

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE EXCRETAS BOVINAS Y  
CAPRINAS COMO UNA ALTERNATIVA DE FERTILIZACIÓN,  
SOBRE LA PRODUCCIÓN, CALIDAD NUTRICIONAL Y SANIDAD  
EN EL PASTO ESTRELLA (*CYNODON NLEMFUENSIS*  
VANDERYST), EN LA FINCA EXPERIMENTAL SANTA LUCÍA,  
HEREDIA**

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Artículo Científico para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía con énfasis en Agricultura Alternativa

**Estudiante**

Bach. Karla María Meza Chaves

**Tutor**

M.Sc. José Pablo Jiménez Castro

**Asesores**

M.Sc. José Alonso Calvo Araya

M.Sc Miguel Castillo Umaña

Campus Omar Dengo

Heredia, 2024

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), en la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia**

**Estudiante:**

Bach. Karla María Meza Chaves

**Trabajo final de graduación modalidad artículo científico sometido a consideración del tribunal examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía con énfasis en Agricultura Alternativa**

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**Trabajo final de Graduación presentado como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en agronomía con énfasis en Agricultura Alternativa**

**Tribunal Examinador**

---

Dra. Lilliam Quirós Arias

Decana Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

---

M. Sc. Andrés Alpízar Naranjo

Director de la Escuela de Ciencias Agrarias

---

M. Sc. José Pablo Jiménez Castro

Director de Tesis

---

M.Sc. José Alonso Calvo Araya

Asesor 1

---

M.Sc. Miguel Angel Castillo Umaña

Asesor 2

---

Bach. Karla María Meza Chaves

Sustentante

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

### **DEDICATORIA**

*A Dios, por ser mi guía y por darme la sabiduría para poder culminar con éxito mi trabajo.*

*A mis padres, José Meza y Olga Chaves, por ser el pilar más importante en mi vida, por brindarme su apoyo incondicional, por inspirarme a luchar por mis sueños.*

*A Alejandro Mora, quien, con su apoyo incondicional y fe en mí, me ha permitido creer que soy capaz de lograr todas mis metas.*

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

## AGRADECIMIENTOS

*Profundo agradecimiento a mi tutor, M. Sc. José Pablo Jiménez Castro. Su dedicación, profesionalismo, paciencia, compromiso y apoyo me permitieron culminar con éxito mi trabajo final de graduación.*

*A mis dos asesores, M.Sc. José Alonso Calvo Araya y M.Sc. Miguel Angel Castillo Umaña, quienes generosamente compartieron su experiencia y amplio conocimiento para guiarme en el desarrollo de mi trabajo.*

*Al Programa de producción sustentable de leche bovina de la Finca Experimental Santa Lucía. Y a los trabajadores; Manuel Rodríguez, Leonel Hernández y Olger Espinoza, quienes me brindaron su colaboración durante todo el proceso experimental de mi trabajo final de graduación.*

*Al Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales (LAPAV) de la Universidad Nacional, y a Jose Mario Núñez, por brindarme todo su apoyo y asesoría con el proceso de análisis bromatológico del pasto.*

*Al personal del Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional, principalmente al profesor M. Sc. Wálter Peraza Padilla, por su apoyo, guía y consejos brindados.*

*A todos mis amigos, que de alguna u otra manera me mostraron su apoyo durante el desarrollo de mi trabajo.*

*¡A todos, muchas gracias!*

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
<b>Objetivo general</b> .....	11
<b>Objetivos específicos</b> .....	11
<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>14</b>
<b>Localización y características agroclimáticas de la zona</b> .....	14
<b>Tratamientos y Diseño Experimental</b> .....	15
<b>Análisis químico/microbiológico del suelo</b> .....	16
<b>Detección de problemas fitosanitarios</b> .....	16
<b>Muestreo de nematodos</b> .....	16
<b>Extracción e identificación de nematodos</b> .....	16
<b>Muestreo de enfermedades</b> .....	17
<b>Incidencia y severidad</b> .....	17
<b>Preparación de los aislamientos</b> .....	17
<b>Identificación morfológica de patógenos</b> .....	17
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>Producción de biomasa y composición bromatológica del pasto</b> .....	18
<b>Composición química y microbiológica del suelo</b> .....	19
<b>Detección de problemas fitosanitarios</b> .....	22
<b>Nemátodos presentes en suelo y raíz</b> .....	22
<b>Hongos aislados en raíces y hojas</b> .....	24
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>30</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>31</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>38</b>

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**LISTA DE TABLAS**

**Tabla 1**

*Producción y composición bromatológica del pasto estrella fertilizado con diferentes fuentes a una dosis de 250 kg N /ha. .... 18*

**Tabla 2**

*Composición química del suelo antes y después de aplicados los tratamientos. .... 20*

**Tabla 3**

*Grupos de microorganismos expresados en Unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo presentes en los tratamientos. .... 21*

**Tabla 4**

*Nematodos presentes en suelo..... 22*

**Tabla 5**

*Nematodos presentes en la raíz del pasto estrella. .... 23*

**Tabla 6**

*Hongos aislados las raíces y las hojas de pasto estrella africana de la Finca Experimental Santa Lucía, UNA. .... 24*

**Tabla 7**

*Contenido químico y microbiológico de la excreta bovina de la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia. .... 29*

**Tabla 8**

*Contenido químico y microbiológico de la excreta de cabra de la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia..... 29*

## LISTA DE FIGURAS

### Figura 1

*Síntomas y signos de Puccinia sp. en pasto estrella. ....26*

### Figura 2

*Incidencia de la roya en los tratamientos. ....27*

### Figura 3

*Severidad de la roya en los tratamientos.....27*

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La actividad ganadera tiene un papel importante en la economía del sector agropecuario del país. Para el 2020, en Costa Rica el hato ganadero era de aproximadamente 1 633 467 animales, de los cuales un 15,4% son destinados a la producción de leche. La mayor cantidad de fincas destinadas a la producción de ganado de leche utilizan el pastoreo como su principal sistema de producción, sea con pasto mejorado o pasto natural (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2020). Esta actividad genera cerca de 46.000 empleos directos e indirectos que permiten estimular la economía costarricense (Garza, 2022).

El incremento de la producción ganadera genera una mayor demanda en la producción de forrajes de calidad, al ser una de las principales fuentes de alimentación en la ganadería especializada ya que son un recurso más económico y accesible para los productores lecheros (Sánchez y Mesén, 2018). El valor nutritivo de los forrajes se determina por la cantidad de proteínas, carbohidratos y vitaminas que contienen, y que resultan indispensables para la salud y productividad de los animales; no obstante, su contenido nutricional se afecta por las condiciones de fertilidad presentes en el suelo (Rojas y Elizondo, 2020). Además, el rendimiento del cultivo se relaciona no solo con la fertilización, sino también, con patógenos como bacterias y hongos fitopatógenos que afectan el cultivo. Avasthi *et al.*, (2023) menciona que algunos patógenos como *Puccinia* sp. pueden representar una problemática importante en las pasturas, y puede convertirse en un factor limitante en el desarrollo de estas (Lancashire y Latch, 1996), disminuyendo su rendimiento y calidad nutricional. Otros géneros como *Bipolaris* sp. ha sido reportado con frecuencia como un patógeno de importancia económica en algunas especies de pasto como el ryegrass (Clarke y Eagling, 1994).

Una de las prácticas agrícolas más importantes en la producción de forrajes es la fertilización, que se puede realizar mediante fertilizantes orgánicos o inorgánicos. Según Pezo y García (2018), la fertilización es necesaria para poder mantener los nutrientes que el pasto necesita extraer para su adecuado desarrollo; sin embargo, algunos factores pueden afectar el aprovechamiento de los fertilizantes inorgánicos, lo que provoca volatilización o lixiviación de estos. Las fuentes de fertilizantes inorgánicos se han utilizado comúnmente a través de los años, pero existe una serie de problemáticas ambientales que se relacionan con la baja eficiencia que algunos de ellos presentan y con su uso excesivo (González, 2019).

A pesar de ser los fertilizantes inorgánicos una fuente muy utilizada en los sistemas de producción lechera, actualmente se buscan alternativas a este tipo de insumos que permitan de igual manera conseguir un buen desarrollo de los pastos. Tal es el caso de las excretas bovinas y caprinas, que han sido utilizadas en los últimos años como fuente de fertilizante orgánico en diversos cultivos, entre ellos los pastos. Las excretas producidas en los sistemas pecuarios contienen gran cantidad de nutrientes como fósforo, potasio y nitrógeno, que son requeridos por las plantas (Elizondo y Espinoza, 2021). Pese a los beneficios que estas traen al suelo y por consiguiente a las plantas, la acumulación de estas en los sistemas lecheros sin ningún tratamiento sumado a las aplicaciones inadecuadas puede convertirlas en una fuente de contaminación ambiental.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

Elizondo y Espinoza (2021), mencionan que uno de los impactos negativos con los que se puede asociar la aplicación de excretas es la contaminación en la calidad del aire, producto de las emisiones de óxido nitroso y amoníaco y las emisiones de gases de efecto invernadero que tienen un impacto sobre el cambio climático. Por otra parte, Pinos *et al.*, (2012), menciona que el mal uso de estas puede generar contaminación en fuentes de agua de manera indirecta por escorrentía o de forma directa por medio de infiltración. El nitrógeno se relaciona con la contaminación de las aguas subterráneas por la lixiviación del nitrato a través del suelo; y el fósforo se relaciona principalmente con la contaminación de aguas superficiales, ya que, al entrar en contacto con fuentes de agua, los altos niveles de este nutriente favorecen el proceso de eutrofización, aumentando la cantidad de plantas acuáticas y disminuyendo la cantidad de O<sub>2</sub> y el pH.

Aunado a lo anterior, el uso de fertilizantes orgánicos puede convertirse en una alternativa más rentable para los sistemas pecuarios. En los últimos años se evidencia el alza en el precio de los fertilizantes inorgánicos. Según el World Bank Group (2021), se presentó un aumento en el precio de 24% en el primer trimestre del año 2021 y fertilizantes como el DAP y nitrogenados, principalmente la Urea, aumentaron un 34 y 30 %, respectivamente. Para el año 2022 el precio aumentó hasta tres veces más que el año anterior (Banco Mundial, 2022), lo que conlleva a la necesidad de utilizar otras fuentes de fertilizantes de menor costo para los sistemas productivos y más amigables con el medio ambiente.

