

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC- DBL-007	Fecha 08-07- 2021	Revisión B
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1 (56)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Nataly Paola Jimenez Ariza		
FACULTAD	Ciencias Agrarias y del Ambiente		
PLAN DE ESTUDIOS	Zootecnia		
DIRECTOR	Msc. Diego Armando Rojas Meza		
TÍTULO DE LA TESIS	Evaluación de alternativas de fertilización orgánica en pasto estrella africana (<i>Cynodon plectostachyus</i>)		
TITULO EN INGLES	Evaluation of organic fertilization alternatives in African star grass (<i>Cynodon plectostachyus</i>)		
RESUMEN (70 palabras)			
<p>La fertilización orgánica con adición de microorganismos eficientes es una práctica que cada vez se torna más necesaria en el desarrollo de modelos de producción orgánica y sostenible, así como en la transición de los saturados sistemas tradicionales a una ganadería más limpia y productiva. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización orgánica y el uso de microorganismos eficientes sobre el crecimiento, producción y calidad nutricional del pasto estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>) en el trópico.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>Organic fertilization with the addition of efficient microorganisms is a practice that is becoming increasingly necessary in the development of organic and sustainable production models, as well as in the transition from saturated traditional systems to cleaner and more productive livestock farming. The objective of the present study was to evaluate the effect of organic fertilization and the use of efficient microorganisms on the growth, production and nutritional quality of star grass (<i>Cynodon plectostachyus</i>) in the tropics.</p>			
PALABRAS CLAVES	microorganismos eficientes, ganadería sostenible, producción orgánica, bovinaza.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	efficient microorganisms, sustainable livestock, organic production, beef.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 55	PLANOS:0	ILUSTRACIONES: 22	CD-ROM: 1



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
 atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

Evaluación de alternativas de fertilización orgánica en pasto estrella africana
(Cynodon plectostachyus)

Nataly Paola Jimenez Ariza

Facultad de Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente, Universidad Francisco de

Paula Santander Ocaña

Zootecnia

MSc. Diego Armando Rojas Meza

27 octubre de 2023

Contenido

Resumen.....	7
Introducción	8
Capítulo 1. Evaluación de alternativas de fertilización orgánica en pasto estrella africana (<i>Cynodon plectostachyus</i>).....	9
1.1. Planteamiento del problema.....	9
1.2. Formulación del problema	10
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivo general	10
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Justificación	11
1.5. Delimitaciones	11
1.5.1. Delimitación operativa.	11
1.5.2. Delimitación conceptual.....	12
1.5.3. Delimitación geográfica	12
1.5.4. Delimitación temporal.....	13
Capítulo 2. Marco referencial	15
2.1. Marco histórico	15
2.2. Marco contextual	16
2.3. Marco conceptual.....	16
2.3.1. Fertilización química	16
2.3.2. Materia orgánica	17
2.3.3. Microorganismos de montaña (MM)	17
2.3.4. <i>Trichoderma</i> sp	18
2.3.5. <i>Penicilium</i>	18
2.3.6. <i>Azotobacter</i>	18
2.3.7. La producción de forraje y los factores que la determinan	19
2.3.8. Relación hoja – tallo	19
2.3.9. Curva de crecimiento	19
2.3.10. Relación suelo – planta – animal	20
2.4. Marco teórico	21
2.5. Marco legal	22
Capítulo 3. Diseño metodológico	24
3.1. Tipo de investigación.....	24

3.2. Población y muestra.....	24
3.2.1. Población.....	24
3.2.2. Muestra	24
3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	25
3.4. Análisis de información	28
Capítulo 4. Resultados	30
Capítulo 5. Conclusiones	40
Capítulo 6. Recomendaciones.....	41
Referencias.....	42
Apéndice	49

Lista de tablas

Tabla 1. Actividades por realizar para el cumplimiento de los objetivos	13
Tabla 2. Crecimiento del pasto estrella africana (<i>Cynodon plectostachyus</i>) en un periodo experimental de 7 semanas	30
Tabla 3. <i>Valores promedio de las variables analizadas por tratamiento</i>	31

Lista de figuras

Figura 1 Instalaciones del proyecto bovino lechero	13
Figura 2 Distribución de unidades experimentales en los tratamientos.....	26
Figura 3 Medidas marginales estimadas de altura del pasto.....	30
Figura 4. Materia seca del forraje	32
Figura 5 Materia mineral	33
Figura 6 Materia orgánica.....	35
Figura 7. Relación Hoja / Tallo	36
Figura 8 Proteína cruda.....	38

Lista de apéndice

Apéndice A. Preparación de microorganismos	49
Apéndice B. Distribución de unidades experimentales.....	49
Apéndice C. Fertilizante de materia orgánica (Bovinaza)	50
Apéndice D. Fertilizante de materia eficiente (Microorganismos de montaña)	50
Apéndice E. Aplicación de materia orgánica según distribución	51
Apéndice F. Pasturas en crecimiento	51
Apéndice G. Medición de altura del pasto.....	52
Apéndice H. Aforo con marco y machete en cada unidad experimental.....	52
Apéndice I. Aforo de las unidades experimentales para pesaje	53
Apéndice J. Fraccionamiento de material vegetal	53
Apéndice K. Muestras en horno para determinar materia seca.....	54
Apéndice L. Pesaje de materia seca	54
Apéndice M. Molienda de muestras	54
Apéndice N. Muestras molidas en crisol para análisis bromatológico	55

Resumen

La fertilización orgánica con adición de microorganismos eficientes es una práctica que cada vez se torna más necesaria en el desarrollo de modelos de producción orgánica y sostenible, así como en la transición de los saturados sistemas tradicionales a una ganadería más limpia y productiva. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización orgánica y el uso de microorganismos eficientes sobre el crecimiento, producción y calidad nutricional del pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) en el trópico. En un área de 525 m² fueron dispuestas 24 parcelas de 20 m² distribuidas aleatoriamente en 4 tratamientos en un diseño completo en bloques, siendo T0: control sin aplicación de fertilizantes; T1: con adición de materia orgánica (Bovinaza); T2: materia orgánica + Microorganismos eficientes y T3: materia orgánica + microorganismos eficientes + Biol foliar. La respuesta a los tratamientos fue evaluada a partir del crecimiento del forraje, la producción de forraje y su calidad nutricional luego de un ciclo vegetativo de 7 semanas. Los datos obtenidos fueron analizados usando el software SPSS versión 25. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios de crecimiento, altura final, producción de forraje y porcentaje de material muerto ($p > 0,05$); No hubo interacción entre los tratamientos y la altura del forraje en el tiempo ($P = 0,052$). Hubo diferencia estadísticamente significativa en la relación H/T ($P = 0,012$) siendo T0 el que presentó mejores resultados. Materia seca, materia mineral, materia orgánica y proteína cruda presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0,0001$). Los tratamientos evaluados no generaron un efecto favorable sobre los parámetros evaluados a excepción del nivel de proteína cruda. Más investigaciones son necesarias extendiendo el periodo de evaluación en el tiempo y ampliando el estudio al seguimiento de variables microbiológicas y de calidad del suelo.

Palabras clave: microorganismos eficientes, ganadería sostenible, producción orgánica, bovinaza.

Introducción

La producción de pastos está encaminada primordialmente por los sistemas productivos de ganadería con el fin de suplir las necesidades básicas de alimentación. Sin embargo, su biomasa y calidad nutricional depende de los nutrientes disponibles en el suelo y es por ello que las pasturas deben tener un óptimo manejo en cuanto rotación y tiempo de recuperación y altura remanente sumado con la fertilización para brindarle las mejores condiciones de crecimiento y de esta manera optimizar su rendimiento y aptitud (Bonifaz *et al.*, 2018).

El pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) pertenecen a las plantas de metabolismo C₄ por lo que logran almacenar mayor materia seca en comparación las plantas C₃ y responden positivamente a la fertilización nitrogenada, pero exceso de este nutriente puede provocar intoxicación por nitrato en los animales (Schneider, *et al.*, 2019).

