

**Evaluación de un formulado de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del pasto *cynodon dactylon* en la Provincia de Coclé**

Evaluation of a formulation of non-symbiotic nitrogen-fixing microorganisms in the production of *cynodon dactylon* grass in the Province of Coclé

**Alexandra Rodríguez Pinzón**

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

[alexandra\\_0226@hotmail.com](mailto:alexandra_0226@hotmail.com) <https://orcid.org/0009-0007-2816-353X>

**Rito Herrera**

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

[rito.herrera@up.ac.pa](mailto:rito.herrera@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

**Audino Melgar**

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

[melgore@gmail.com](mailto:melgore@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0001-8491-0236>

**Lisbeth L. Rodríguez**

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá.

[lisbethl.rodriguez@up.ac.pa](mailto:lisbethl.rodriguez@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-1750-9228>

**Edgar Alexis Polo Ledezma**

Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia. Panamá.

[epolo61@gmail.com](mailto:epolo61@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>

Recepción: 10 de febrero de 2025

Aprobación: 10 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.7156>

## Resumen

Las actividades agropecuarias tienen el desafío de alimentar a la población en crecimiento, sin comprometer los recursos de las generaciones venideras. Mundialmente la ganadería

representa el 40% de la producción total, por lo que se buscan estrategias que aumenten su rendimiento, en ese sentido el uso de pastos mejorados en la alimentación del ganado representa una alternativa para el aumento de peso. El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de un formulado de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del pasto *Cynodon dactylon* (L.Pers 1805, *Poales*, *Poaceae*). El producto utilizado fue Bacter Crecimiento® desarrollado por Agrobiológicos de Panamá (ABP, S.A.). El sitio de estudio se ubicó en el poblado de Sardina, Corregimiento y Distrito de Penonomé, provincia de Coclé. Se midieron tres parcelas de 40 m<sup>2</sup> dentro de un área de una hectárea ya sembrada con el pasto *Cynodon dactylon*. Se aplicaron 3 tratamientos: Fertilización con Bacter Crecimiento, abono convencional y testigo absoluto. En el primer día se realizó un corte de nivelación y una vez completado el ciclo de crecimiento de la pastura se procedió a estimar el rendimiento de forraje en términos de kg de MS/ha. Los resultados obtenidos indican una similitud de rendimiento entre la parcela fertilizada con el producto biológico y la parcela con fertilización química.

**Palabras clave:** fertilización, ganadería, tierra de pastoreo

### Abstract

Agricultural activities have the challenge of feeding the growing population without compromising the resources of future generations. Worldwide, livestock represents 40% of total production, so strategies are sought to increase its yield, in this sense the use of improved pastures in cattle feed represents an alternative for weight gain. The objective of this research was to evaluate the use of a formulation of non-symbiotic nitrogen-fixing microorganisms for the production of *Cynodon dactylon* grass, (L.Pers 1805, *Poales*, *Poaceae*). The product used was Bacter Crecimiento® developed by Agrobiologics of Panama (ABP, S.A.). The study site was in the town of Sardina, Corregimiento and District of Penonomé, province of Coclé. Three plots of 40 m<sup>2</sup> were measured within an area of one hectare already planted with *Cynodon dactylon* grass. 3 treatments were applied: Fertilization with Bacter Crecimiento, conventional fertilizer and Absolute Control. On the first day, a leveling cut was made and once the pasture growth cycle was completed, the forage yield was estimated

in terms of kg DM/ha. The results obtained indicate a similarity in yield between the plot fertilized with the biological product and the plot with chemical fertilization.

**Keywords:** fertilization, grazing land, livestock

## INTRODUCCIÓN

La crisis ambiental que enfrenta la humanidad y el elevado costo de los fertilizantes son problemáticas que conllevan a pensar en nuevas alternativas que posibiliten sistemas integrados y sostenibles para la producción agropecuaria (Molina et al., 1993).

Las actividades agropecuarias enfrentan desafíos de carácter: social, económico y ambiental para cumplir con la demanda alimenticia. En ese sentido, parte de los sistemas de producción agropecuaria promueven la ganadería como fuente importante de nutrición y salud para así contribuir con la erradicación del hambre y la pobreza, además de la conservación de los recursos naturales (FAO, 2016).