En Costa Rica, la fertilización química representa una problemática para los ganaderos, ya que puede acidificar los suelos. El manejo de las pasturas (fertilización y control de malezas) representa un 10% del total de costos por cada kilogramo de leche producido (Calvo, 2021) y, además, la aplicación de fertilizantes de manera continua y excesiva provoca un gran impacto ambiental (González, 2019). Ante la problemática que existe en torno a la sustitución de la fertilización nitrogenada a nivel de país en la producción de pastos y forrajes, resulta de gran importancia y relevancia realizar los estudios correspondientes que permitan evaluar correctamente las alternativas a dicha práctica en la producción ganadera.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la utilización de excretas bovinas y caprinas sobre la producción, calidad nutricional e incidencia de enfermedades en el pasto estrella africana, como alternativas de fertilización nitrogenada en los sistemas de lechería especializada.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la utilización de excretas bovinas y caprinas sobre la producción, calidad nutricional e incidencia de enfermedades en pasto estrella africana, como alternativas de fertilización nitrogenada en el sistema de lechería especializada de la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia.

### **Objetivos específicos**

Estimar la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto estrella fertilizado con excretas de bovinos y caprinos en la lechería especializada de la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia.

Determinar la incidencia y severidad de enfermedades en pasto estrella bajo fertilización con excretas de bovinos y caprinos en la lechería especializada de la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), en la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia<sup>1</sup>**

Karla María Meza-Chaves<sup>2</sup>, José Pablo Jiménez-Castro<sup>3</sup>, José Alonso Calvo-Araya<sup>4</sup>, Miguel Angel Castillo-Umaña<sup>5</sup>

## RESUMEN

La actividad ganadera en Costa Rica desencadena una demanda creciente de forrajes de calidad para la producción lechera. La fertilización, factor clave en este proceso, plantea desafíos ambientales y económicos para el sector. El objetivo del presente estudio fue evaluar la utilización de excretas bovinas y caprinas sobre la producción, calidad nutricional e incidencia de enfermedades en el pasto estrella africana, como alternativas de fertilización nitrogenada en los sistemas de lechería especializada. El trabajo se llevó a cabo en la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional, se utilizó un diseño de bloques, con tres repeticiones y cuatro tratamientos. El material cosechado se pesó en fresco para determinar producción de biomasa y en laboratorio se evaluó calidad y sanidad. Los resultados muestran que la producción de biomasa no se vio disminuida con la aplicación de las excretas, y el pasto mantuvo su calidad nutricional, por lo que pueden considerarse una buena alternativa de fertilización. *Puccinia* sp. se reportó como el principal patógeno presente en el pasto, sin embargo, su incidencia no se atribuye a las excretas aplicadas. Y no se observó ningún efecto directo de los tratamientos sobre la densidad poblacional de los nematodos presentes en la pastura.

**Palabras clave:** fertilización, excreta bovina, excreta caprina, producción de biomasa, calidad, sanidad.

**Key words:** Fertilization, bovine manure, caprine manure, biomass production, quality, sanitation.

<sup>1</sup> Este fue el trabajo final de graduación del primer autor en la Universidad Nacional

<sup>2</sup> Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Agrarias, Heredia, Costa Rica. [mezachaves1616@gmail.com](mailto:mezachaves1616@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica.

[jpjimenez@inta.go.cr](mailto:jpjimenez@inta.go.cr)

<sup>4</sup> Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Agrarias, Heredia, Costa Rica. [alonso.calvo.araya@una.ac.cr](mailto:alonso.calvo.araya@una.ac.cr)

<sup>5</sup> Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Agrarias, Heredia, Costa Rica. [miguel.castillo.umana@una.ac.cr](mailto:miguel.castillo.umana@una.ac.cr)

## INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera tiene un papel importante en la economía del sector agropecuario del país. Para el 2020, en Costa Rica el hato ganadero era de aproximadamente 1 633 467 animales, de los cuales un 15,4% son destinados a la producción de leche. La mayor cantidad de fincas destinadas a la producción de ganado de leche utilizan el pastoreo como su principal sistema de producción, sea con pasto mejorado o pasto natural (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2020). Esta actividad genera cerca de 46.000 empleos directos e indirectos que permiten estimular la economía costarricense (Garza, 2022).

El incremento de la producción ganadera genera una mayor demanda en la producción de forrajes de calidad como una de las principales fuentes de alimentación en la ganadería especializada por ser un recurso más económico y accesible para los productores lecheros (Sánchez y Mesén, 2018). El valor nutritivo de los forrajes se determina por la cantidad de proteínas, carbohidratos y vitaminas que contienen, y que resultan indispensables para la salud y productividad de los animales; no obstante, su contenido nutricional se afecta por las condiciones de fertilidad presentes en el suelo (Rojas y Elizondo, 2020). Además, el rendimiento del cultivo se relaciona no solo con la fertilización, sino también, con patógenos como bacterias y hongos fitopatógenos que afectan el cultivo. Avasthi *et al.*, (2023) menciona que algunos patógenos como *Puccinia* sp. pueden representar una problemática importante en las pasturas, y puede convertirse en un factor limitante en el desarrollo de estas (Lancashire y Latch, 1996), disminuyendo su rendimiento y calidad nutricional. Otros géneros como *Bipolaris* sp. ha sido reportado con frecuencia como un patógeno de importancia económica en algunas especies de pasto como el ryegrass (Clarke y Eagling, 1994).

Una de las prácticas agrícolas más importantes en la producción de forrajes es la fertilización, que se puede realizar mediante fertilizantes orgánicos o inorgánicos. Según Pezo y García (2018), la fertilización es necesaria para poder mantener los nutrientes que el pasto necesita extraer para su adecuado desarrollo; sin embargo, algunos factores pueden afectar el aprovechamiento de los fertilizantes inorgánicos, lo que provoca volatilización o lixiviación de estos. Las fuentes de fertilizantes inorgánicos se han utilizado comúnmente a través de los años, pero existen una serie de problemáticas ambientales que se relacionan con la baja eficiencia que algunos de ellos presentan y con su uso excesivo (González, 2019).

A pesar de ser los fertilizantes inorgánicos una fuente muy utilizada en los sistemas de producción lechera, actualmente se buscan alternativas a este tipo de insumos que permitan de igual manera conseguir un buen desarrollo de los pastos. Tal es el caso de las excretas bovinas y caprinas, que han sido utilizadas en los últimos años como fuente de fertilizante orgánico en diversos cultivos, entre ellos los pastos. Las excretas producidas en los sistemas pecuarios contienen gran cantidad de nutrientes como fósforo, potasio y nitrógeno, que son requeridos por las plantas (Elizondo y Espinoza, 2021). Pese a los beneficios que estas traen al suelo y por consecuente a las plantas, la acumulación de estas en los sistemas lecheros sin ningún tratamiento sumado a las aplicaciones inadecuadas puede convertirlas en una fuente de contaminación ambiental.

Elizondo y Espinoza (2021), mencionan que uno de los impactos negativos con los que se puede asociar la aplicación de excretas es la contaminación en la calidad del aire, producto de las emisiones de óxido nitroso y amoníaco y las emisiones de gases de efecto

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

invernadero que tienen un impacto sobre el cambio climático. Por otra parte, Pinos *et al.*, (2012), menciona que el mal uso de estas puede generar contaminación en fuentes de agua de manera indirecta por escorrentía o de forma directa por medio de infiltración. El nitrógeno se relaciona con la contaminación de las aguas subterráneas por la lixiviación del nitrato a través del suelo; y el fósforo se relaciona principalmente con la contaminación de aguas superficiales, ya que, al entrar en contacto con fuentes de agua, los altos niveles de este nutriente favorecen el proceso de eutrofización, aumentando la cantidad de plantas acuáticas y disminuyendo la cantidad de O<sub>2</sub> y el pH.

Aunado a lo anterior, el uso de fertilizantes orgánicos puede convertirse en una alternativa más rentable para los sistemas pecuarios. En los últimos años se evidencia el alza en el precio de los fertilizantes inorgánicos. Según el World Bank Group (2021), se presentó un aumento en el precio de 24% en el primer trimestre del año 2021 y fertilizantes como el DAP y nitrogenados, principalmente la Urea, aumentaron un 34 y 30 %, respectivamente. Para el año 2022 el precio aumentó hasta tres veces más que el año anterior (Banco Mundial, 2022), lo que conlleva a la necesidad de utilizar otras fuentes de fertilizantes de menor costo para los sistemas productivos y más amigables con el medio ambiente.

En Costa Rica, la fertilización química representa una problemática para los ganaderos, ya que puede acidificar los suelos. El manejo de las pasturas (fertilización y control de malezas) representa un 10% del total de costos por cada kilogramo de leche producido (Calvo, 2021) y, además, la aplicación de fertilizantes de manera continua y excesiva provoca un gran impacto ambiental (González, 2019). Ante la problemática que existe en torno a la sustitución de la fertilización nitrogenada a nivel de país en la producción de pastos y forrajes, resulta de gran importancia y relevancia realizar los estudios correspondientes que permitan evaluar correctamente las alternativas a dicha práctica en la producción ganadera y los riesgos fitosanitarios que estas pueden representar en cultivos como el pasto.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la utilización de excretas bovinas y caprinas sobre la producción, calidad nutricional e incidencia de enfermedades en el pasto estrella africana, como alternativas de fertilización nitrogenada en los sistemas de lechería especializada.