Debido a lo anterior, actualmente se viene aplicando técnicas de fertilización con material orgánica y biopreparados con microorganismos eficientes con el objetivo de sustituir los fertilizantes inorgánicos y promover de manera sostenible la recuperación y conservación del suelo en el sistema natural.

Por consiguiente, la presente investigación evaluó la fertilización orgánica y microorganismos de montaña sobre el crecimiento, producción y calidad nutricional del pasto estrella en un ciclo vegetativo de 7 semanas establecidas en el sistema productivo lechero de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Capítulo 1. Evaluación de alternativas de fertilización orgánica en pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*).

1.1. Planteamiento del problema

El uso exclusivo de fertilizantes químicos en la producción agrícola produce efectos negativos a largo plazo (Neves, 2022); el exceso de nitrógeno, por ejemplo, suele causar desordenes metabólicos en las plantas haciéndolas vulnerables a plagas y enfermedades y limitando su capacidad de absorción de nutrientes debido a la acidificación del suelo (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019). También se afecta su composición y actividad microbiológica, lo que promueve el desequilibrio del ecosistema edáfico y el aumento de procesos erosivos que comprometen su fertilidad y su potencial productivo (González, 2019).

Según Wang, et al., (2018), las plantas están en capacidad de absorber solo del 30% al 50% de los fertilizantes mientras que el restante se pierde en el suelo por lixiviación. Esto sugiere que la aplicación constante de sustratos químicos podría generar la contaminación de las aguas subterráneas, comprometiendo la disponibilidad del recurso hídrico.

De acuerdo con Estrada (2022), Colombia importa cerca del 75% de los fertilizantes de síntesis química, siendo que el 42% son provenientes de Rusia y Ucrania. Teniendo en cuenta el actual conflicto entre estos países, Gómez, docente de la facultad de la Universidad Nacional entrevistado por Vargas (2022), mencionó que era de esperar que se generara un incremento en los costos de producción para el sector agrícola.

La producción de forrajes en los sistemas ganaderos es la principal y más viable fuente de alimentación de los animales desde el punto de vista económico, etológico y ambiental. En el contexto de la ganadería colombiana, los índices productivos y económicos no son alentadores, siendo una de las razones, entre otras, el deficiente manejo del suelo, lo que se refleja en un

pobre desempeño en la producción de forrajes y bajos índices productivos en los animales. Los altos costos y los antes mencionados efectos de los fertilizantes químicos sobre el suelo acaban haciendo de estos una alternativa de corto plazo, con graves consecuencias económicas y ambientales en el mediano y largo plazo.

En este contexto, los productores se encuentran frente a la necesidad de reducir el uso de estos insumos y optar por alternativas orgánicas productiva y económicamente más eficientes al mismo tiempo que se reducen los nocivos efectos biológicos y ambientales que estos han causado por años.

1.2. Formulación del problema

¿La fertilización orgánica del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) a partir de bovinaza y microorganismos de montaña, mejora la tasa de crecimiento, productividad y calidad nutricional del forraje?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de alternativas de fertilización orgánica sobre la curva de crecimiento, producción y calidad nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en condiciones tropicales.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto de las alternativas de fertilización orgánica sobre la curva de crecimiento del pasto estrella africana en un periodo de 7 semanas.
- Determinar el efecto de las alternativas de fertilización orgánica sobre la producción del pasto estrella africana cosechada en pre-espigamiento.

- Evaluar el efecto de las alternativas de fertilización orgánica sobre la calidad nutricional del pasto estrella africana.

1.4. Justificación

El deterioro de los recursos naturales, acompañado por el incremento de la población y la demanda de alimentos, ha generado el interés en alternativas sostenibles y eficientes para los sistemas de producción de alimentos con enfoque circular. Es por esto que se busca la integración de subproductos como materia orgánica y otros biopreparados naturales que atiendan las demandas nutricionales de los cultivos y forrajes permitiendo encontrar un equilibrio con el sistema natural (Alayón, 2014) pues estos pueden sustituir el uso de fertilizantes químicos mientras promueven la recuperación del suelo y la reducción del impacto ambiental con beneficios a largo plazo (Ramírez, Riofrío, Gonzáles, & Ortiz, 2021).

La importancia del presente trabajo de investigación radica en la búsqueda de alternativas sostenibles de producción pecuaria que permitan reducir el uso de insumos químicos cada vez más costosos y menos amigables con el ambiente al mismo tiempo que mejoran la productividad y rentabilidad de los sistemas a partir del aprovechamiento de insumos propios (materia orgánica y microorganismos de montaña producidos en la finca), abriendo la puerta para la obtención de productos orgánicos de mejor calidad que pueden ser comercializados a mejores precios, redundando en mayores ingresos para el productor.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Delimitación operativa.

Fue seleccionada un área de 21 m x 25 m (525 m²) donde 24 unidades experimentales (6 unidades experimentales por tratamiento) fueron distribuidas aleatoriamente en un diseño

completo en bloques para evaluar tratamientos definidos de la siguiente manera: T0: Testigo (sin aplicación de ningún tipo de fertilización); T1: Aplicación de materia orgánica (Bovinaza); T2: aplicación de materia orgánica + microorganismos de montaña; T3: Aplicación de materia orgánica + microorganismos + biopreparado foliar. La altura del forraje fue registrada semanalmente durante un ciclo productivo de 7 semanas para evaluar la curva de crecimiento. Finalizado el ciclo productivo, se realizó el aforo para calcular la producción (kg de fv/m²) y se segregaron las fracciones que componen el forraje (hojas, tallos y material muerto) a partir de una muestra del 20% del material cosechado en los aforos. Posteriormente, muestras de pasto fueron analizadas en el laboratorio de nutrición animal de la U.F.P.S. Ocaña para determinar la calidad nutricional del pasto estrella en cada uno de los tratamientos.

1.5.2. Delimitación conceptual

La fertilización se define como el suministro de nutrientes necesarios para el crecimiento y óptimo rendimiento de los cultivos utilizados en la agricultura intensiva (Jacto, 2023). Por otra parte, la fertilización orgánica se conoce como la aplicación de materia orgánica que aporta a la proliferación de microorganismos benéficos al suelo mejorando así sus propiedades físicas donde existen los microorganismos de montaña, la cual permiten que haya mejor disponibilidad de nutrientes en el suelo por su eficiencia en la descomposición de la materia orgánica. A su vez, estos están compuestos principalmente de Trichoderma, Penicilium y Azotobacter que actúan como agentes de biocontrol patógeno, producción de enzimas, vitaminas y mayor fijación de nitrógeno para las plantas (Hernandez, Ferrera & Alarcón, 2019).

1.5.3. Delimitación geográfica

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se encuentra a 2,8 Km del casco urbano de la ciudad, en el Departamento Norte de Santander, específicamente al margen derecho

del Río Algodonal. El proyecto lechero se encuentra dentro de la granja experimental ubicado en las coordenadas 8°14'19" N 73°19'17" W y presenta una temperatura promedio de 23°C, humedad relativa del 70% y con una altura de 1150 msnm (Herrera, Hernández, & Granadillo, 2016) y cuenta 702 m² en infraestructura para el manejo de animales en producción de leche. Aunado a ello, cuenta con 7,59 hectáreas aproximadamente distribuidos en 40 potreros para pastoreo, banco de proteína (Botón de Oro, Morera, Guandul y Matarratón) y pastos de corte (Kingrass).

Figura 1 *Instalaciones del proyecto bovino lechero*



Nota: En verde: Áreas de pastoreo y producción de forraje; en rojo: infraestructura de ordeño y manejo.

Fuente: Elaboración propia, recopilada de Google Earth, (2021).

1.5.4. Delimitación temporal

El desarrollo de esta investigación tuvo una duración de tres meses contados a partir del mes de octubre del año 2022.

Tabla 1.