La ganadería ocupa aproximadamente el 60% de las tierras agrícolas y aporta el 40% del valor de la producción agrícola mundial, forma parte de los medios de vida y la seguridad alimentaria. Uno de los mayores retos que enfrenta es el alto costo de los insumos alimenticios. Al ser las pasturas la base de la alimentación y fuente más barata, el productor debe asegurar un manejo correcto, ya que una manipulación inadecuada promueve la degradación de estas, compromete seriamente la rentabilidad del negocio y la desvalorización del activo más valioso que es el suelo (Arosemena, 2012).

Una de las alternativas tecnológicas para aumentar las ganancias de peso, a un costo accesible para el pequeño ganadero es el uso de los pastos mejorados en la alimentación animal. Para este fin se considera necesario introducir gramíneas del género *Cynodon*., las cuales han demostrado en evaluaciones con bovinos y equinos elevada adaptabilidad, persistencia al pastoreo, alto valor nutritivo y debido a su variación morfológica son capaces de adaptarse a diferentes tipos de climas y topografías (MIDA, 2009).

La utilización de los fertilizantes en la producción de pasto para el consumo animal se hace necesaria en pastos mejorados, ya que las condiciones del suelo necesitan incrementar

las cantidades de nutrientes para obtener buen desarrollo, lo que conlleva buena productividad del pasto y aumento en la producción. Un adecuado conocimiento de los fertilizantes permite un uso racional, equilibrado y oportuno, mejorando su eficiencia (Villagarcía y Aguirre, 2017).

El uso indiscriminado de agroquímicos con sus consecuentes daños al ambiente, el incremento en los costos de los insumos agropecuarios y la creciente demanda de alimentos más sanos nos lleva a buscar alternativas de producción, entre las cuales podemos considerar el uso de microorganismos eficientes que consisten en productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos (Hoyos, 2008).

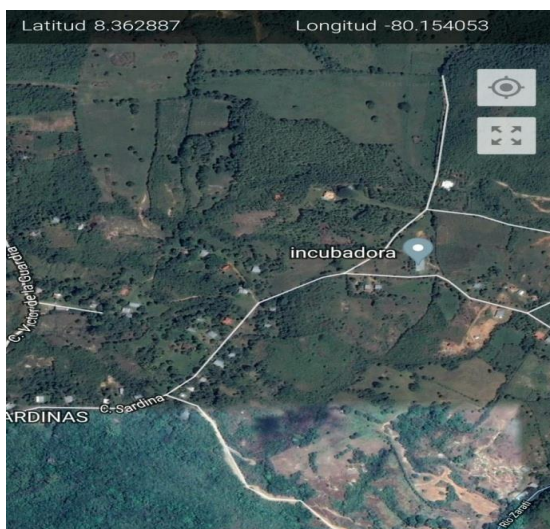
Los microorganismos eficientes, como inoculantes microbianos, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos, promueven la germinación de semillas, favorecen la floración, el crecimiento, desarrollo de los frutos, permiten una reproducción más exitosa en las plantas, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos, desde el punto de vista fisiológico se ha determinado que incrementan la capacidad fotosintética de los cultivos, así como su capacidad para absorber agua y nutrientes, además conservan los recursos naturales, generan una agricultura y medio ambiente más sostenible (Mora, 2019).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la localidad de Sardina (400 msnm), Corregimiento y Distrito de Penonomé, en la provincia de Coclé (figura 1). La finca se encuentra ubicada en la zona de sequía intermedia (MIDA-FAO, 2009). Esta zona agroclimática se caracteriza por tener una precipitación entre los 100 a 200 mm durante la estación seca y una precipitación total anual de 1,500 a 3,000 mm. Con una latitud de 8°33'N y una longitud de 80°21'. En el área predomina *C. dactylon* en un suelo arcilloso, y temperatura promedio anual de 25,3 °C.

**Figura 1.**

*Ubicación geográfica de la finca de estudio.*



**Fuente:** Google Maps (2024).

Se utilizaron tres parcelas de 40 m<sup>2</sup> de *C. dactylon*, luego se aplicó el producto Bacter Crecimiento® y el abono convencional. Se observó una parcela testigo.

El Bacter Crecimiento® contiene cepas nativas de *Azospirillum sp*, *Azotobacter sp*, *Pseudomona fluorescens*. La concentración de bacterias es de aproximadamente 1 x 10<sup>9</sup> UFC/mL, la presentación es líquida; su vida útil es de 6 meses almacenado entre 25° y 30° C; categoría toxicológica es de Banda verde (Agrobiológicos de Panamá, 2022).