## METODOLOGÍA

### Localización y características agroclimáticas de la zona

El trabajo se llevó a cabo en la finca Experimental Santa Lucía (FESL) de la Universidad Nacional, ubicada en el cantón de Barva en la provincia de Heredia, en los meses de agosto a noviembre. La zona de estudio se encuentra a una altura de 1250 msnm, en las coordenadas 10°01'20" latitud norte y 84° 06' 45" longitud oeste. La precipitación promedio es de 2166 mm en la época lluviosa (mayo a noviembre) y 252 mm en la época seca (diciembre a abril), con temperaturas desde los 15 a los 25°C (Instituto Meteorológico Nacional [IMN], 2017). El suelo pertenece al orden Andisol, que se caracteriza por su coloración oscura, derivados de cenizas y materiales volcánicos, presentan texturas medias, alta productividad y buen drenaje (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA], 2015).

## Tratamientos y Diseño Experimental

Los tratamientos y el diseño experimental se realizaron tomando como base la metodología seguida por Elizondo y Espinoza (2021); se utilizó un área de 437 m<sup>2</sup> con pasto estrella africana establecido. El área utilizada no fue pastoreada por animales durante el periodo de estudio, y el manejo de arvenses se realizó de manera manual al inicio y durante el desarrollo del experimento. El área total se dividió en tres bloques que corresponden a las repeticiones, y cada bloque se dividió en cuatro parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5x5 metros) cada una, que corresponden a las unidades experimentales donde se distribuyeron los tratamientos. Se estableció una distancia de 2 metros entre cada bloque y 1 metro entre parcelas.

Los tratamientos correspondieron a una aplicación equivalente de 250 kg N·ha<sup>-1</sup> utilizando las siguientes fuentes: 1. testigo (sin fertilización), 2. excreta bovina, 3. excreta de cabra y 4. fertilizante químico (urea). La dosis de fertilización se distribuyó en 3 aplicaciones posterior a cada corte; en el caso de las excretas fueron aplicadas en fresco y granulado para el caso del fertilizante químico. La cantidad de excretas aplicada se estableció en base a los resultados del análisis de composición química.

La excreta bovina se recolectó de la sala de alimentación de los bovinos y la excreta de cabra se tomó directamente del piso de las instalaciones donde se encuentra el sistema de producción caprino. Se tomó una muestra representativa de las excretas de vaca y de cabra y se enviaron al Laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) para realizar el respectivo análisis químico y microbiológico.

Para estimar la producción de biomasa y su calidad bromatológica se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura al inicio del experimento y a partir de dicho corte, se realizaron 3 cortes consecutivos cada 30 días. El pasto se cosechó de manera manual utilizando una motoguadaña y a la misma altura del corte de uniformización. El material cosechado se pesó en fresco en campo utilizando una romana de péndulo, y se tomó un 10% de la cosecha de cada parcela y se envió al Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales (LAPAV) de la UNA donde se realizó el análisis bromatológico correspondiente.

Para determinar el contenido de materia seca del pasto, se secaron las muestras en un horno de convección con circulación de aire forzado a temperatura de 60°C durante 48 horas y hasta que alcanzó un peso constante y se molieron con malla de 1 mm para recolectar el material. Posteriormente, se estimó el nivel de proteína cruda siguiendo el método aprobado por AOAC (2000), la lignina según Goering y Van Soest (1970), y la fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de acuerdo con la metodología de Van Soest *et al.* (1991). Con base en los datos obtenidos de cada muestreo, se procedió a estimar la producción de biomasa seca por hectárea y los niveles de proteína por hectárea.

Los datos se analizaron mediante modelos lineales generales y mixtos de Infostat versión 2020 (Di Rienzo *et al.* 2020) y las medias fueron comparadas utilizando una prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5%, cumpliendo los supuestos de homogeneidad de varianzas y homocedasticidad. El experimento consistió en bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento y se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

Donde:

$Y_{ijk}$  = Producción en kg/ha/corte

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\gamma_k$  = Efecto del k-ésimo muestreo

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

### **Análisis químico/microbiológico del suelo**

Para la evaluación del análisis químico se recolectó una muestra de suelo al inicio del experimento de toda el área de estudio y otra muestra al finalizar el experimento por cada tratamiento. Se recolectó también una muestra por tratamiento al finalizar el experimento para evaluar la composición microbiológica del suelo. Las muestras recolectadas se enviaron al Laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, donde se realizó un análisis químico completo KCl-Olsen modificado y el análisis microbiológico que incluyó el recuento de hongos y bacterias.

### **Detección de problemas fitosanitarios**

#### **Muestreo de nematodos**

Se tomó una muestra de suelo del área total al inicio del experimento y una muestra por unidad experimental al finalizar. De la misma manera, se recolectó una muestra de raíz del pasto al inicio y otra muestra de raíz por unidad experimental al final del experimento. Se recolectó aproximadamente 1,0 kg de suelo por muestra y 20 g de raíces jóvenes. Las muestras se tomaron con una pala angosta y se almacenaron en bolsas plásticas etiquetadas. Posteriormente, fueron llevadas al Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional (UNA) para su respectivo análisis.

#### **Extracción e identificación de nematodos**

En el laboratorio de Nematología de la UN se procedió a homogenizar y cuartear las muestras de raíz y de suelo, hasta obtener 100 g de suelo y 10 g de raíz de cada tratamiento. Las muestras de raíces se licuaron y procesaron utilizando el método de centrifugación-flotación planteado por Jenkis (1964). El conteo e identificación de los nemátodos se realizó mediante la observación de las características morfológicas y anatómicas con la ayuda de un microscopio, y para el reconocimiento de los nemátodos presentes en las muestras se utilizó la clave pictórica de Mai & Lyon (1975).

Se determinó la densidad poblacional en cada muestra procesada y se expresó en número de nemátodos en 10 g de raíces y número de nemátodos por 100 g de suelo.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

### **Muestreo de enfermedades**

Se recolectaron muestras de pasto de cada uno de los bloques a una profundidad de 7,0 cm, estas contenían raíces, tejido sano y enfermo. Las mismas fueron identificadas y trasladadas al Laboratorio de Fitopatología de la UNA.

### **Incidencia y severidad**

Se realizó una inspección visual de todos los bloques, tomando plantas al azar para determinar la presencia de enfermedades. Con los datos obtenidos se estimó el porcentaje de incidencia de la enfermedad mediante la siguiente ecuación:

Incidencia (%) = (Número de plantas enfermas) x 100 / (Total de plantas de la sección de a muestrear)

Para determinar la severidad se utilizó una escala de 1 a 4, donde 1=plantas sanas, 2=plantas ligeramente enfermas, 3=plantas enfermas y con retraso moderado en el crecimiento y 4= plantas enfermas con retraso significativo en el crecimiento (Zhu *et al.*, 2004).

### **Preparación de los aislamientos**

Las muestras recolectadas se lavaron con agua para eliminar residuos de tierra o de materia orgánica. Previo a la preparación de los aislamientos se tomó un registro fotográfico de cada muestra incluido follaje y raíz, para asociar los síntomas observados con los patógenos presentes. Para determinar la presencia de necrosis o lesiones tanto de apariencia acuosa, con olor o color en el tallo se realizaron cortes transversales y longitudinales. De la misma manera se determinó la presencia de lesiones necróticas en las raíces.

En la cámara de flujo laminar se realizaron cortes del tejido vegetal de aproximadamente 5x5 mm, incluyendo en cada corte tejido sano y enfermo. El tejido se colocó en una gasa para realizar la desinfección de este, la cual consistió en introducir la gasa inicialmente en alcohol de 75% durante 30 segundos, seguidamente se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 0,50% durante 60 segundos y finalmente se sumergió en agua destilada.

Los trozos de tejido vegetal desinfectados se colocaron en un plato Petri con medio PDA, el cual se encontraba previamente endurecido y acidificado. Una vez realizado el cultivo se procedió a guardar en bolsas plásticas y se mantuvo en incubación a 25° C durante 5 días en condiciones de oscuridad.

### **Identificación morfológica de patógenos**

La identificación taxonómica de los microorganismos presentes en las muestras se realizó tomando como referencia la morfología de la colonia, crecimiento del micelio y características de su estructura reproductiva.

Se tomaron muestras de micelio de los aislamientos, se colocaron en portaobjetos y se añadió una gota de azul de lactofenol. Las muestras se observaron en el microscopio para determinar la presencia de características diagnósticas utilizando claves dicotómicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción de biomasa y composición bromatológica del pasto

La producción y composición bromatológica del pasto estrella africana se presenta en la tabla 1. En cuanto a la producción de biomasa verde (Kg/ha) no existieron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre la aplicación de urea, excreta de cabra y excreta de vaca; mientras que, el tratamiento testigo presentó un valor significativamente menor ( $p<0,05$ ). La producción de biomasa seca (Kg/ha) fue mayor ( $p<0,05$ ) con la aplicación de urea, y no se presentaron diferencias significativas con la aplicación de excreta de cabra, excreta de vaca y el tratamiento testigo. Elizondo y Espinoza (2021) evaluaron el efecto de la fertilización química y orgánica sobre variables de producción y calidad nutricional del pasto estrella africana y encontraron mayores rendimientos con la fertilización química y excreta de vaca en comparación al control; similar a lo encontrado en el presente estudio. Además, estos mismos autores encontraron rangos de producción de biomasa verde entre 3923 y 5762 kg/ha, a una dosis de aplicación de 250 kg de nitrógeno/ha/año.