Actividades por realizar para el cumplimiento de los objetivos

ACTIVIDAD	1° Mes				2° Mes				3° Mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1. Alistamiento del área experimental	X	X									
2. Ejecución del trabajo de campo		X	X	X	X	X	X					
3. Recolección y tabulación de información				X	X	X	X	X	X			
4. Análisis de muestras en el laboratorio									X	X		
5. Análisis estadístico de la información										X	X	
6. Redacción del trabajo de grado				X	X	X	X	X	X	X	X	
7. Entrega y sustentación de los resultados												X

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 2. Marco referencial

2.1. Marco histórico

Desde la llegada de los primeros bovinos a Colombia en el año 1536 por Sebastián de Belalcázar, se extendió la ganadería en el país donde años más tarde se convierte en una actividad económica con sistemas de producción en grandes extensiones de tierra en ecosistemas secos y húmedos con pastos naturales aprovechando los recursos de la zona (Gómez, 2016). Sin embargo, este tipo de producción tuvo repercusiones ambientales siendo la principal causa de deforestación provocando la pérdida de hábitats naturales, aunado con problemas de erosión y compactación del suelo (Mongabay, 2017).

Con el pasar de los años, surge la necesidad de aumentar la producción de alimentos de origen animal para abastecer a la población, lo que conlleva a que los productores implementen modelos intensivos de producción de forrajes. Es allí donde se usan fertilizantes químicos que proveen los nutrientes esenciales a las plantas (Nitrógeno, Fosforo y Potasio) para acelerar su crecimiento incrementando las cosechas. Sin embargo, su uso ineficiente ha tenido impactos negativos, no solo en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sino también en la contaminación y eutrofización del recurso hídrico (ONU, 2022).

A partir de la evidencia científica que demostró el impacto a largo plazo del uso indiscriminado de fertilizantes de síntesis química se originó un creciente estímulo a nivel mundial en el uso de productos amigables con el medio ambiente como los fertilizantes orgánicos de origen animal o vegetal que mejoran el suelo y favorecen la retención de agua y nutrientes, mejorando la relación suelo – planta – animal, entendida esta como la base indiscutible para la producción ganadera sostenible en las zonas tropicales. Aunado a ello, se utilizan los biofertilizantes o bioestimulantes a partir de microorganismos vivos que estimulan

los procesos naturales en el suelo, mejorando la productividad desde la promoción de procesos naturales y eficientes.

2.2. Marco contextual

La presente investigación se llevó a cabo en el hato lechero de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.

El proyecto productivo cuenta con 49 ejemplares de raza Gyrolando y sus cruces, donde su actividad primordial es la producción de leche, el cual 18 de ellos se encuentran en promedio de 15 litros/animal/día. Además, es utilizado como apoyo a las actividades de docencia, investigación y extensión para la población.

Cuenta con pasto de corte Kinggrass, banco de proteína para la elaboración de alimento compuesto por botón de oro, morera, matarratón y guandul, 40 potreros para pastoreo que disponen de especies forrajeras tales como: Pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y guinea mombasa (*Megathrysus maximus*). Los animales son manejados bajo un sistema semi estabulado (suplementación con sal mineralizada, bloques nutricionales y alimentos conservados).

Su infraestructura principal está compuesta por corrales de manejo con su respectivo comedero y bebedero automático, sala de ordeño (ordeño mecánico con tanque de enfriamiento para leche), oficina, bodega de insumos, terneriles, báscula y embarcadero.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Fertilización química

Principalmente se basa en el suministro de los principales nutrientes requeridos por las plantas a partir de fertilizantes sintéticos elaborados en la industria a partir de minerales y gases

(Pumisacho & Sherwood, 2002) citado por (Saltos, 2016). Su uso en la producción vegetal debe ser cuidadoso y eficaz (Sela, 2020) pues según su composición y su dosis, tendrán consecuencias en el suelo y el medio ambiente por el nivel de toxicidad.

2.3.2. *Materia orgánica*

Su origen se radica en el entorno natural donde los microorganismos presentes en el suelo, metabolizan los residuos vegetales o animales transformándolos en compuestos orgánicos, principalmente en Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo y Azufre (Lopez, 2020) e influyen de manera benéfica sobre características físico-químicas como mejorando la estructura del suelo, aumenta su porosidad, aireación e infiltración, se evita la erosión y hay más disponibilidad de macronutrientes y micronutrientes para las plantas. A su vez, mejora las características biológicas pues se proliferan los microorganismos que participan en la degradación de material orgánico e inhiben algunos patógenos evitando posibles infecciones a los cultivos (Trinidad & Velasco, 2018).

2.3.3. *Microorganismos de montaña (MM)*

Castro *et al.*, (2020) los define como un “consorcio microbiano” o cultivo mixto de microorganismos utilizados para realizar abonos artesanalmente, pues son un amplio grupo de especies tales como hongos, bacterias, levaduras, micorrizas y demás organismos benéficos que habitan en lugares donde no ha intervenido el hombre durante mínimo 3 años, siendo más recurrentes en bosques y montañas Además, su elaboración representa gran importancia en la producción de forrajes principalmente por el bajo costo y gran beneficio que brinda su aplicación. Rodríguez & Tafur, (2014), afirman que el uso de estas tecnologías en la agricultura, se desarrolló en los años 80 por el japonés Dr. Teruo Higa.

Los géneros de microorganismos de montaña que compone el producto aplicado son:

2.3.4. *Trichoderma sp*

Es un hongo antagonista hacia otros hongos o nemátodos patógenos debido a que tiene la capacidad de impedir su desarrollo pues toma sus nutrientes, retrasando su crecimiento y por ende, evita enfermedades en las plantas. Es por ello que es utilizado como agente de control biológico y una de sus grandes ventajas es que se propaga de manera exponencial en suelos con diferentes sustratos siendo tolerante a condiciones ambientales extremas (Chiriboga, Gómez, & Garcés, 2015). Además, incentiva el crecimiento de pelos radicales, mejorando su absorción de nutrientes.

2.3.5. *Penicilium*

Es un hongo solubilizador de fosfato mediante la elaboración de ácidos orgánicos, disminución del pH y producción de enzimas (Flores, Veana, & Rodríguez, 2014). Es necesario resaltar que dicho microorganismo es necesario en la producción agrícola porque en primera instancia, el fósforo es un macronutriente esencial para el crecimiento óptimo de las plantas y las fuentes de fosfato aplicadas a los suelos no son asimiladas en gran parte por estar en forma inorgánica. Es por ello que juegan un papel importante en el ciclo de dicho elemento.

2.3.6. *Azotobacter*

Son bacterias nitrificantes utilizadas como biofertilizante, la cual abundan en la rizósfera de suelos con alta porción de materia orgánica. Además de ser fijadora de nitrógeno, es promotora del crecimiento de la planta por la secreción de ácido nicotínico, pantoténico, biotina, fitohormonas, compuestos fungistáticos y tiene capacidad de solubilizar fosfato, biodegradar compuestos tóxicos mediante enzimas (Flores *et al.*, 2015).

2.3.7. La producción de forraje y los factores que la determinan

Las pasturas son la base principal de alimentación animal en los sistemas productivos. Sin embargo, existen factores que intervienen en el óptimo crecimiento del forraje tales como suelo, pues puede presentar diferentes características físicas como su textura, porosidad, humedad, aireación, erosión y químicas como acidez, alcalinidad, toxicidad y salinidad. A su vez, el clima influye en la producción por la precipitación y distribución en el año pues en tiempos de lluvia propiciará la abundancia y en tiempos secos, la escasez. Por otra parte, el manejo del suelo es importante pues se debe realizar una adecuada preparación que abarca la eliminación de maleza y correcciones químicas, para establecer la pradera aumentando su probabilidad de rendimiento. Por último, la especie forrajera se encuentra estrechamente relacionada con el suelo, clima, manejo y fertilización (siendo éste último otro factor), pues cada especie posee unos requerimientos especiales, unas adaptadas a condiciones extremas y otras a condiciones específicas (Enríquez *et al.*, 2011).