Se aplicaron los siguientes tratamientos: en la parcela 1 se aplicó Bacter Crecimiento®, mientras que en la parcela 2 se utilizó la fertilización química convencional con un abono completo NPK (12-24-12) más urea y en la parcela 3 representó el testigo absoluto (sin fertilización).

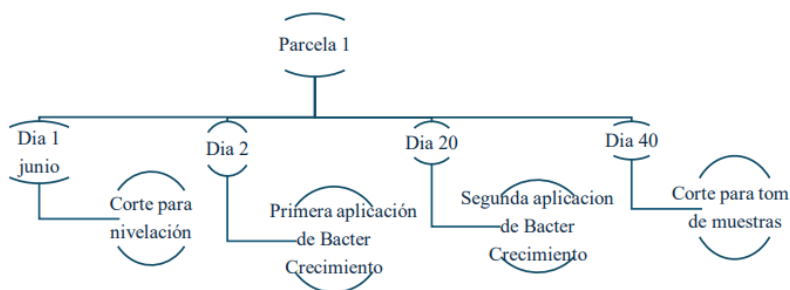
Se realizó un corte de nivelación a cada parcela (día 1), ya que la pastura se había sembrado a finales del año 2022. Seguido a esto, cada parcela recibió un tratamiento distinto (Figuras 2, 3 y 4).

- Parcela 1: Al día siguiente del corte de nivelación (día 2) se realizó la aplicación del biofertilizante a razón de 2 litros/ha, con una bomba de mochila siguiendo la

recomendación de la ficha técnica del producto. La dosificación para esta parcela de 40 metros cuadrados fue de 0,008 litros del producto. Luego a los 20 días se realizó por segunda vez la aplicación, utilizando la misma dosis.

**Figura 2.**

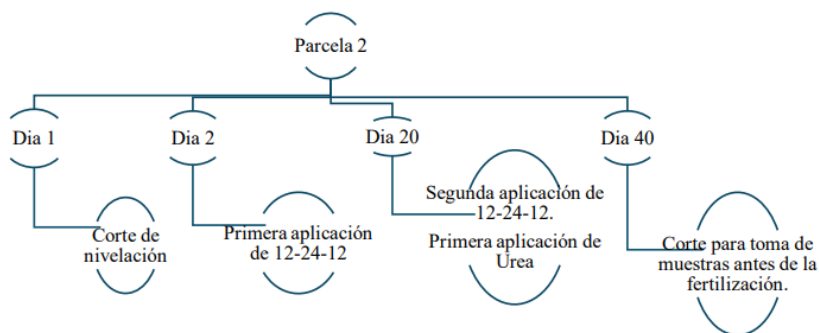
*Manejo de la Parcela 1 con aplicación de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN).*



- Parcela 2: La dosificación de nitrógeno fue a razón de 150 kg de nitrógeno/ha; lo cual corresponde a 330,69 libras de urea por hectárea, es decir, la dosis a aplicar fue de 1,32 libras de urea al día 20 y 40 después del corte de nivelación (de forma fraccionada).

**Figura 3.**

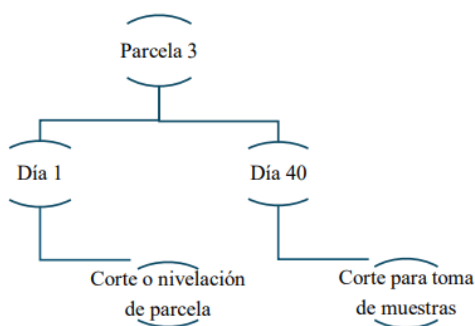
*Manejo de la Parcela 2 con fertilización química (FQUIM).*



- Parcela 3: se le realizó el corte de nivelación el día uno y se dejó sin intervención hasta el día 40 cuando se tomaron las muestras para medición de biomasa y contenido nutricional.