**Tabla 1**

*Producción y composición bromatológica del pasto estrella fertilizado con diferentes fuentes a una dosis de 250 kg N/ha.*

Variable	Tratamientos				EE	p-valor
	Testigo	Excreta de cabra	Excreta bovina	Urea		
Biomasa verde, kg.ha <sup>-1</sup>	5486,6 <sup>b</sup>	7915,5 <sup>a</sup>	8106,6 <sup>a</sup>	9176,0 <sup>a</sup>	621,6	0,002
Biomasa seca, kg.ha <sup>-1</sup>	1483,2 <sup>b</sup>	1547,5 <sup>b</sup>	1621,6 <sup>ab</sup>	1904,4 <sup>a</sup>	80,57	0,005
PC, kg.ha <sup>-1</sup>	171,37 <sup>c</sup>	214,53 <sup>b</sup>	219,92 <sup>b</sup>	291,15 <sup>a</sup>	10,72	< 0,001
MS, %	23,36 <sup>a</sup>	19,34 <sup>b</sup>	21,48 <sup>ab</sup>	20,30 <sup>ab</sup>	0,976	0,041
PC, %	11,95 <sup>c</sup>	14,14 <sup>b</sup>	13,82 <sup>b</sup>	15,26 <sup>a</sup>	0,279	< 0,001
FND, %	63,47 <sup>a</sup>	60,46 <sup>b</sup>	60,51 <sup>b</sup>	60,66 <sup>b</sup>	0,543	0,001
FAD, %	32,21 <sup>a</sup>	30,20 <sup>b</sup>	30,00 <sup>b</sup>	29,78 <sup>b</sup>	0,447	0,002
Lignina, %	10,97	9,29	8,86	10,28		0,398

*Nota:* Letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes  $p<0.05$  (Tukey)

Respecto al rendimiento de biomasa seca, los resultados del presente estudio fueron menores a los reportados por Nuñez *et al* (2022), quienes, en el mismo sitio de estudio y días de rebrote, obtuvieron 3003,3 Kg/ha de biomasa seca. Las diferencias encontradas se pueden atribuir principalmente a que la fertilización con fuentes químicas nitrogenadas como la Urea tienen una mayor disponibilidad de N fácilmente asimilable por la planta y por ende el rendimiento de estas se ve favorecido (Han *et al.*, 2016). Los fertilizantes orgánicos por otra parte aportan gran cantidad de microorganismos, materia orgánica y nutrientes al suelo, mejorando así su fertilidad y favoreciendo la nutrición de las plantas. No obstante, la

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

capacidad que estos tienen para aportar nutrientes fácilmente disponibles para las plantas es baja en relación con los fertilizantes químicos (Álvarez *et al.*, 2010); debido a que los nutrientes se liberan más lentamente porque el proceso depende en su mayor parte de la actividad microbiana presente en el suelo (Rojas y Elizondo, 2020).

El contenido de materia seca (MS%) no se vio afectado ( $p>0,05$ ) por la aplicación de excreta bovina y la urea al compararse con el testigo; mientras que, la aplicación de excreta de cabra presentó una disminución ( $p<0,05$ ) en el contenido de materia seca. El valor de materia seca obtenido se encuentra dentro del rango de 10,7 a 49,4 %MS reportado por Martínez (2019), para un total de 1180 muestras analizadas de pasto estrella africana entre 20 y 30 días de rebrote.

Tanto la concentración de proteína cruda (%PC) como el rendimiento de proteína cruda (kg PC/ha) mostraron los valores más altos ( $p<0,05$ ) para la aplicación de urea. Los tratamientos con excreta de cabra y de vaca no presentaron diferencias entre sí ( $p>0,05$ ), el testigo presentó diferencias significativas ( $p<0,05$ ) respecto a los demás tratamientos y al mismo tiempo el valor más bajo de proteína cruda. Los valores encontrados son inferiores a los reportados por Sánchez *et al.*, (1987), y superiores a los encontrados por Rodríguez y Elizondo (2012); pero se encuentran dentro del rango reportado por Martínez (2019). Elizondo y Espinoza (2021) encontraron un efecto similar con la aplicación de urea y purines, observándose mayor contenido de proteína cruda con la aplicación de fertilizante químico. Los resultados obtenidos pueden atribuirse a la disponibilidad de N que presentan los fertilizantes orgánicos a diferencia de los químicos. En las fuentes de fertilización química, la liberación y solubilización de los nutrientes en el suelo como el N se da de una manera más acelerada, a diferencia de los fertilizantes orgánicos, los cuales liberan los nutrientes de una manera más lenta, debido a que el proceso depende directamente de la actividad microbiana presente en el suelo, por ende, la absorción de este nutriente para la síntesis de aminoácidos y proteína es más lenta (Chen, 2006; Chang *et al.*, 2010, como se citó en Torres *et al.*, 2016).

El contenido de FND y FAD fue menor ( $p<0,05$ ) con la aplicación de los tratamientos en comparación con el testigo y no difirieron ( $p>0,05$ ) entre excretas y urea. Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango reportado por Martínez (2019); sin embargo, son inferiores a los encontrados por Villalobos y Arce (2014) quienes evaluaron la calidad bromatológica de cuatro fincas lecheras en la zona de Monte Verde y reportaron promedios de 64,21% FND y 34,95% FAD, y son superiores a los reportados por Núñez *et al.*, (2022). Ramírez *et al.*, (2002), menciona que pastos con altos contenidos de pared celular presentan una baja digestibilidad y la disponibilidad de energía en la dieta de los animales se puede ver limitada. No se presentaron efectos de los tratamientos sobre la variable lignina.

### **Composición química y microbiológica del suelo**

El suelo utilizado presentó las siguientes características mostradas en la tabla 2. Los valores iniciales del suelo perteneciente al orden Andisol fueron pH 6.1%, fosforo (P) 3 mg/L, potasio (K) 0,65 cmol(+)/L, calcio (Ca) 8,51 cmol(+)/L, magnesio (Mg) 2,80 cmol(+)/L.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

Entre los tratamientos con excretas, se encontraron diferencias en los niveles de fósforo, las cuales pueden apreciarse en la tabla 2. El valor medio de P se elevó de un nivel bajo en el valor inicial a un incremento del 2,6 veces en el tratamiento que recibieron estiércol bovino. Este aumento en la disponibilidad de P concuerda con Jiménez *et al.*, (2004), Singh *et al.* (1995) y Vitosh *et al.* (1973), quienes han reportado incrementos de hasta 2,7 veces en los tratamientos en los que se aplicó estiércol bovino.

Estos elevados niveles de P obtenidos en los tratamientos con la adición de excreta bovina pueden explicarse por diversos procesos de solubilización de P que ocurre a nivel de suelo y en los que la materia orgánica potencializa y permite una mejor biodisponibilidad de P (Jiménez *et al.* 2004). Así mismo, Vitosh *et al.* (1973) y Sing *et al.* (1995) han reportado incrementos en la disponibilidad de P mediante la aplicación de estiércol que varían entre 1,7 y 2,7 veces los valores en lotes no enmendados.

El valor de calcio y magnesio expresado en un análisis de suelo corresponde a la cantidad total de nutrimento que está disponible a las plantas, el absorbido a la superficie coloidal, y el que está en solución (Bertsch, 1987). Los resultados de calcio con respecto al control variaron poco. El promedio del control fue de 8,51 cmol(+)/L, valor que se encuentra dentro del rango de valores medio (4,1 a 20,0 cmol(+)/L). El valor mayor se obtuvo en el tratamiento de excreta de cabra con 9,05 cmol(+)/L, valor que está ligeramente superior a los demás tratamientos. Los valores de magnesio en los tratamientos son similares y están dentro del nivel óptimo que es de 1,0 a 10,0 cmol(+)/L. Los valores de potasio de los tratamientos cuyos valores oscilaron entre 0,53 a 0,69 cmol(+)/L se mantuvieron dentro del intervalo ideal (0,2 a 1,5 cmol(+)/L) (Pérez, 2013).

**Tabla 2**

*Composición química del suelo antes y después de aplicados los tratamientos.*

Variable	Valor Inicial	Tratamiento			
		Testigo	Excreta Bovina	Urea	Excreta de cabra
pH	6,1	6,2	6,2	6,0	6,1
Acidez, cmol(+)/L	0,12	0,11	0,10	0,12	0,10
Ca, cmol(+)/L	8,51	8,27	8,30	8,83	9,05
Mg, cmol(+)/L	2,80	2,55	2,79	2,83	2,76
K, cmol(+)/L	0,65	0,69	0,67	0,53	0,66
CICE, cmol(+)/L	12,08	11,62	11,86	12,31	12,57
SA, %	1	0,9	0,8	1	0,8
P, mg/L	3	3	8	4	4
Zn, mg/L	4,6	4,7	7,0	44,3	9,0
Cu, mg/L	4	5	4	4	3
Fe, mg/L	81	106	101	101	98

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

Mn, mg/L	2	6	5	7	6
C/N	9,5	9,7	9,9	9,6	9,4

Los valores de capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE) estuvieron dentro de un rango óptimo con valores de 11,62 y 12,57 cmol(+)/L. De acuerdo con Bertsch (1987), los valores de CICE menores de 5 cmol(+)/L se consideran bajos y entre mayor sea el valor indica una mayor capacidad de nutrición del suelo. Por lo cual, los valores obtenidos en el presente ensayo reflejaron una cantidad adecuada de iones y un alto potencial nutricional de los mismos.

El microelemento que estuvo por encima de valores óptimos (10-50 mg/L) fue el hierro (Fe). En este experimento, los valores de los tratamientos estuvieron entre 98 y 106, casi el doble que el valor máximo óptimo. A pesar de que, este elemento es esencial para el crecimiento vegetal y el desarrollo (Celletti *et al.*, 2016) y se encuentra involucrado en la fotosíntesis y respiración, un exceso de este elemento a nivel de tejido foliar puede inducir toxicidad en las plantas. Esta toxicidad puede ser directa (absorción del elemento con la acumulación en el tejido vegetal) (Schmidt, 2006) o indirectamente (formación de placa en la superficie de la raíz, que afecta a la absorción de nutrientes). La toxicidad por Fe es un fenómeno complejo que puede afectar a la planta a nivel morfológico, fisiológico y bioquímico (Müller *et al.*, 2017). En pastos tropicales (*Paspalum densum* y *Echinochloa crus-galli*) se observó que las plantas de ambas especies presentaron tasas fotosintéticas, transpiración, conductancia estomática menores al crecer en condiciones de toxicidad de Fe, lo cual se ve reflejado en la productividad de estas especies (Siquiera *et al.* 2019).

Al realizar el análisis microbiológico de los tratamientos, se detectó que la composición microbiológica del tratamiento testigo fue  $6,5 \times 10^6$  UFC/g, y  $1,2 \times 10^4$  UFC/g de bacterias y hongos respectivamente por gramo de suelo (Tabla 3). El tratamiento de excreta de vaca aumentó la cantidad de microorganismos totales presentes.