2.3.8. Relación hoja – tallo

Araya & Boschini (2005), mencionan que forrajes con mayor cantidad de hojas, poseen alto contenido de proteínas y una mejor calidad nutricional. Lo anterior se debe a que las hojas llevan a cabo funciones de síntesis y aprovechamiento de carbohidratos que se traduce en acumulación de proteínas. Por el contrario, los tallos presentan más tejido vascular con función de sostén, por lo que su valor nutritivo es inferior al de las hojas.

2.3.9. Curva de crecimiento

Las plantas tienden a representar una curva sigmoideal donde según investigadores, se presentan tres fases: Exponencial, lineal y senescencia. Durante la primera fase, se presenta mayor división celular y se dice que al inicio es un proceso lento debido a que después del

pastoreo hay menor actividad fotosintética por la escasez de hojas y por ende, el forraje usa sus reservas para su crecimiento. En la fase lineal se presenta mayor actividad fotosintética que le permite almacenar más nutrientes aumentando así, su longitud, volumen y peso, desarrollando un área foliar óptima para ser consumido por el animal. Finalmente, en la última fase, la fotosíntesis se reduce y el crecimiento se detiene para dar inicio con la espigamiento. Cabe resaltar que, a mayor edad del pasto, su la calidad nutricional disminuye, debido a que hay más cantidad de tallos que serán menos digestibles por su proporción de pared celular y su contenido de proteína decrece.

Analizar la curva de crecimiento en pastos resulta importante para cuantificar la producción de biomasa vegetal donde se determina por ciertas evaluaciones como altura de la planta, producción de forraje verde y seco, calidad nutricional, área foliar y a partir de estos datos se logran calcular índices fisiológicos como: Índice de área foliar, área foliar específica, tasa de crecimiento del cultivo, entre otros (Rincón, s.f.).

2.3.10. Relación suelo – planta – animal

Un sistema productivo es un complejo dinámico pues la calidad del suelo incide sobre el crecimiento y composición nutricional de la planta donde su calidad y producción, afecta el crecimiento y composición del animal. Dentro de los factores que afectan la relación se destaca la fertilidad del suelo, las exigencias nutricionales para cada especie de pasto. Es por ello, que resulta necesario mantener un equilibrio en esta asociación para obtener los mejores resultados de ella y una alternativa es activar orgánicamente el suelo para que esto se refleje en un desempeño óptimo en la producción de forraje en cantidad y calidad, que asegura la productividad en el animal.

2.4. Marco teórico

En investigación realizada por Montalván (2018), fue evaluado el efecto de la fertilización orgánica (FO) a base de biol con Microorganismos de Montaña y fertilización química (FQ) con un fertilizante comercial del pasto ray grass anual (*Lolium multiflorum*) sobre variables agroproductivas (Altura, producción biomasa verde y seca) y, análisis bromatológicos (Materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas totales, fibra detergente neutra y ácida) distribuidos en 5 tratamientos así: FQ 2%, FQ 6%, FO 5%, FO 10% y tratamiento control, en función de periodo de corte (25, 35, 45 y 90 días). El autor reportó que en la aplicación del biol en sus dos dosis (5% y 10%), se produjeron los mejores resultados en altura (32,3cm y 34,4cm) comparado con la fertilización química, la cual no superaron los 13,7cm de altura. Además, la mayor producción de materia verde se observó en la aplicación de biol al 10% con 52,6 kg/ha en comparación con el fertilizante comercial que obtuvo 31.3 kg/ha. En cuanto a la calidad del forraje con el uso de fertilizante orgánico en dosis del 10% obtuvo mejor contenido nutricional que los demás tratamientos con diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto a la fertilización inorgánica.

Por otra parte, Campo *et al.* (2014) evaluaron microorganismos de montaña (MM) de tres sistemas (café, potrero y bosque natural) y microorganismos eficientes comerciales sobre variables agronómicas (altura de la planta, largo de la hoja y daño por plaga) en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*) realizando la aplicación una vez por semana y otras dos veces por semana. Dentro de sus resultados se encuentra que parcelas con una sola aplicación no presentaron diferencias significativas, lo contrario encontrado en parcelas con dos aplicaciones por semana. Además, los tratamientos de MM de potrero y café (27cm y 25cm) arrojaron mejores resultados que los microorganismo eficientes comerciales (12cm) para la variable de

altura. Para la variable de diametro se evidenció diferencias significativas entre los MM (11cm) y ME (5cm). Los autores mencionan que pudo haber sido que el habitat tenia buena disponibilidad de microorganismos y al ser inoculados en otro sistema, su crecimiento sería acelerado y así, suministraron los nutrientes necesarios para el óptimo crecimiento de las plantas. Sin embargo, Ruíz (2021) evaluó el comportamiento productivo de la Pitahaya con T1: Microorganismos de montaña, T2: microorganismos eficientes, T3: 50-50 MM y ME, T4: Fitohormonas y T5: testigo y obtuvo mejores resultados en la combinación de microorganismos para las variables de longitud y número de la vaina, diámetro del fruto, número y peso del fruto. Pues menciona que al hacer ese tipo de asociaciones ecológicas se obtienen mejores resultados debido a que incrementan la ramificación de las plantas para una mayor absorción.

Mientras que Pérez (2021), realizó un biofermento que contenía suero lácteo, melaza, sulfato de potasio, Carbonato de Calcio y microorganismos de montaña para comparar su efecto frente a un abono comercial sobre el crecimiento de pasto para animales en producción lechera cada 4 días hasta 30cm de altura. Al alcanzar dicha medida, se realizó análisis bromatológico. Los resultados arrojaron que el tratamiento de biofertilizante con microorganismos de montaña, presentó un crecimiento uniforme y acelerado hasta una altura de 35,42 cm al día 42, comparado con el tratamiento control que alcanzó 27,30cm. También, su composición nutricional fue la mejor.

2.5. Marco legal

Ley 2183 de 2022 Por el cual se constituye el Sistema Nacional de Insumos Agropecuarios, se establece la política nacional de insumos agropecuarios, se crea el fondo de acceso a los insumos agropecuarios y se dictan otras disposiciones (Congreso de la República de Colombia, 2022).

La resolución 068167 Por medio de la cual se establecen los requisitos para obtener la certificación en Buenas Prácticas Ganaderas BPG en la producción de carne de bovinos y/o bufalinos (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020).

El decreto 1843 por el cual se reglamentan ciertos títulos de la ley 09 de 1979 sobre uso y manejo de plaguicidas (Presidencia de la República de Colombia, 1991).

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

Presenta un enfoque experimental con análisis estadístico inferencial univariado y modelo longitudinal de medidas repetidas en el tiempo. La metodología experimental está conformada por un conjunto de actividades que se realizan para coleccionar y examinar datos de tipo cuantitativo (Ruiz, 2019). Según (Angulo, 2012) se usa la medición de las variables mediante métodos estadísticos para señalar la diferencia entre tratamientos y establecer conclusiones. Por otra parte, la estadística inferencial univariada investiga a una población y estima las particularidades del objeto de estudio partiendo de una muestra tomada (Cevallos, Valencia, & Barros, 2017).

Finalmente, los estudios longitudinales permiten estudiar patrones individuales de cambio sobre el tiempo y condiciones (Ware Y Liang, 1996).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

El proyecto bovino cuenta con un área total en pasto de corte Kinggrass, banco de proteína para la elaboración de alimento compuesto por botón de oro, morera, matarratón y guandul, 40 potreros para pastoreo que disponen de especies forrajeras tales como: Pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y guinea mombasa (*Megathrysus maximus*).

3.2.2. Muestra

Para el trabajo de campo se escogió un área plana de 21 m x 25 m (525 m²) plantada en Pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*)

3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Los microorganismos de montaña fueron colectados en las montañas del Tolima, donados por el ingeniero agrónomo Edgar Blandón, promotor del producto y representante legal de la empresa Gaicashi, recibidos en una solución líquida de 20 litros donde permanecían las cepas en soluciones nutritivas para su conservación.

