B.M.: "Composición química, contenido mineral y digestibilidad in vitro de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento", *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(2): 201-210, 2017, ISSN: 2007-1124.

DEL POZO, P.P.; HERRERA, R.S.; GARCÍA, M.: "Dinámica de los contenidos de carbohidratos y proteína bruta en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con aplicación de nitrógeno y sin ella", *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(3): 275-280, 2002, ISSN: 0034-7485.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY: "Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC", *Official Journal of the European Union*, 5: 2009, 2009.

FAO: *La ganadería y el medio ambiente*, [en línea], Inst. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO., Informe técnico, Roma, Italia, Cátedra ambientón para la universidad colombiana, 2022, Disponible en: <https://www.fao.org/livestock-environment/es>.

INTAGRI-MÉXICO: "Valor nutritivo de los forrajes y su relación con la nutrición proteica de rumiantes", *Serie Ganader*, (Núm. 05): 5, Artículos Técnicos de INTAGRI. México, 2018.

MARTÍNEZ, V.F.: *Ficha técnica de Pastos y Forrajes; Ficha Técnica del Pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis)*, [en línea], 2019, Disponible en: <https://mega.nz/file/>

[LBQiEbTZ#imHO0mftMftvc5w47nEy6mJN692rDC5k-3VvNsGmju](#).

- MOLANO, M.L.; CORTÉS, M.L.; ÁVILA, P.; MARTENS, S.D.; MUÑOZ, L.S.: “Near infrared spectroscopy (NIRS) calibration equations to predict nutritional quality parameters of tropical forages”, *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 4(3): 139-145, 2016, ISSN: 2346-3775.
- OSPINA, O.; ANZOLA, V.H.; AYALA, D.; BARACALDO, M.A.: “Validación de un algoritmo de procesamiento de imágenes Red Green Blue (RGB), para la estimación de proteína cruda en gramíneas vs la tecnología de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS)”, *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), 2020, ISSN: 1609-9117.
- PARLAMENTO EUROPEO: *Economía circular: definición, importancia y beneficios, [en línea]*, Noticias: Parlamento Europeo, European Parliament. Directive 2009/28/EC. Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. O. J. Eur. Union; 140:16-62, 2021, Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009L0028>.
- PINEDA, C.L.; CHACÓN, H.P.; BOSCHINI, F.C.: “Evaluación de la calidad del ensilado de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) mezclado con tres diferentes aditivos”, *Agronomía Costarricense*, 40(1): 11-27, 2016, ISSN: 0377-9424.
- SIURA, S.C.: *uso de abonos orgánicos en producción de hortalizas*, Inst. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Departamento de horticultura UNALM, Curso de agroecología, Lima, Perú, Curso de agroecología, 2008.
- VENDRAMINI, J.; DESOGAN, A.; SILVEIRA, M.; SOLLENBERGER, L.; QUEIROZ, O.; ANDERSON, W.: “Nutritive value and fermentation parameters of warm-season grass silage”, *The Professional Animal Scientist*, 26(2): 193-200, 2010, ISSN: 1080-7446.
- YONG, G.; PIRES, S.V.C.; AVILÃ, F.; CASTELÃ, O.A.: “Modeling growth of star grass (*Cynodon plectostachyus*) in the subtropical regions of Central Mexico.”, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2): 273-300, 2012, ISSN: 1870-0462.
- ZACARÍAS, A.: *¿Qué es la economía circular y cómo cuida del medio ambiente?, [en línea]*, Inst. Organización de las Naciones Unidas (ONU), NY, US, Coordinación Regional de Eficiencia de Recursos y Consumo Sostenible de ONU Medio Ambiente, 2018, Disponible en: <https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801>.

John Alexander Moreno-Sandoval, Profesor, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Prog. Zootecnia, Sede Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia, e-mail: jalexandermoreno@ucundinamarca.edu.co

Mario César Bernal-Ovalle, Profesor, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Prog. Zootecnia, Sede Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia, e-mail: mcbernal@ucundinamarca.edu.co.

Luis Miguel Acosta-Urrego, Profesor, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Prog. Zootecnia, Sede Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia, e-mail: lmacosta@ucundinamarca.edu.co.

Diego Alejandro Riveros-Esteva, Estudiante, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Prog. Zootecnia, Sede Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia, e-mail: diegoariveros@ucundinamarca.edu.co.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: Conceptualization: M. Bernal, J. Moreno. **Data curation:** J. Moreno, M. Bernal. **Formal Analysis:** J. Moreno, M. Bernal. **Investigation:** M. Bernal, J. Moreno, D. Riveros. **Methodology:** M. Bernal, J. Moreno, L. Acosta. **Supervision:** M. Bernal, J. Moreno. **Validation:** J. Moreno, M. Bernal. **Writing - original draft:** M. Bernal, J. Moreno. **Writing - review & editing:** J. Moreno, M. Bernal, L. Acosta.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](#)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.