#### Figura 4.

##### Manejo de la Parcela 3 (Testigo absoluto)



Una vez completado el ciclo de crecimiento de la pastura, se procedió a estimar el rendimiento de forraje en términos de kg de MS/ha. Para esto se utilizó la técnica del marco muestral lanzado al azar dentro del área de cada parcela. Una vez colectado el forraje, se pesó y se tomaron cuatro alícuotas por parcela para secado en horno a 60 °C/24 horas. El peso del material fresco y peso del material después del secado se registró para posterior cálculo de la materia seca. El material secado se envió al Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (Gualaca, Chiriquí). Las muestras fueron molidas a 1 mm (Restsch GmbH & Co., Alemania) y leídas por su composición nutricional a través de la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) en equipo InfraXact Pro (Foss, Sweden).

-Análisis estadístico:

A excepción del dato de rendimiento de biomasa, los datos fueron analizados en un diseño completo al azar, donde la parcela representó el tratamiento y las cuatro muestras por parcela las repeticiones (se realizó prueba de normalidad y análisis de varianza). La nomenclatura para los tratamientos fue: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela



sin intervención como control. Las medias de los tratamientos fueron comparadas por medio de prueba de Tukey y las diferencias se declararon a un valor de  $P > 0,05$  y tendencia a un valor  $0,05 < P < 0,15$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción o rendimiento de forraje de una pastura es un indicativo de su crecimiento, desarrollo y contenido nutricional. El rendimiento de la pastura nos permite presupuestar el forraje y mantener al ganado en condiciones de pastoreo, como alternativa de más bajo costo y aporte nutricional. Al comparar los datos de rendimiento de pastura en términos de producción de biomasa y calidad nutricional (Tabla 1 y Figura 5), observamos que la parcela con el pasto que recibió inoculación con el producto comercial (MFNSN) tuvo un rendimiento de 590 kg MS/ha y fue 36,6 % superior al rendimiento de la parcela sin intervención o control (361 kg MS/ha), mientras el rendimiento de la parcela que recibió la aplicación de fertilizante químico (FQUIM) fue de 575 kg MS/ha, siendo 2,54 % inferior a la parcela MFNSN; el rendimiento de la parcela FQUIM fue 40,7 % superior al control (Figura 6). Estos resultados muestran una mejora en la producción del pasto *C. dactylon* bajo la inoculación de MFNSN y la FQUIM, sugiriendo una respuesta biológica cuantificable a la aplicación del producto.

El porcentaje de materia seca de un pasto es un valor indicativo de la relación entre el material utilizable de la planta y la porción de esta que corresponde al agua (Guerra, 2005). La materia seca incluye todos los nutrientes contenidos en el pasto (Escobar *et al.*, 2020). Los valores promedios de materia seca registrados fueron diferentes ( $P = 0,001$ ) entre los tratamientos. Según la Tabla ,1 no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos MFNSN (29,1 %) y FQUIM (28,1%), pero estos fueron hasta 40 % superior a la parcela sin intervención o control (20,6 %) (Figura 5). La proporción de materia seca varía a lo largo del año, dependiendo de la intensidad de las lluvias. En este trabajo los contenidos de materia seca para los 3 tratamientos se mostraron dentro de los rangos generales que van de 15 a 35 % para la temporada lluviosa, época en la que se realizó este estudio. Un pasto en condiciones naturales durante la época lluviosa debe presentar un



porcentaje de materia seca entre los 15 % y 28 %; los que pueden llegar hasta los 35% de acuerdo con los niveles de lluvia de la zona, el tipo de pasto y sobre todo la edad o madurez de la planta, ya que a medida que la planta envejece, sus contenidos de agua disminuyen (Guerra, 2005). En este sentido, la materia orgánica en las parcelas bajo los tratamientos MFNSN (90,4 %) y FQUIM (90,3 %) fue similar, pero estos fueron diferentes ( $P = 0,04$ ) al control cuya materia orgánica fue de 89,1 %.

La proteína es un nutriente esencial en el organismo y adquiere especial importancia para los animales que se encuentran en crecimiento y producción. Por lo tanto, la disponibilidad de proteína de los forrajes es especialmente importante para animales jóvenes (terneros, novillas). La capacidad que tienen los pasto y forrajes de aportar proteínas es también un parámetro de calidad. Las pasturas responden rápidamente a la fertilización nitrogenada, ya que las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16 % de nitrógeno. De esta manera el contenido de proteína cruda en el pasto es importante a la hora de formular una dieta para los rumiantes en pastoreo (González, 2021).