Para el proceso de activación y reproducción de los microorganismos de montaña, se usó una caneca plástica previamente lavada con agua de manantial con capacidad de 200L. Se agregó, un bulto de melaza (30 Kg), una arroba de afrecho de maíz, cinco kilogramos de alimento concentrado Vaca 20 de Italcol y suero de leche sin sal donado por el laboratorio de lácteos de la U.F.P.S. Ocaña hasta dejar 10cm de su capacidad para agregar la solución líquida que contenían las cepas de microorganismos de montaña.

La preparación fue cubierta con plástico negro, conservada bajo techo en lugar fresco y seco y semanalmente fue mezclada para promover el pleno desarrollo de los microorganismos. Al cabo de tres semanas, la preparación estaba lista para ser aplicada en campo.

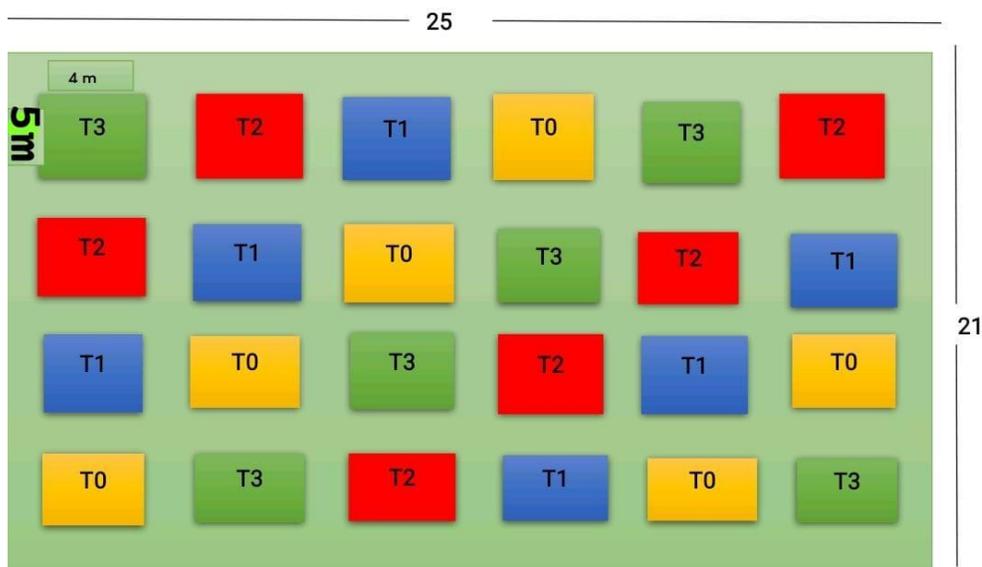
La fuente de materia orgánica utilizada en el presente ensayo fue bovinaza compostada en el hato lechero de la U.F.P.S. Ocaña. El biol orgánico de aplicación foliar utilizado en el ensayo fue Biofed, producido por la empresa Gaicashi y donado también por el Ingeniero Agrónomo Edgar Blandón.

Antes de la aplicación de los tratamientos, se procedió a realizar el corte uniforme de emparejamiento en el área experimental con el uso de una guadañada, a una altura entre 5 y 10 cm; seguido a ello, el área total se subdividió en lotes de 4m x 5m para definir 24 unidades experimentales en que los tratamientos experimentales fueron distribuidos al azar. Cada parcela (unidad experimental) fue delimitada con cinta de colores para identificar cada tratamiento,

como se demuestra en el grafico 1. Una franja de 1 metro de distancia separó las unidades experimentales entre sí y no se tuvo en cuenta para la medición de las variables experimentales.

Figura 2

Distribución de unidades experimentales en los tratamientos



Nota. Área experimental y distribución de las unidades experimentales en los tratamientos.

Los tratamientos fueron aplicados una única vez iniciado el estudio de la siguiente manera

T0: Testigo

T1: Materia orgánica (Bovinaza) a razón de 10 Ton/Ha equivalente a 12 kg/Unidad experimental

T2: Materia orgánica (Bovinaza como en T1) + Microorganismos de montaña (Dosis de 20 bombas/Ha de solución al 10% de MM en agua de manantial) equivalente a 500 ml de solución/Unidad experimental.

T3: Materia orgánica (Bovinaza) + Microorganismos de montaña + Biol orgánico (Fertilizante líquido de acción foliar diluido al 5% en agua de manantial) equivalente a 500 ml de dilución/Unidad experimental).

La aplicación de la materia orgánica compostada y los microorganismos fue realizada al día siguiente del corte de emparejamiento y luego del trazado de las parcelas (unidades experimentales), siendo definido este momento como el día cero. El fertilizante foliar por su parte fue aplicado a partir del día 21 del experimento, dando espera a que la pastura tuviese área foliar siendo esta una condición necesaria para su correcta absorción.

Semanalmente, en cada unidad experimental se registró la altura del pasto con la ayuda de una cinta métrica y un plato medidor. Las alturas fueron tomadas en cuatro puntos diferentes para el posterior cálculo de la altura promedio.

Es importante aclarar que la duración del ciclo productivo del pasto se fijó en 7 semanas (35 días) de acuerdo con las recomendaciones realizadas por Luna (2019), pero debido a un ataque por larvas de *Spodoptera sp.* sufrido en el área experimental, el ciclo productivo de la gramínea se extendió a 7 semanas. Una vez terminado el ciclo de crecimiento del pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) fue realizado el aforo de cada unidad experimental con ayuda de un marco de tubo pvc de 0,50m x 0,50m. Para el cálculo del aforo y la toma de datos de crecimiento y muestras para análisis, se tuvo en cuenta solo el área interna de cada unidad experimental, descartando el área periférica de cada una de ellas a razón de 50 cm de ancho de la franja, para eliminar el efecto borde. El corte del forraje fue realizado a ras del suelo con ayuda de un machete. El material colectado fue dispuesto en bolsas previamente rotuladas para cada tratamiento y repetición, y posteriormente fueron pesadas en balanza digital de precisión de +/-

5g para registrar la producción del forraje verde/m². A partir del aforo de las muestras se calculó la producción total en cada unidad experimental (20m²).

Posterior al pesaje del material, aforado, una muestra correspondiente a aproximadamente el 20% del material cosechado fue sustraída y utilizada para el cálculo de las fracciones (tallos, hojas y material muerto). Una vez fraccionado todo el material, cada fracción fue pesada y a partir de los pesos, la composición porcentual de cada fracción sobre el total de la muestra fue calculada. Con la información obtenida a partir de las fracciones hojas y tallos fue calculada la relación hoja/tallo como un índice establecido a partir de un cociente. Las fracciones de cada muestra fueron rotuladas y conservadas congeladas a -18°C para su posterior análisis de calidad nutricional en el laboratorio de nutrición animal y análisis de alimentos de la U.F.P.S. Ocaña. A partir del análisis nutricional de las fracciones y la suma del porcentaje de cada fracción en la composición total del pasto se llegó a la calidad nutricional de la muestra integral. Cada muestra fue analizada para materia seca, materia orgánica, materia mineral y proteína bruta según la metodología propuesta por Mizubuti *et al.*, (2009).