**Tabla 3**

*Grupos de microorganismos expresados en Unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo presentes en los tratamientos.*

Grupo de microorganismos	Tratamiento		
	Suelo pasto estrella	Excreta de cabra	Excreta de vaca
Bacteria	$6,5 \times 10^6$ UFC/g	$1,4 \times 10^8$ UFC/g	$1,6 \times 10^9$ UFC/g
Hongos	$1,2 \times 10^4$ UFC/g	$4,1 \times 10^4$ UFC/g	$9,3 \times 10^3$ UFC/g
Totales	$7,7 \times 10^{10}$ UFC/g	$5,5 \times 10^{12}$ UFC/g	$10,9 \times 10^{12}$ UFC/g

La mayor cantidad de bacterias se presentó en el tratamiento con excreta bovina, la microflora de la boñiga incluye alrededor de 60 especies de bacterias principalmente de los géneros *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus*, *Acinetobacter*, *Serratia* y otras bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). Dentro de los principales mecanismos involucrados en esta promoción, se encuentran la solubilización de P (Bhatt *et al.*, 2019),

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

razón que podría explicar la mayor cantidad de P biodisponible en el tratamiento con excreta bovina

## Detección de problemas fitosanitarios

### Nemátodos presentes en suelo y raíz

En las muestras de suelo recolectadas en las áreas establecidas con pasto estrella, se identificaron siete géneros de nematodos. Los géneros con mayor frecuencia de ocurrencia (F.O.) fueron *Helicotylenchus* (100%), *Hemicycliophora* sp. (100%), *Mesocriconema* sp. (91,6%) y *Xiphinema* (75%). En menor frecuencia se encontró *Aphelenchoides* sp. (16,6%) (Tabla 4).

**Tabla 4.**

*Nematodos presentes en suelo*

Nemátodos asociados 100 g de suelo	Variable			
	F.O	P	MIN	MAX
<i>Helicotylenchus</i>	100,0	110,9	41,0	270,0
<i>Hemicycliophora</i> sp.	100,0	87,75	17,0	141,0
<i>Mesocriconema</i> sp.	91,6	43,5	11,0	121,0
<i>Meloidogyne</i> sp.	83,3	12,7	5,0	21,0
<i>Xiphinema</i>	75,0	5,3	4,0	7,0
<i>Aphelenchoides</i> sp.	16,6	91,5	8,0	175,0
Vida Libre	100,0	171,5	69,0	306,0

*Nota:* F.O (frecuencia de ocurrencia), P (promedio), Min (cantidad mínima reportada), Max (cantidad máxima reportada)

Con respecto a las muestras de raíz, el género *Meloidogyne* sp. mostró la mayor frecuencia de ocurrencia (100%), seguido de *Helicotylenchus* sp. (91,6%), y con menor medida *Xiphinema* sp. (8,3%) (Tabla 5). Aunque el género *Mesocriconema* sp. fue uno de los más frecuentes en las muestras de suelo analizadas, no se encontró en la muestra de raíz. Esto puede relacionarse directamente con su hábito alimenticio, ya que es un ectoparásito que se alimenta de las raíces de manera externa (Castaño, 2011; Cabrales *et al.*, 2015), lo que explica su ausencia en las muestras de raíz analizadas. Este comportamiento se observó también con el nematodo *Hemicycliophora* sp., ya que ambos géneros pertenecen a la misma familia, por lo que comparten su hábito alimenticio, razón por la cual este género se presentó con mayor frecuencia en el suelo analizado y en menor ocurrencia en las raíces del pasto.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**Tabla 5**

*Nematodos presentes en la raíz del pasto estrella.*

Nemátodos asociados 10 g de raíz	Variable			
	F.O	P	MIN	MAX
<i>Meloidogyne</i> sp.	100,0	109,0	3,0	421,0
<i>Helicotylenchus</i> sp.	91,6	14,2	6,0	29,0
<i>Aphelenchoides</i> sp.	50,0	5,0	1,0	8,0
<i>Hemicycliophora</i> sp.	50,0	3,83	1,0	7,0
<i>Xiphinema</i> sp.	8,3	2,0	2,0	2,0
<i>Mesocriconema</i> sp.	-	-	-	-
Vida Libre	100,0	103,7	33,0	195,0

F.O (frecuencia de ocurrencia), P (promedio), Min (cantidad mínima reportada), Max (cantidad máxima reportada)

Como se mencionó anteriormente los resultados obtenidos se relacionan principalmente con los hábitos alimenticios de dichos nematodos. Para el caso de *Helicotylenchus* sp. este se considera principalmente como un nematodo ectoparásito, por lo que se puede encontrar con mayor frecuencia en la muestra de suelo; no obstante, en algunas ocasiones puede comportarse también como semi endoparásito o endoparásito de raíces (Guzmán *et al.*, 2012), lo que puede justificar su presencia en las muestras de raíces analizadas. Adicionalmente, *Helicotylenchus* sp. ha sido reportado como uno de los principales nematodos fitoparásitos en cultivos de importancia mundial como el maíz (Lima *et al.*, 2018), chile dulce (Badilla, 2018), cereales, musáceas, gramíneas, frutales, tubérculos, plantas ornamentales entre otros (Rosales, 2022). Los daños en cultivos agrícolas se relacionan con una disminución en la cantidad y longitud de raíces secundarias. Además, este nematodo causa decoloración en el tejido dañado que posteriormente se convierte en lesiones necróticas (Alonzo, 2019), que comprometen la absorción de nutrientes y agua.

Por otra parte, el género *Meloidogyne* sp. presente en las muestras de suelo, son endoparásitos considerados como una de las principales limitantes en los sistemas de producción en países tropicales (Vélez y Guzmán, 2022), por su alta tasa de reproducción y su permanencia en los suelos. Esta característica dificulta su erradicación, lo que lo convierte en un problema fitosanitario en los cultivos agrícolas (Trudgill & Blok, 2001). En el maíz, provoca alteraciones en las raíces y se manifiesta con síntomas como amarillamiento, atrofiamiento de las hojas y espigas de menor tamaño (Lima, 2018). También se ha asociado con daños en cultivos como café, donde provoca alteraciones en el sistema radical que afectan directamente la absorción de agua y nutrientes (Quirós y Peraza, 2023).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por WingChing y Salazar (2014), quienes asociaron los nematodos *Helicotylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp. con diversos pastos utilizados en sistemas ganaderos como lo son estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), pasto

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

San Juan (*Setaria anceps*) y tanner (*Bracharia radicans*), en la localidad de Sucre, distrito Ciudad Quesada, cantón San Carlos de la Provincia de Alajuela.

### Hongos aislados en raíces y hojas

Los métodos para la búsqueda de microorganismos fitopatógenos proveen un indicador de la salud de las plantas. Las hojas y las raíces de las plantas son ambientes muy dinámicos y cambiantes; influenciados por una serie de factores como la temperatura, humedad relativa, viento, lluvia y radiación. Tanto en el filoplano como el rizoplano se produce el crecimiento de patógenos en competencia por los exudados (Arauz 1998). Con la metodología empleada en la investigación se realizaron un total de 58 aislamientos de hongos pertenecientes a 9 géneros diferentes. (Tabla 6).

Como se observa en la tabla 6, la diversidad de hongos aislados varió entre los tratamientos. A nivel de raíces se lograron obtener 4 géneros diferentes; *Fusarium* sp. se presentó en mayor cantidad, seguido de *Rhizoctonia* sp., *Aspergillus* sp y en menor cantidad *Penicillium* sp. Algunos patógenos como *Rhizoctonia* sp. se han reportado afectando especies del género *Zoysia* y *Cynodon* en distintas localidades de Brasil (Picarelli et al., 2020).

Para el caso de los patógenos presentes en las hojas del pasto, la Urea fue el tratamiento que presentó una mayor cantidad de hongos, y en menor cantidad las excretas de cabra y vaca. Del total de aislamientos del área foliar del pasto, el género *Pyrenophora* sp. se presentó en mayor cantidad y en menor cantidad *Puccinia* sp. El hongo *Pyrenophora* sp. ha sido reportado por otros autores en gran diversidad de hospedantes, en su mayoría en cultivos de trigo y otros cereales, y en gramíneas (Stephen et al., 2012). Krupinsky (1992), menciona que esta especie es patógena de pastos y logró obtener 62 aislamientos de esta provenientes de las especies *Agropyron* spp., *Bromus* spp., *Critesion jubatum*, *Dactylis glomerata*, *Elymus* spp., *Festuca ovina*, *Koeleria pyramidata*, *Leymus* spp, *Pascopyrum smithii*, *Phalaris arundinacea*, *Psathyrostachys jucea*, *Schizachyrium scoparium*, *Setaria viridis*, *Stipa* spp., *Thinopyrum intermedium*.

**Tabla 6**

*Hongos aislados las raíces y las hojas de pasto estrella africana de la Finca Experimental Santa Lucía, UNA.*

Género	Tratamiento				Total
	Testigo	Excreta de Cabra	Excreta Bovina	Urea	
Foliar					
N° aislamientos					
<i>Puccinia</i> sp.	1	1	1	1	4
<i>Pyrenophora</i> sp.	4	3	3	5	15
<i>Cladosporium</i> sp.	2	1	1	3	7
<i>Colletotrichum</i> sp.	1	1	---	4	6

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

<i>Bipolaris</i> sp.	3	2	2	6	13
<b>Raíz</b>					
<b>N° aislamientos</b>					
<i>Rhizoctonia</i> sp.	2	---	---	1	3
<i>Fusarium</i> sp.	3	---	---	2	5
<i>Penicillium</i> sp.	---	1	1	---	2
<i>Aspergillus</i> sp.	---	1	2	---	3
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>58</b>

El género *Bipolaris* sp. presente con mayor frecuencia en este estudio ha sido reportado como un patógeno de importancia económica en el pasto ryegrass, causando pérdidas importantes en el cultivo (Clarke y Eagling, 1994). Por otra parte, el patógeno *Cladosporium*, al igual que *Pyrenophora* y *Bipolaris* presentes con mayor frecuencia en este estudio son habitantes comunes de las partes aéreas de las plantas.