Los contenidos de proteína cruda resultaron en 12,2 % para el tratamiento MFNSN, 11,1 % para FQUIM y 10.7 % para el control (Tabla 1). Considerando que el contenido de proteína cruda de las gramíneas puede variar entre 3% en una gramínea tropical y muy madura hasta más de 12% en una pastura en su momento óptimo de cosecha, el contenido de proteína para los tres tratamientos fue bueno y no se mostró diferencia estadística ( $P = 0,31$ ) entre estos tratamientos.

Se observó un incremento de 14 % para el contenido de proteína cruda en la parcela que recibió MFNSN y esto pudiera explicarse probablemente por la acción de los microorganismos fijadores de nitrógeno en el suelo favoreciendo un mejor aprovechamiento del nitrógeno por el pasto.

El contenido de extracto etéreo en el pasto hace referencia a los contenidos de grasa. Los contenidos de extracto etéreo resultaron en 2,14 % para el tratamiento MFNSN, 1,81 % para FQUIM y 1,59 % para el control (Tabla 1). El tratamiento con MFNSN fue superior al

control ( $P = 0,04$ ), pero similar al tratamiento FQUIM (Figura 5). El contenido de extracto etéreo fue un contribuyente al incremento en la biomasa del tratamiento MFNSN.

La fibra detergente neutro y fibra detergente ácido constituyen los carbohidratos estructurales celulosa y hemicelulosa. Sumado a esto la proporción fibrosa del pasto contempla también a la lignina. Luego del análisis de fraccionamiento de fibra que se muestra en la Tabla 1 se observó que no hubo diferencias en el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácida entre los tratamientos ( $P \geq 0,71$ ) entre los tratamientos. De igual manera, los contenidos de celulosa y hemicelulosa fueron similares ( $P \geq 0,51$ ) entre los tratamientos. En cambio, para la lignina ácido detergente se observó una tendencia a incrementar ( $P = 0,14$ ) cuando se inoculó el pasto con MFNSN (Tabla 1). Esto podría sugerir que la inoculación con MFNSN promueve un crecimiento vegetativo más rápido, con mayor lignificación. Lo que pudiera explicar hasta cierto punto un rápido crecimiento y desarrollo del pasto, reflejado en el mayor contenido de biomasa y materia seca observado.

La lignina es importante en el crecimiento y desarrollo de los forrajes por ser un componente que aporta rigidez en las células de soporte (esclerenquima) y de transporte (xilema), contribuyendo también a prevenir la entrada de algunos patógenos a la planta; por lo tanto, la lignina es un elemento importante en la vida de las plantas, pero que limita la producción animal que utiliza los forrajes como materia prima (Vargas, 2016).

El porcentaje de cenizas de un forraje representa su materia inorgánica o contenido total de minerales. Típicamente el material inorgánico proviene de dos fuentes: El porcentaje de ceniza interna de la planta, que aporta minerales como el magnesio, el calcio y el potasio, y la contaminación del suelo, que se caracteriza por altas concentraciones de hierro, aluminio y sílice. Las contribuciones minerales de la ceniza son importantes para la salud y el rendimiento de los animales. Sin embargo, las cenizas no minerales pueden contener hongos y bacterias. El contenido promedio de cenizas en el forraje suele ser de 3 al 5 % en el maíz, del 6 al 8 % en gramíneas y del 8 al 10 % en leguminosas (Vargas, 2016).

En este trabajo el porcentaje de cenizas promedio fue de 10.9 % para la parcela con MFNSN, 9,68 % para la parcela con FQUIM y de 9,61 % para la parcela sin intervención o

control (Tabla 1). El contenido de cenizas del tratamiento MFNSN fue superior ( $P = 0,04$ ) a los otros dos tratamientos en 12 % y 13 %, con respecto al tratamiento FQUIM y el control, respectivamente (Figura 5).

La digestibilidad de la materia seca resultó en 58,1 % para el tratamiento MFNSN, 57,7 % para FQUIM y 57.4 % para el control, mostrando que no hubo diferencia ( $P = 0,72$ ) entre los tratamientos (Tabla 1). La digestibilidad de la materia seca es una determinación de la calidad de los alimentos ampliamente difundida y que presenta una alta correlación con los resultados en el animal. La digestibilidad, en términos generales, representa el porcentaje de alimentos que el animal consume, pero que no elimina; en otras palabras, es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento y de estimar la energía disponible que tiene. Cuando supera el 50 % entonces indica que el forraje que consume el animal es muy aceptado digerido y consumido por el animal demostrando de esta manera que el mismo posee pocos contenidos de fibra o lignina y el animal lo digiere muy bien.