3.4. Análisis de información

Para el análisis de los datos obtenidos en la presente investigación fue utilizado el software de análisis estadístico SPSS versión 25. Para la variable de crecimiento semanal de la pastura se utilizó un diseño completo en bloques en un modelo longitudinal con medidas repetidas en el tiempo para evaluar el efecto del tratamiento, el efecto del tiempo y la interacción del tiempo y el tratamiento sobre el crecimiento del pasto en cada una de las condiciones antes descritas. El análisis de varianza fue realizado a un nivel de significancia del 5%. En caso de encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, la prueba

de comparación de medias de Tukey fue realizada a un nivel de significancia del 5%. El modelo matemático utilizado para el análisis de los datos está descrito por la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + t_k + (T_i \times t_k) + e_{ijk}, \text{ en el cual:}$$

- μ es la media general de los datos
- T_i = efecto del tratamiento i
- B_j = efecto del bloque j
- t_k = efecto del tiempo k
- $(T_i \times t_k)$ = interacción entre el tratamiento i en el tiempo k
- e_{ijk} = residuo correspondiente al modelo (error experimental)

Los resultados de las variables de producción de forraje verde, material muerto, relación hoja/tallo y la composición nutricional fueron analizados estadísticamente como un diseño completo en bloques. El análisis de varianza fue realizado a un nivel de significancia del 5%. En caso de encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, la prueba de comparación de medias de Tukey fue realizada a un nivel de significancia del 5%. El modelo matemático utilizado para el análisis de los datos está descrito por la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk}, \text{ en el cual:}$$

- μ es la media general de los datos
- T_i = efecto del tratamiento i
- B_j = efecto del bloque j
- e_{ijk} = residuo correspondiente al modelo (error experimental)

Capítulo 4. Resultados

Tabla 2.

Crecimiento del pasto estrella africana (Cynodon plectostachyus) en un periodo experimental de 7 semanas

Variable	Crecimiento (Análisis medidas repetidas en el tiempo)				DEE	Valor P		
	Tratamiento					T	t	T x t
	T0	T1	T2	T3				
Altura (cm)	26,35	28,1	25,03	26,02	1,74	0,541	0,0001	0,052

Nota. DEE: Desviación estándar del error; Valor P: Valor de significancia estadística. T: Efecto independiente del tratamiento; t: Efecto independiente del tiempo; T x t: Interacción de los factores Tratamiento y tiempo.

Fuente: Autor

Los valores medios del crecimiento del pasto estrella en cada uno de los tratamientos experimentales se muestran en la Tabla 2. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P=0,541$). Tampoco hubo interacción entre los tratamientos y los tiempos de muestreo ($P=0,052$). Sin embargo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de muestreo a lo largo del periodo experimental ($P=0,0001$). Este efecto era de esperarse y corresponde al proceso normal del desarrollo y crecimiento de la pastura (Méndez, R., Fernández, J., & Yáñez, E., 2019).

Figura 3

Medidas marginales estimadas de altura del pasto

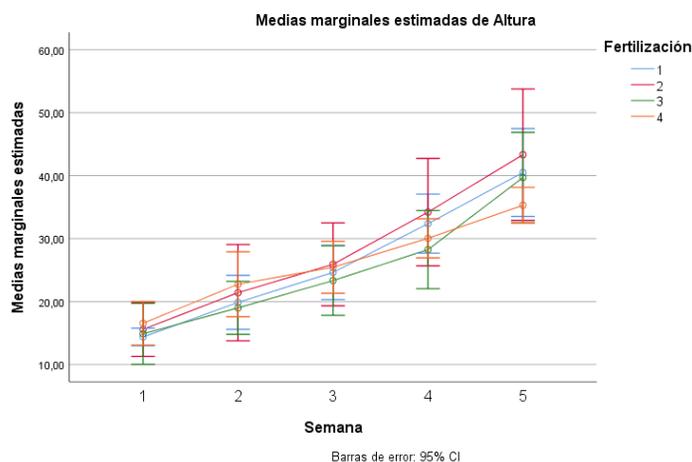


Tabla 3.

Valores promedio de las variables analizadas por tratamiento

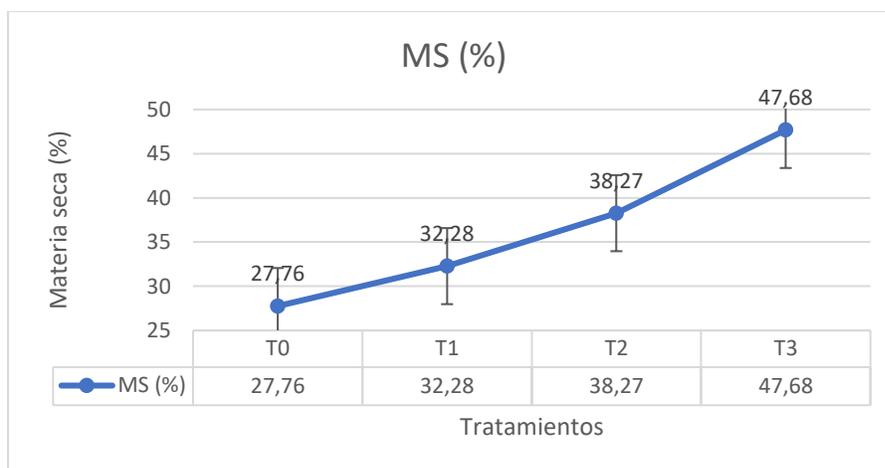
Variable	Tratamiento				DSE	Valor P
	T0	T1	T2	T3		
Altura final (cm)	40,5	43,30	39,7	35,3	3,77	0,240
PDN FV (kg/m ²)	2,43	2,2	2,01	1,92	0,34	0,465
Relación H/T	0,55 ^a	0,4 ^b	0,43 ^b	0,43 ^b	0,04	0,012
M. Muerto (%)	12,28	14,02	13,27	13,39	2,18	0,881
MS (%)	27,76 ^a	32,28 ^b	38,27 ^c	47,68 ^d	0,88	0,0001
MM (%)	12,1 ^{ab}	12,67 ^a	6,96 ^c	11,87 ^b	0,26	0,0001
MO (%)	87,9 ^{ab}	87,33 ^a	93,04 ^c	88,13 ^b	0,26	0,0001
PC (%)	1,86 ^a	3,62 ^b	4,02 ^b	3,61 ^b	0,15	0,0001

Nota. PDN FV: Producción de forraje verde; Relación H/T: Relación hoja/tallo; M. Muerto: Material muerto; MS: Materia seca; MM: Materia mineral; MO: Materia orgánica; PC: Proteína cruda; DSE: Desviación estándar del error; Valor P: Valor de significancia estadística. Valores en la misma línea sobrescritos con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí ($p < 0,05$) para la prueba de Tukey.

Fuente: Autor

En la tabla 3 se observa que, no hubo diferencias estadísticas significativas en lo referente a las variables: altura final del pasto ($P=0,240$), producción de forraje verde ($P=0,465$) y porcentaje de material muerto ($P=0,881$) a un nivel de significancia de 5%.

Lo anterior se debe a que los fertilizantes orgánicos liberan los nutrientes de forma más lenta que los fertilizantes químicos y en momentos suelen ser insuficientes para cumplir las exigencias nutricionales. Estas diferencias se deben principalmente a que el fertilizante químico provee nutrientes fácilmente disponibles para las plantas que impactan positivamente el crecimiento y por ende el rendimiento, mientras que el fertilizante orgánico libera los nutrientes más lentamente y en ocasiones no son suficientes para llenar los requerimientos para el crecimiento de las plantas en un corto tiempo (Manna et al., 2005; Meng et al., 2005).

Figura 4.*Materia seca del forraje*

Nota. Porcentaje de materia seca promedio en los tratamientos evaluados.

El contenido de materia seca presentó un incremento en cada uno de los tratamientos experimentales, presentando diferencias estadísticamente significativas ($P=0,0001$) entre todos los tratamientos. Aunque el tratamiento T3 presenta un contenido importante en cada una de las fracciones nutritivas evaluadas, el hecho de no haber calculado la fracción extracto etéreo y el contenido de fibra dificulta la discusión de los presentes resultados. Los factores que más afectan el contenido de materia seca en las plantas son la edad y la disponibilidad de agua, factores que a lo largo del periodo de evaluación fueron constantes para todos los tratamientos. Durante el cálculo de las fracciones, el tiempo de determinación de estas fue de más de 24 horas a falta de personal de apoyo. Esta situación pudo haber propiciado el marchitamiento del material analizado alterando el cálculo del contenido de materia seca en la muestra. Adicionalmente, el mayor contenido de materia seca podría entenderse como un mayor aporte de nutrientes por parte de la planta, pero esto no podrá discutirse sin la respectiva evaluación de consumo y digestibilidad del material.