Así mismo, otros autores han logrado aislar hongos en pastos, los cuales han demostrado ser patogénicos en especies forrajeras como es el caso de *Puccinia* sp. en pastos y otras gramíneas. Avasthi *et al.*, (2023) reportan que la especie *P. graminis* puede llegar a causar pérdidas de hasta un 70% en las gramíneas como es el caso del trigo. La roya de la corona causada por el hongo *Puccinia coronata* Corda *f. sp. Lolii* tiene un efecto destructivo sobre pastos perennes como se ha demostrado en el ryegrass (Schubiger *et al.*, 2010). Así mismo Lancashire y Latch (1966), encontraron que esta enfermedad es un factor limitante en la producción de pasturas, donde puede disminuir drásticamente los valores de materia seca hasta en un 37% y de tejido verde alrededor de 94% (Clarke y Eagling, 1994), disminuyendo considerablemente no solo el rendimiento sino también la calidad nutricional del forraje.

En Paraguay, se han registrado varias especies de royas afectando gramíneas, *Uromyces setariae-italicae* en la especie *Megathrysus maximus* cv. Gatton Panic, *Puccinia oahuensis* Ellis & Everhart asociada a *Digitaria eriantha* Steud, *Puccinia cenchri* Dietel & Holway con presencia en *Cenchrus ciliaris* L., *Puccinia cacabata* Arthur & Holway en *Chloris elata* Desv., *Puccinia cynodontis* Lacroix ex. Desmazieres en *C. nlemfuensis* (Sarubbi *et al.* 2023).

A pesar de ser uno de los géneros que se reportó en menor cantidad, la sintomatología y las características diagnósticas observadas en este estudio corresponden al género *Puccinia*. En cuanto a la sintomatología las plantas afectadas presentaron una clorosis por el haz de las hojas y en la parte abaxial una coloración café o pardo con una textura polvosa, que a medida que progresó el grado de desarrollo de la enfermedad se formaron los uredinios (Figura 1 C.). Sobre estas estructuras se forman las urediniosporas, que son de pared gruesa y pigmentadas (Figura 1 D) (Avasthi *et al.* 2023).

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**Figura 1**

*Síntomas y signos de Puccinia sp. en pasto estrella.*

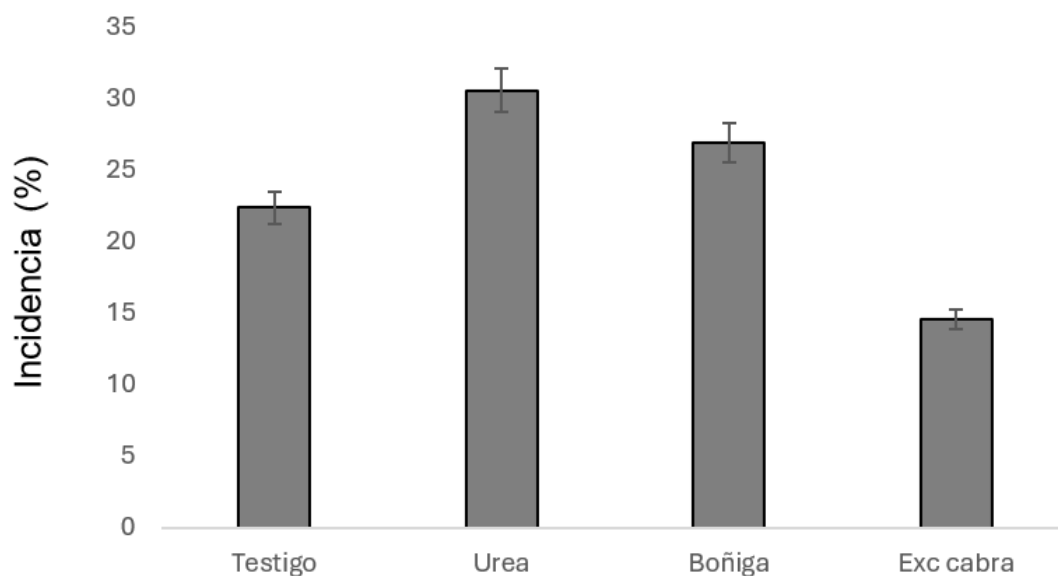


*Nota.* A. Síntomas en planta completa, B. Hoja con afectación severa, C. Uredinio en el envés de la hoja. D. Urediniosporas de *Puccinia* sp.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones de la incidencia de la roya (Figura 2) revelan que se presentó un mayor porcentaje de plantas enfermas en el tratamiento de urea (30,5%). Los menores valores de presencia de la enfermedad se dieron en las plantas bajo el tratamiento de excreta de cabra con solamente un 14,5% de incidencia. Estos datos concuerdan con lo mencionado por Maywald *et al.*, (2023), en donde los incrementos de la fertilización nitrogenada son acompañados por una mayor severidad en la intensidad de la enfermedad.

**Figura 2**

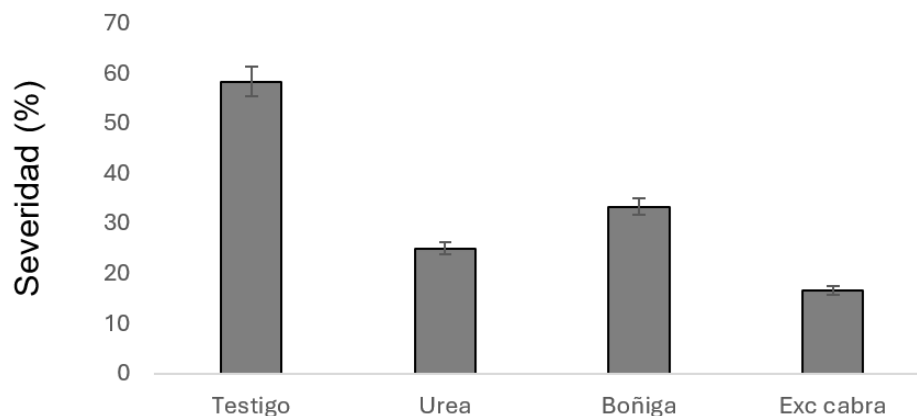
*Incidencia de la roya en los tratamientos.*



De la misma manera, al analizar los valores de severidad se observó que en el caso de la incidencia, el menor porcentaje de tejido foliar afectado correspondió a aquellas plantas que crecieron en el tratamiento de la excreta de cabra.

**Figura 3**

*Severidad de la roya en los tratamientos*



La variabilidad encontrada entre los tratamientos puede responder a diversos factores; según Cook y Baker (1983); Zak (2002); Leveau (2006), las comunidades de hongos sobre

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

la superficies de las plantas es influenciada por la combinación de una serie de factores abióticos (contaminación de aire, humedad relativa, niveles de CO<sub>2</sub>, pH, potencial de agua, precipitación, presión de gases, radiación ultravioleta, temperatura, viento), bióticos (insectos, vegetación) y las interacciones entre organismos. Esto hace que las poblaciones de microorganismos sobre las superficies de las plantas sean cambiantes y complejas. Diversos factores inciden sobre la presencia y distribución de microorganismos habitantes de las superficies de las plantas. Por ejemplo, se observó que los tratamientos de boñiga y excreta de cabra presentaron una diversidad de hongos fitopatógenos más baja en comparación con los restantes dos tratamientos muestreados. Esto puede deberse a que estos sitios presentan condiciones menos favorables para que se diversifique la población fungosa sobre la raíz de las plantas. Sin embargo, para realizar una determinación con mayor exactitud sobre qué factores (abióticos y bióticos) influyen sobre la diversidad microbiana en el filoplano y rizoplano de pasto estrella, es necesario realizar estudios experimentales en los cuales se tomen en consideración una serie de parámetros fisiológicos y manejado bajo un ambiente controlado para sus respectivas correlaciones.

Asimismo, se ha comprobado que cada especie de planta produce diferentes tipos de exudados. Lo anterior influye sobre los microorganismos, debido a que, estos difieren en el tipo de nutrientes que necesitan para el establecimiento, crecimiento y sobrevivencia. La disponibilidad de nutrientes en las superficies de las plantas determina cuales hongos tienen el potencial de crecer en las superficies (Ji y Wilson 2002; Leveau 2006). Lo anterior ha sido comprobado en comunidades de las partes aéreas de plantas pertenecientes a la misma especie son similares entre sí pero no idénticas, inclusive son diferentes entre hojas de una misma planta.

La composición de la materia orgánica, la biota asociada, así como diferentes factores abióticos pueden afectar la actividad y presencia de diferentes hongos como *Trichoderma* spp. en los ecosistemas (Simon y Sivasithamparam 1989; Wakelin *et al.* 1999). Entre los principales factores reportados en la literatura que influyen sobre la agregación y distribución de las especies de hongos se encuentran la temperatura, humedad y pH del suelo (Danielson y Davey 1973a; Eastburn y Butler 1988).

Los diferentes tratamientos utilizados presentaron características químicas diferentes (tabla 7 y 8) lo que puede influir sobre los resultados obtenidos tanto en su fitosanidad como en la producción y calidad del pasto producido. Para ambas excretas se reporta el hierro como el mineral con el contenido más alto, lo cual se relaciona también con los resultados obtenidos en el análisis de suelo, y en ambos casos se presentaron valores de pH más alcalinos. Existen diversos factores que pueden influir directamente en el contenido nutricional de las excretas, como lo son el contenido de humedad presente, el método y el tiempo en el que estas son almacenadas y el tipo de alimentación que se ofrece a los animales (Salas y Uribe, 2008).