La Tabla 1 solo hace referencia a la concentración de energía metabolizable y en la Figura 7 se muestra la partición de la energía. Ninguno de los parámetros de energía fue afectado por el tratamiento ( $P = 0,72$ ). En promedios generales, la energía digestible fue de 2,545 Mcal/kg MS, la energía metabolizable fue 2,120 Mcal/kg MS, la energía neta de mantenimiento fue de 1,271 Mcal/kg MS, la energía neta de ganancia fue de 0,666 Mcal/kg MS y la energía neta de lactancia de 1,363 Mcal/kg MS.

En términos generales, la aplicación del producto (tratamiento MFNSN) sugiere un aumento en los parámetros de biomasa, materia orgánica, materia seca, extracto etéreo y cenizas, lo que, desde el punto de vista de fertilización nitrogenada, constituye una innovación tecnológica sustentable y sostenible. Los microorganismos asimbióticos se encuentran prácticamente en todos los hábitats, como el suelo, el mar, fuentes de agua dulce y sedimentos. Uno de los géneros más utilizados como biofertilizante es el *Azotobacter sp* (Jiménez, 2007) que también influye en el establecimiento de condiciones óptimas para el desarrollo de una cubierta vegetal estable. Esto es fundamental para que se conserve la calidad del suelo (Suquilanda, 1996).

Muchos de los estudios que se reportan en la literatura van dirigidos a prácticas agrícolas y forestales, aislando microorganismos de diferentes ambientes, teniendo resultados positivos en cuanto a la producción de biomasa vegetal de gramíneas como el maíz y los pastos forrajeros. Los datos indican un 60 – 70% de ocurrencia de éxito con un incremento significativo en las cosechas del orden de 5 – 30%, esto atribuido al género *Azospirillum* (Okon y Labandera-González, 1994).

En este sentido, este estudio sugiere el potencial uso de esta tecnología de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno en la producción del forraje del pasto *C. dactylon* bajo las condiciones del arco seco en la provincia de Coclé. Esto nos brinda una base para que se pueda evaluar estos productos en otras regiones agroclimáticas de Panamá y en otras pasturas.



**Tabla 1.**

*Producción de biomasa y calidad nutricional del pasto Cynodon dactylon inoculado con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno, con fertilización química y sin intervención.*

| Variable de respuesta <sup>1</sup>               | Tratamiento <sup>2</sup> |                    |                   | EEM <sup>3</sup> | P-valor <sup>4</sup> |
|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|
|                                                  | MFNSN                    | FQUIM              | Control           |                  |                      |
| Producción de biomasa <sup>5</sup> , kg de MS/ha | 590                      | 575                | 361               | NA               | NA                   |
| Materia seca (MS), %                             | 29.1 <sup>a</sup>        | 28.1 <sup>a</sup>  | 20.6 <sup>b</sup> | 5.48             | 0.001                |
| Materia Orgánica (MO), %                         | 90.4 <sup>a</sup>        | 90.3 <sup>a</sup>  | 89.1 <sup>b</sup> | 0.43             | 0.04                 |
| Proteína cruda (PC), %                           | 12.2                     | 11.1               | 10.7              | 1.84             | 0.31                 |
| Extracto etéreo (EE), %                          | 2.14 <sup>a</sup>        | 1.81 <sup>ab</sup> | 1.59 <sup>a</sup> | 0.066            | 0.04                 |
| Fibra detergente neutro (FDN), %                 | 63.7                     | 63.7               | 63.4              | 1.64             | 0.93                 |
| Fibra detergente ácido (FDA), %                  | 40.4                     | 40.1               | 39.6              | 2.03             | 0.71                 |
| Lignina ácido detergente (LAD), %                | 3.98                     | 3.83               | 3.62              | 0.053            | 0.14                 |
| Hemicelulosa (HC), %                             | 23.8                     | 23.6               | 23.3              | 0.93             | 0.77                 |
| Celulosa (CL), %                                 | 36.8                     | 36.3               | 35.6              | 1.95             | 0.51                 |
| Cenizas (CZ), %                                  | 10.9 <sup>a</sup>        | 9.68 <sup>b</sup>  | 9.61 <sup>b</sup> | 0.432            | 0.04                 |
| Digestibilidad de materia seca (DMS), %          | 58.1                     | 57.7               | 57.4              | 1.23             | 0.72                 |
| Energía metabolizable (EM), Mcal/kg MS           | 2.136                    | 2.118              | 2.107             | 0.0024           | 0.72                 |

<sup>1</sup>Estimaciones por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS (InfraXact Pro, FOSS).