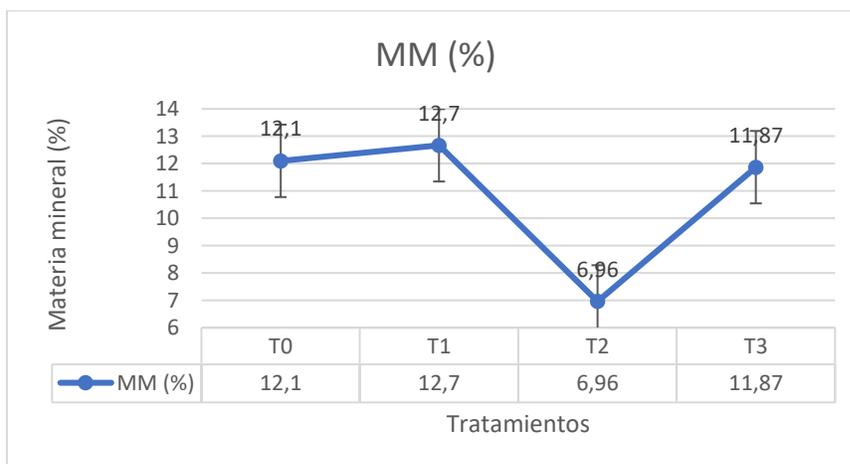
Los resultados obtenidos en este ensayo difieren de un trabajo realizado por Guzmán, *et al.*, (2020) en tierras Caucanas a 2.000 msnm, donde se evaluó la adición de fertilizante orgánico líquido fermentado y un fertilizante orgánico mineral líquido comercial en Pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y su materia seca no superó el 26,96 % pero sus componentes nutricionales fueron altos.

Además, Elizondo & Espinoza, (2021), evaluaron la fertilización orgánica en pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) con compost, purines y urea donde no encontraron diferencias estadísticamente significativas para los valores de materia seca obteniendo 21,6; 19,9 y 19,7%, respectivamente. Por otra parte, Villalobos & Arce, (2014) también reportaron datos inferiores de materia seca (18,55 y 29,47%)

El comportamiento de la variable materia mineral se muestra en el grafico 4. El tratamiento T2 presentó diferencias estadísticamente significativas ($P=0,0001$) con el valor promedio más bajo, cuando comparado con los demás tratamientos, los cuales no difirieron estadísticamente entre sí ($P>0,05$).

Figura 5

Materia mineral

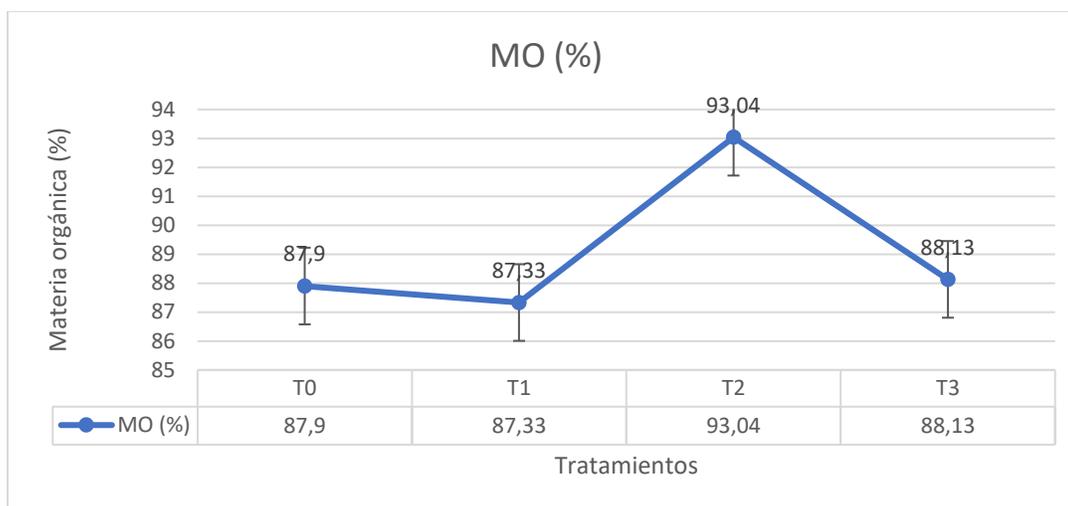


Nota. Porcentaje de materia mineral promedio en los tratamientos evaluados.

La adición de microorganismos de montaña en el tratamiento T2 pudo afectar contenido mineral de la pastura, toda vez que estos microorganismos en las fases iniciales se alimentan de la materia orgánica existente en el suelo añadida como abono, compitiendo con las plantas por esos nutrientes, antes de que la población microbiana y sus metabolitos se establezcan en el suelo generando el efecto positivo esperado sobre la planta (Soong *et al.*, 2018). El aumento del contenido mineral en el tratamiento T3 podría explicarse por la adición del fertilizante foliar el cual es rico en estos nutrientes. La materia orgánica (bovinaza) por su parte también supone un aporte importante de nutrientes, como puede evidenciarse en los resultados del contenido mineral en el tratamiento T1.

Comparado con los resultados de Luna, (2019), se obtuvieron resultados similares con valores que oscilan entre 7 y 15% semejante con Villalobos & Arce (2014) que obtuvieron el 10,97% del contenido nutricional en minerales. Esto puede deberse a la variabilidad presente en la composición mineral del suelo, la asimilación de material inorgánico por la planta, así como el movimiento de estos en reacción a la porción de agua presente en el terreno.

La variable materia orgánica, no presentó diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos a excepción del tratamiento T2, el cual difiere significativamente ($P = 0,0001$) cuando comparado con todos los demás tratamientos.

Figura 6*Materia orgánica*

Nota. Porcentaje de materia orgánica promedio en los tratamientos evaluados.

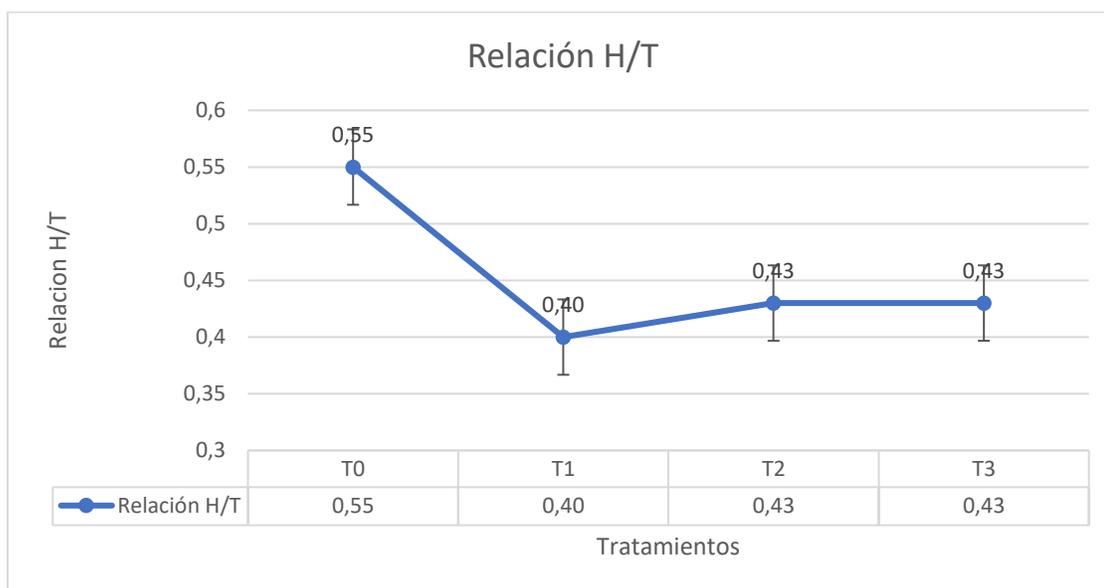
La materia seca está compuesta de manera muy general por materia orgánica e inorgánica (materia mineral). Una vez conocido el valor del material mineral, la cantidad de materia orgánica contenida en la materia seca es calculada por diferencia. Los componentes de la materia orgánica son los carbohidratos, proteínas, lípidos (Pascual & Venegas, s.f.), compuestos nitrogenados, pigmentos, ceras, compuestos aromáticos y biocompuestos activos. De tal manera, podría deducirse que el incremento en los valores de materia orgánica de T2 se debe directamente a la reducción del contenido de minerales. En adición, la imposibilidad de calcular las fracciones extracto etéreo y carbohidratos estructurales (FDN y FDA) dificulta la discusión de estos resultados más allá del cálculo metodológico pues se desconoce el contenido de fibras el cual es un componente mayoritario de las pasturas tropicales. Un aumento considerable de los niveles de proteína en T2 también podría estar asociado al incremento de la fracción orgánica, a partir de la mayor disponibilidad de nitrógeno para la planta a partir de las bacterias nitrificantes presentes en los microorganismos de montaña.