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**Tabla 7**

*Contenido químico y microbiológico de la excreta bovina de la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia.*

<b>Análisis químico</b>												
% masa					mg/kg					H <sub>2</sub> O	mS/m	
N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	pH	CE
2,60	1,18	1,80	0,91	0,93	0,32	490	94	337	298	7	8,3	5,2
9												
<b>Microbiológico</b>												
Bacterias UFC/g						1,6X10 <sup>9</sup>						
Hongos UFC/g						9,3X10 <sup>3</sup>						

En cuanto al contenido químico de la excreta de cabra (Tabla 8), los valores obtenidos son superiores a los reportados por Días y Guzmán (2020), quienes encontraron valores de 1,68% de N, 0,06% de P y 2,72% de K

**Tabla 8**

*Contenido químico y microbiológico de la excreta de cabra de la Finca Experimental Santa Lucía, Heredia.*

<b>Análisis químico</b>												
% masa					mg/kg					H <sub>2</sub> O	mS/m	
N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	pH	CE
2,08	1,08	4,32	0,72	4,22	0,75	1481	67	273	187	16	9,2	24,9
<b>Microbiológico</b>												
Bacterias UFC/g						1,4X10 <sup>8</sup>						
Hongos UFC/g						4,1X10 <sup>4</sup>						

## CONCLUSIONES

La disponibilidad de elementos como el nitrógeno en fuentes de fertilización química como es el caso de la Urea, pueden favorecer el contenido de algunos nutrientes como la proteína cruda en el pasto, tal como se evidenció en el presente estudio. La producción de biomasa no se vio disminuida con la aplicación de las excretas, por lo tanto, se consideran una buena alternativa de fertilización orgánica en el pasto, ya que contienen y proveen los nutrientes esenciales para que el cultivo se desarrolle de manera óptima produciendo una adecuada cantidad de biomasa y manteniendo su calidad nutricional.

No se observó ningún efecto directo de los tratamientos sobre la densidad poblacional de los nematodos presentes en la pastura. No se detectaron síntomas visibles en el campo que pudieran relacionarse directamente con la afectación de los nematodos como lo es el amarillamiento en parches de pasturas. Por el contrario, los síntomas se relacionaron principalmente con la incidencia de patógenos fúngicos. Dada la escasa información sobre los límites de tolerancia y los umbrales económicos producto de la afectación de los nematodos en cultivos como las pasturas, se recomienda realizar análisis y muestreos recurrentes en el tiempo para poder determinar cómo se comportan las poblaciones de estos nematodos y la afectación que puedan tener sobre las pasturas.

*Puccinia* sp. se reportó como el principal patógeno presente en el pasto, sin embargo, su incidencia no se atribuye a las excretas aplicadas, ya que este se encontró en todos los tratamientos evaluados, es posible que esto se deba a la fácil dispersión de las esporas a través del viento por toda el área de estudio. La fertilización con urea favoreció la incidencia del patógeno debido probablemente a los altos niveles de nitrógeno que favorecen la susceptibilidad de la planta a diversos patógenos. Se recomienda evaluar los tratamientos en ambientes más controlados que permitan determinar con más exactitud si las excretas tienen influencia sobre el desarrollo y la severidad del patógeno en el pasto y realizar la adecuada identificación taxonómica molecular para determinar la especie presente en el pasto.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alonzo, Y. (2019). Evaluación de la eficiencia biológica de CUSTOM NC®, MICOS PLAG®, NANO STEEL®, PAECILOMYCES® VERSUS VYDATE® 24 SL, en el control de los fitonemátodos *Radophulus* spp, *Helicotylenchus* spp, *Criconemoide* spp y *Pratylenchus* spp., que afectan el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.)”. [Trabajo de Graduación. Universidad de Panamá]. [yasseth\\_alonzo.pdf \(up.ac.pa\)](#)
- Álvarez, J., Gómez A., León, N., y Gutiérrez, E. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44 (5): 575-586.
- Arauz, L. (1998). *Fitopatología: un enfoque agroecológico*. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca. San José, CR. 467 p.
- Avasthi, S., Gautam, A., Niranjana, M., Verma, R., Karunarathna, S., Kumar, A., & Suwannarach, N. (2023). Insights into Diversity, Distribution, and Systematics of Rust Genus *Puccinia*. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 9(6), 639. <https://doi.org/10.3390/jof9060639>
- Badilla Jiménez, F. A. (2018). Identificación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) en las principales zonas productoras de Costa Rica. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica].
- Banco Mundial. (22 de junio de 2022). *Actualización sobre la seguridad alimentaria*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-update>
- Bertsch, F. (1987). *Manual para interpretar la fertilidad de los suelos en Costa Rica*. 2° ed. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Bhatt, K., Maheshwari, D. (2019). Decoding multifarious role of cow dung bacteria in mobilization of zinc fractions along with growth promotion of *C. annuum* L. *Scientific Reports* 9, 14232 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50788-8>

- Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)
- Cabrales. E., Estrella, G., Vásquez, E. (2015). Evaluación comparativa de poblaciones de nemátodos de tres pasturas en el bajo cauca – Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 45(2), 65-7.
- Calvo, O. (2021). Estimación del costo de producción de un kilogramo de leche y sus variables más influyentes. *Revista e-Agronegocios*, 7(2), 44-62. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5682>
- Castaño, J., Guzman, O., Villegas, B. (2011). PRINCIPALES NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y SÍNTOMAS OCASIONADOS EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA. *Agronomía*. 20(1): 38 – 50.
- Clarke, R., & Eagling, D. (1994). Effects of pathogens on perennial pasture grasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 37(3), 319-327. DOI: 10.1080/00288233.1994.9513070
- Cook, J; Baker, K. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 539 p.
- Eastburn, D. M; Butler, E.E. 1988. Microhabitat characterization of *Trichoderma harzianum* in natural soil: evaluation of factors affecting population density. *Soil Biology & Biochemistry* 20, 541-545.
- Elizondo, J., y Espinoza, H. (2021). Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. *Nutrición Animal Tropical* 15(2), 25-4. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/48001>
- Garza, J. (2022). Sector Lechero mantiene empleos a pesar de la pandemia. La República. <https://www.larepublica.net/noticia/sector-lechero-mantiene-empleos-a-pesar-de-la-pandemia#:~:text=EL%20sector%20dedicado%20a%20la,Nacional%20de%20Productores%20de%20Leche.>
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)

Guzmán, O., Pérez, L., Patiño, A. (2012). Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* HAW.). *Boletín Científico Centro de Museos Historia Natural*, 16(2), 149-161.

Han, S., Young, j., Hwang, J., Bin, S., Bac, B. (2016). The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. *Forest Science and Technology*, 12 (3): 137-143. <http://dx.doi.org/10.1080/21580103.2015.1135827>

Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2020). Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Resultados generales de la actividad ganadera vacuna y porcina. San José, Costa Rica.

Ji, P; Wilson, M. 2002. Assessment of the importance of similarity in carbon source utilization profiles between the biological control agent and the pathogen in bacterial control of bacterial speck of tomato, *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 4383-4389.

Jiménez, L, Larreal, M, & Noguera, N. (2004). Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), 311-321. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182004000400001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000400001&lng=es&tlng=es).

Krupinsky, J. (1992). Grass Host of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Disease*, 76(1).

Lancashire, J., & Latch, G. (1966). Some effects of crown rust (*Puccinia coronata* Corda) on the growth of two ryegrass varieties in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 9(3), 628-640. DOI: 10.1080/00288233.1966.10431554

- Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)
- Leveau, J. H. 2006. Microbial communities in the phyllosphere. In Riederer, M; Müller, C. eds. *Biology of the Plant Cuticle*. Blackwell Publishing Ltd. Chennai, India. p 334-367.
- Lima, I., Bravo, R., Aguilar, M. (2018). Nematodos fitoparasitos asociados al cultivo de Maiz (*Zea mais* L.) en las regiones de Puno y Cusco. *Journal of High Andean Research*, 20(1), 31 – 38. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.328>
- Martínez, J. (2019). Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 78 p.
- Maywald, N., Francioli, D., Mang, M., & Ludewig, U. (2023) Role of Mineral Nitrogen Nutrition in Fungal Plant Diseases of Cereal Crops, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 42(3), 93-123, DOI: 10.1080/07352689.2023.2196100
- Müller, C., Silveira, S., Daloso, D., Mendes, G., Merchant, A., Kuki, K., Oliva, M., Loureiro, M., & Almeida, A (2017). Ecophysiological responses to excess iron in lowland and upland rice cultivars. *Chemosphere*, 189, 123-133.
- Núñez, J., Jiménez, J., Tobía C., Arias, L., Jiménez, E., y Padilla, J. (2022). Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y calidad bromatológica en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica (I PARTE). *Nutrición Animal Tropical*, 16 (1): 31-52. DOI: 10.15517/nat.v16i1.50370
- Núñez, J., Jiménez, J., Tobía C., Arias, L., Jiménez, E., y Padilla, J. (2022). Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y calidad bromatológica en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica (II PARTE). *Nutrición Animal Tropical*, 16 (1): 31-52. DOI: 10.15517/nat.v16i2.52729
- Pérez, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes*, 14(29), 06-18. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2215-24582013000300001&lng=en&tlng=es.](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582013000300001&lng=en&tlng=es)

- Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)
- Pezo, D., y García, F. J. (2018). Uso eficiente de Fertilizantes en Pasturas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. *Boletín técnico* 98. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9227/Uso\\_eficiente\\_de\\_fertilizantes\\_en\\_pasturas.pdf?sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9227/Uso_eficiente_de_fertilizantes_en_pasturas.pdf?sequence=1)
- Picarelli, M., Alves, F., Harakava, R., Rivas, E., & Colariccio, A. (2020). Primeiro relato de *Rhizoctonia solani* Kühn AG 2-2 LP em *Zoysia japonica* Steud no Brasil. *Summa Phytopathologica*, 46(4), 289-298. DOI:10.1590/0100-5405/221916
- Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendón, J., González, C., y Tristán, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de américa. *Agrociencia* 46: 359-370. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000400004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004)
- Ramírez, R., Ramírez, R., y López, F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL*, 5 (2): 1080-189. [\\*factores.pdf \(uanl.mx\)](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004).
- Rodríguez, J., y Elizondo, J. (2012). Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 13-23.
- Rojas, L., y Elizondo, J. (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 DOI: 10.15517/nat.v14i2.45172
- Rosales, L. (2022). Nematodos fitoparasíticos que afectan cultivos agrícolas en Venezuela. *Alcance*, 76, 30-50.
- Sánchez, J., Vargas, E., y Campabadal, C. (1987). Composición mineral y de proteína cruda de los forrajes en los distritos de Venecia, pital y aguas zarcas, cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense*, 11(1): 25-31.
- Sánchez, W. y Mesén, M. (2018). Establecimiento y manejo del pasto kikuyo. *Sanche*, 8(1),