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Superíndices en hileras significan diferencias  $P < 0.05$ .

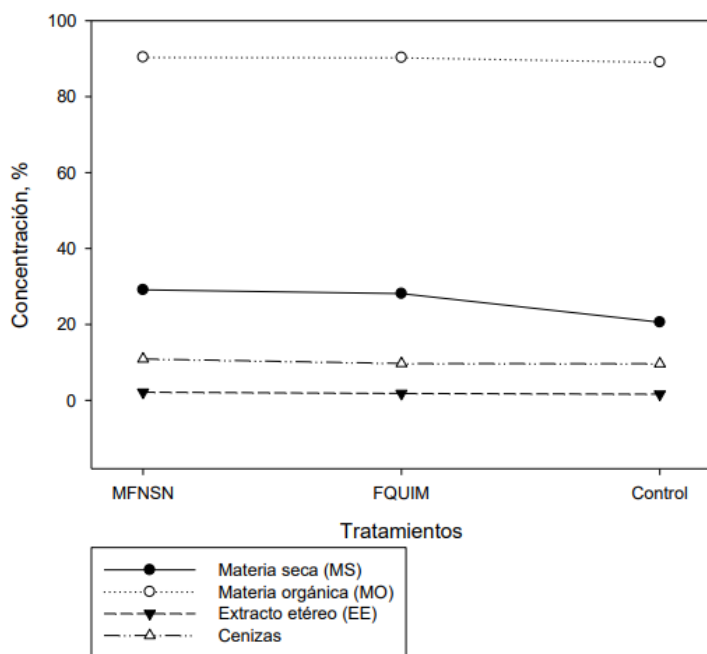
<sup>3</sup>Error estándar de la media,  $n = 12$  ( $n$  representa el número de observaciones utilizadas en el análisis estadístico).

<sup>4</sup>Efecto principal de tratamiento.

<sup>5</sup>Estimaciones de biomasa según muestreo con marco muestral en parcela de 40 m<sup>2</sup>.

**Figura 5.**

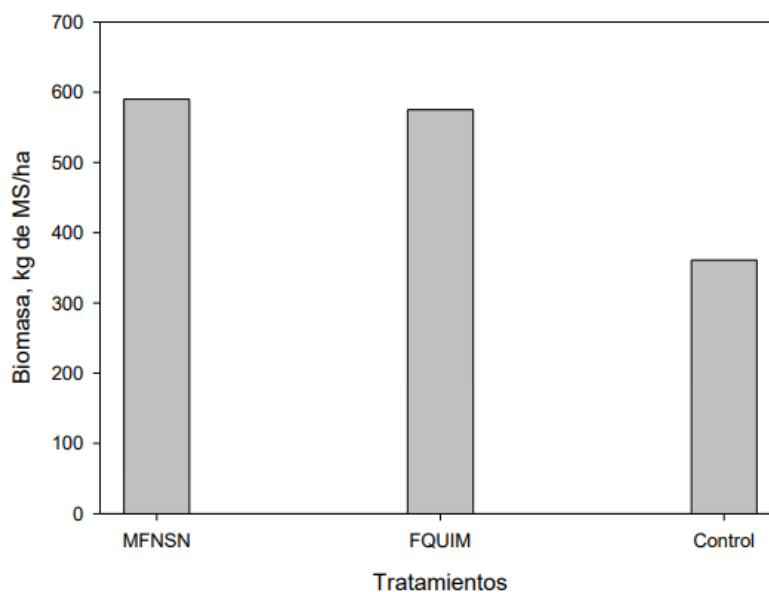
*Efecto de tratamiento sobre la calidad nutricional del pasto Cynodon dactylon.*



Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Total, de observaciones utilizadas en el análisis estadístico,  $n = 12$ . Estimaciones por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS (InfraXact Pro, FOSS).