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

73 - 82. <https://doi.org/10.35486/at.v8i1.81>

Sarubbi, H., Gody, M.M; Jara, M; Albertini, H. (2023). RUSTS OF PASTURES IMPLANTED IN THE PARAGUAYAN CHACO. *Journal of Agricultural Sciences Research* (2764-0973). DOI: 10.22533/at.ed.973332329034

Schmidt. W. (2006). Iron stress responses in roots of strategy I plants. In L.I. Barton, J. Abadia (Eds.), *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer, Dordrecht 229-250

Schubiger, F.X; Baert, J; Bayle, B; Bourdon, P; Cagas, B; Cernoch, V; Czembor, E; Eickmeyer, F; Feuerstein, U; Hartmann, S; Jakesova, H; Johnston, D; Krautzer, B; Leenheer, H; Lellbach, H; Persson, C; Pietraszek, W; Posselt, U; Romani, M; Russi, L; Schulze, S; Tardin, M; VanHee, F; van Kruijssen, L; Wilkins, P; Willner, E; Wolters, L; Boller, B. 2010. Susceptibility of European cultivars of Italian and perennial ryegrass to crown and stem rust. *Euphytica* (2010) 176:167–181

Simon, A; Sivasithamparam, K. 1989. Pathogen suppression: a case study in biological suppression of *Gaeumannomyces graminis* var *tritici* in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 21, 331-337.

Singh, Y., B. Singh, M.S. Maskina y O.P. Meelu. (1995). Response of wet land rice to nitrogen from cattle manure and urea in a rice wheat rotation. *Trop. Agric.* 72(2), 91-96.

Siquiera, A., Rios, C., Pereira, E. (2019). Iron toxicity resistance strategies in tropical grasses: The role of apoplastic radicular barriers. *Journal of Environmental Sciences*, 78, 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.10.005>.

Strelkov S.E., Lamari L., Sayoud R., Smith R.B., 2002. Comparative virulence of chlorosis-inducing races of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 24: 29–35. <https://doi.org/10.1080/07060660109506967>

Torres, E., Ariza, D., Baena, C., Cortés, S., Becerra, L., y Riaño, C. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos*

- Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)  
y Forrajes, 39 (2): 102-110. 269146602004.pdf (redalyc.org)
- Trudgill, D., & Blok, V. (2001). Exceptionally Successful and Damaging Biotrophic Root Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 39(1), 53–77.
- Vélez, S., y Guzmán, A. (2022). Técnicas de identificación del nematodo agallador *Meloidogyne*. *Manglar*, 19(2), 209-215. DOI: <http://doi.org/10.17268/manglar.2022.026>
- Villalobos, L., y Arce, J. (2014). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) En la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. valor nutricional. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 133-145. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S037794242014000100008&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S037794242014000100008&script=sci_abstract&tlng=es)
- Vitosh, M.L, J. F. Davis y B.D. Knezek. (1973). Long term. Effects of manure, fertilizer and plow depth on chemical properties of soil and nutrient movement in a monoculture corn system *J. Environ-Qual* 2: 269-299
- Wakelin, S.A; Sivasithamparam, K; Cole, A.L.J; Skipp, R.A. 1999. Saprophytic growth in soil of a strain of *Trichoderma koningii*. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 42, 337-345.
- WingChing, R., y Salazar, L. (2014). Variación poblacional de nematodos a lo largo de un año en pastos Estrella, Tanner, Ratana y San Juan, en Alajuela, Costa Rica. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*, 7(1), 49-57.
- World Bank Group. (2021). *Commodity Markets Outlook: Causes and Consequences of Metal Price Shocks*, April 2021. World Bank, Washington, DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- Zak, J. 2002. Implications of a leaf surface habitat for fangal community structure and function. In Lindow, S.E; Hecht-Poinar, E.E; Elliot, V.J. eds. *Phyllosphere Microbiology*. APS, St. Paul, Minnesota, USA. p. 299-315.

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

**ANEXOS**

**Anexo 1.** Análisis microbiológico del suelo y las excretas utilizadas



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

**CIA** Centro de  
Investigaciones  
Agronómicas

**Reporte de Resultados de Ensayo**

Nº Solicitud: 84590

Fecha de emisión: 10/02/2023

Fecha de recepción: 20/01/2023

Nombre: KARLA MEZA CHAVES

Correo: mezachaves1616@gmail.com

Subcliente: FINCA SANTA LUCIA

Teléfono: 8565-9812

Responsable: KARLA MEZA CHAVES

Cultivo: SIN CULTIVO

Ubicación: HEREDIA, BARVA, SANTA LUCIA

**Resultados del ensayo**

<b>ID. Lab.</b>	<b>ID. Cliente</b>	<b>Bacterias UFC/g</b>	<b>Hongos UFC/g</b>
MI-46-23	SUELO PASTO ESTRELLA	6,5X10 <sup>6</sup>	1,2X10 <sup>4</sup>

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

MI-47-23	ABONO EXCRETA DE CABRA	1,4X10 <sup>8</sup>	4,1X10 <sup>4</sup>
MI-48-23	ABONO BOÑIGA	1,6X10 <sup>9</sup>	9,3X10 <sup>3</sup>

Lidieth Uribe

Dra. Lidieth Uribe Lorío  
M.Q.C. cod 664  
Coordinadora  
Laboratorio de Microbiología Agrícola



Teléfono: (506) 2511-2070 Fax: (506) 2234-1627 Correo electrónico: [cia@ucr.ac.cr](mailto:cia@ucr.ac.cr)  
Página web: [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)

**Anexo 2.** Análisis químico de las excretas utilizadas



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

**CIA** Centro de  
Investigaciones  
Agronómicas

CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES  
**REPORTE DE ENSAYO**  
RE-R01 (V3)

**Nº DE REPORTE:** **82282**  
**USUARIO:** KARLA MEZA CHAVES  
**RESPONSABLE:** KARLA MEZA CHAVES  
**CORREO:** mezachaves1616@gmail.com  
**TELÉFONO:** 8565-9812

**PROVINCIA:** HEREDIA  
**CANTÓN:** BARVA

**ANÁLISIS:** QC,CN  
**FECHA RECEPCIÓN:** 07/07/2022  
**EMISIÓN DE REPORTE:** 14/07/2022

Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (Cynodon nlemfuensis Vanderyst)


CULTIVO: ABONO SOLIDO N° DE MUESTRAS TOTAL: 2  
PÁGINA: 1/2

**ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS ORGÁNICOS**

ID USUARIO	IDLAB	% masa		mg/kg				
		N	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
SOL: EXCRETA DE CABRA	AO-22-00423	2,08	0,75	1481	67	273	187	16
SOL: PURIN BOVINO	AO-22-00424	2,60	0,32	4909	94	337	298	7

-----ÚLTIMA LÍNEA-----

  
B.Q. Mariánela Blanco M.  
N.I. 2468

  
Ing. Agr. Michael González A.  
N.I. 7827

**Anexo 3. Análisis químico del suelo**



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

**CIA** Centro de  
Investigaciones  
Agronómicas

CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES  
**REPORTE DE ENSAYO**  
RE-R01 (V3)

N° DE REPORTE:  
USUARIO:

**82283**  
KARLA MEZA CHAVES

RESPONSABLE:  
CORREO  
TELÉFONO:

KARLA MEZA CHAVES  
mezachaves1616@gmail.com  
8565-9812

ANÁLISIS: QC,CN



Meza-Chaves et al.: Efecto de la aplicación de excretas bovinas como una alternativa de fertilización, sobre la producción, calidad nutricional y sanidad en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

CANTÓN: BARVA EMISIÓN DE REPORTE: 09/12/2022  
 LOCALIDAD: SANTA LUCÍA Nº DE MUESTRAS TOTAL: 4  
 CULTIVO: PASTO ESTRELLA PÁGINA: 1/2

**ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS**

Solución Extractora:		pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
<b>KCl-Olsen Modificado</b>			H <sub>2</sub> O	ACIDEZ	Ca	Mg	K		CICE	SA	P	Zn	Cu
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
SUELO - TESTIGO	S-22-09077	6,2	0,11	8,27	2,55	0,69	11,62	0,9	3	4,7	5	106	6
SUELO + UREA	S-22-09078	6,0	0,12	8,83	2,83	0,53	12,31	1	4	44,3	4	101	7
SUELO + EXCRETA DE CABRA	S-22-09079	6,1	0,10	9,05	2,76	0,66	12,57	0,8	4	9,0	3	98	6
SUELO + BOÑIGA	S-22-09080	6,2	0,10	8,30	2,79	0,67	11,86	0,8	8	7,0	4	101	5

-----ÚLTIMA LÍNEA-----

Los valores debajo de cada elemento corresponden con los Niveles Críticos generales para la solución extractora usada

CICE=Capacidad de intercambio de Cationes Efectiva=Acidez+Ca+Mg+K

SA=Porcentaje de Saturación de Acidez=(Acidez/CICE)\*100

**B.Q. Marianela Blanco M.**

**Ing. Agr. Ma. Fernanda Campos G.**

**N.I. 2468**

**N.I. 9447**

1. Las unidades están expresadas en base seca, en masa/volumen. 2. Procedimiento: pH y CE en agua 10:25; Acidez, Al, Ca y Mg con KCl 1M 1:10; P,K,Zn,Fe,Mn y Cu con Olsen Modificado pH 8,5 (NaHCO<sub>3</sub> 0,5 N, EDTA 0.01M, Superfloc 127) 1:10; B y S con Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 0,008M 10:25. Acidez determinada por valoración con NaOH y Al por valoración con HCl; P y S por Colorimetría con el Analizador de Inyección de Flujo (FIA) y el resto de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica. C y N totales por combustión seca en Autoanalizador. 3. El muestreo es responsabilidad del usuario. 4. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 5. El tiempo de custodia de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 6. El Reporte de Ensayo con validez legal es el original firmado; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.