**Figura 6.**

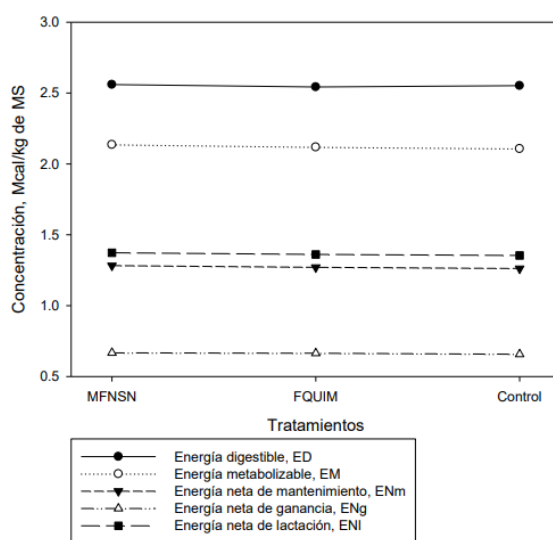
*Efecto de tratamiento sobre la producción de biomasa del pasto C. dactylon.*



Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Estimaciones de biomasa según muestreo con marco muestral en parcela de 40 m<sup>2</sup>

**Figura 7.**

*Efecto de tratamiento sobre la concentración energética del pasto Cynodon dactylon.*





Los tratamientos fueron: inoculación con microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno (MFNSN), aplicación de fertilizante químico (FQUIM) y parcela sin intervención como control. Total, de observaciones utilizadas en el análisis estadístico,  $n = 12$ . Estimaciones por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS (InfraXact Pro, FOSS).

## CONCLUSIONES

- Se mejoró el rendimiento de biomasa mientras otros parámetros bromatológicos no fueron afectados por la incorporación del producto biológico.
- Se observó una paridad de rendimiento entre la parcela bajo el tratamiento con el producto biológico y la parcela con fertilización química., lo que podría traducirse en una mejora en la producción del pasto *C. dactylon*.
- La intervención de la parcela de *C. dactylon* con el producto biológico, a base de microorganismos fijadores no simbióticos de nitrógeno, sugiere un impacto positivo en los parámetros de producción de biomasa, materia seca, materia orgánica, extracto etéreo y cenizas, en comparación del testigo comercial y el control sin intervención.
- El uso del producto biológico representa una alternativa biológica viable para implementarse en la producción de forrajes y así minimizar la utilización de fertilizantes químicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrobiológicos de Panamá. Bacter Crecimiento (2022).
- Arosemena, E. (2012). Manejo de pasturas y su degradación. Ciencia Agropecuaria, 31:1.
- Escobar, P. B., Etcheverría, P. T., Vial, M. A., Daza, J. C. (2020). Concepto de materia seca y su uso: guía práctica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.
- FAO. (2016). La Alimentación y la Agricultura. Acciones para impulsar el programa de la agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo Sostenible.

- González, K. (2021). Valor nutricional y calidad de los pastos. (En línea). <https://zoovetesmipasion.com/pastos-y-forrajes/valor-nutricional-los-pastos/>
- Guerra, (2005). Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el porcentaje de materia seca y relación hoja/tallo de la *Brachiaria* híbrida (Pasto Mulato). Tesis Ing. Agro. Zootecnista. Panamá, UP. Pág. 9-10.
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabid, L., Garces, M., Pérez, D., Mattar, V. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces en una explotación avícola de Córdoba: Parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ*, Córdoba, 13:2.
- Jiménez, Diego. (2007). Caracterización molecular de cepas nativas colombianas de *Azotobacter* sp. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- Molina, C., Molina, E., Molina, J. (1993). Los sistemas sostenibles: el camino ante la crisis agropecuaria tropical. In Seminario centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería con Rumiantes menores. San José, C.R.
- Mora, M., Morocho, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas: *Centro Agrícola*, 46 (2).
- Okon, Y., Labandera-Gonzalez, C. A. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(12), 1591-1601.
- MIDA. (2009). Programa de Nacional de Zonificación Agroecológica. Resultados de la Zonificación Agroecológica de 20 especies de pastos y forrajes en la República de Panamá.
- Suquilanda, M. (1996). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. Editorial UPS. FUNDAGRO. Quito, Ecuador
- Vargas, J. (2016). Calidad de los forrajes para rumiantes. *Entorno Ganadero* 78, Sitio Argentino de Producción Animal.