Por otra parte, las hojas cumplen una función primordial dentro de la planta, siendo las captadoras de energía solar con el fin de producir sustancias a partir de la fotosíntesis y presentan alto volumen de tejido parenquimatoso que beneficia la acumulación de proteínas y carbohidratos no estructurales contrastado con los tallos que poseen más carbohidratos estructurales pues su principal función es de sostén y su valor nutritivo es inferior al de las hojas (Araya & Boschini, 2005). Es por ello por lo que se evaluó la relación de hoja/tallo para estimar la calidad forrajera.

Para la variable en cuestión, en el gráfico 6 se observa que el tratamiento testigo tuvo un mejor comportamiento en comparación con los demás teniendo diferencias estadísticamente significativas ($P=0,012$). Lo que traduce que el efecto de los tratamientos no fue favorable para la pastura.

Figura 7.

Relación Hoja / Tallo



Nota. Relación hoja / tallo promedio en los tratamientos evaluados.

Lo anterior en el gráfico 6 es un índice que te indica la relación de hojas con respecto a los tallos y esta variable se evalúa de cero a uno y entre más alto sea su valor se traduce en

mayor cantidad de hojas respecto a la cantidad de tallo en la pastura. Por ende, es apetecible una alta relación H/T debido a que nos indica la calidad nutricional pues la hoja es la parte de la planta más consumida por los animales y es allí donde se conservan los nutrientes en mayor proporción.

Para este estudio, el T0 tuvo mejor composición foliar que los demás tratamientos, resultado que no era el esperado debido a la aplicación de fertilizantes. Lo anterior pudo deberse a que en el momento de seleccionar el material vegetal y fraccionar las muestras en el laboratorio para su posterior análisis, transcurrió mucho tiempo causando la pérdida de material vegetal por marchitamiento, pérdida de agua y esta falla en el procedimiento pudo afectar los resultados.

Valores reportados por Luna, (2019) demostraron que la relación H/T en pasto estrella africana fue disminuyendo con el paso de las semanas, pues a la semana 1 obtuvo 0,91 y en la semana 6 finalizó con 0,38. Lo anterior debido a que, en la fase inicial por acción del rebrote, las hojas aumentan su tamaño rápidamente y una vez culmina esta fase, la energía de la planta es redirigida a los tallos aumentando su pared celular y las hojas sufren marchitamiento (Dumroese *et al.*, 2012). En esta etapa, las plantas no son aptas para el consumo animal debido a su baja digestibilidad y no tendrá la misma cantidad de nutrientes.

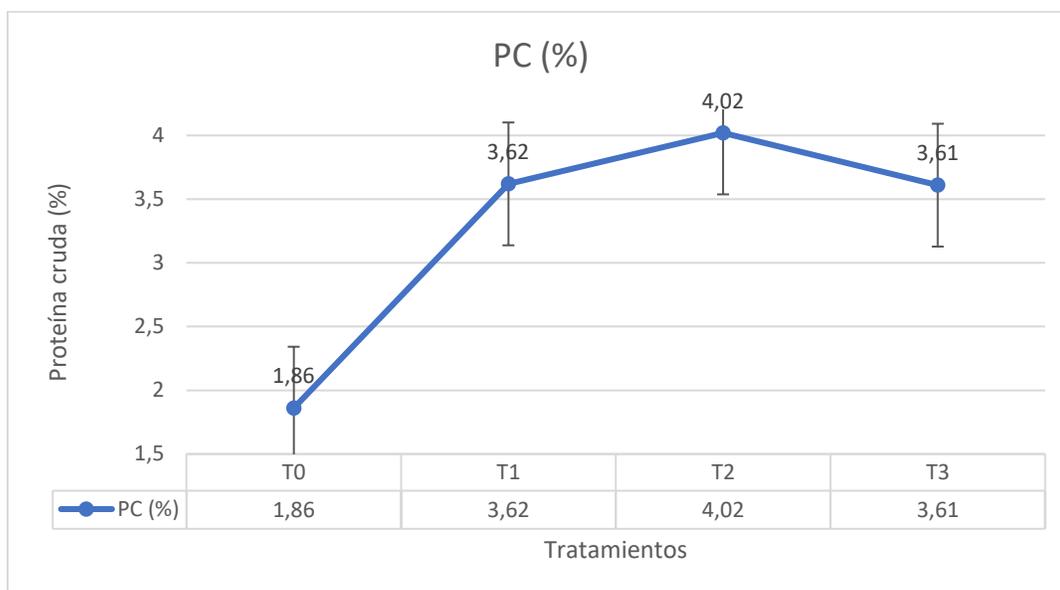
Por otro lado, Villalobos & WingChing, (2019) reportaron una mejor relación hoja / tallo en el tratamiento de remoción de la pastura senescente que en el tratamiento control (0,77 vs 0,96) y se puede atribuir al manejo que se le realiza al pasto estrella en retirar la maleza y el material con senescencia la cual modifica la composición estructural de las plantas y genera un aumento en la proporción de hojas (Simioni, *et al.*, 2014).

Sin embargo, Paris *et al.* (2016), manejaron diferentes niveles de producción de hojas donde para la variable obtuvieron valores entre 0,38 y 0,68 siendo más bajo para los 1200 kg/ha

de masa de lámina foliar y mayor para los 800 kg/ha y se le atribuye al aumento de producción de tallos después de un determinado tiempo y disminución a la tasa de acumulación de hojas, en comparación con pasturas jóvenes.

Figura 8

Proteína cruda



Nota. Porcentaje de proteína cruda promedio en los tratamientos evaluados

La proteína cruda es una de las variables más utilizadas en la evaluación de calidad nutricional de los pastos y se correlaciona con otras variables debido a que según la edad de la pastura, su contenido se reduce cuando aumenta la materia seca (Juárez & Bolaños, 2007).

En la proteína cruda del presente estudio, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P=000,1$) de los porcentajes entre el tratamiento control (1,86%) Vs T1, T2 y T3 (3,62%; 4,02%; 3,61%, respectivamente). Esto pudo atribuirse al a la acción de bacterias nitrificantes y el incremento en la disponibilidad de nitrógeno para la planta pues según Vergara, (2013), menciona que las bacterias del género *Nitroso* toman el NH_4^+ derivado de la amonificación donde lo convierte en NO_2^- . Luego las *Nitrobacter* realizan un proceso catabólico

a NO_3^- y de esta forma ocurre un suministro de energía para las bacterias y provee N al suelo altamente disponible para ser absorbido por las plantas.

Contrastado con otras investigaciones, dichos valores son inferiores para los reportados por Santiago *et al.*, (2016) donde estudiaron la composición química del pasto estrella en un sistema silvopastoril intensivo de clima cálido asociado con *Leucaena*, obtuvieron el 8.88% de proteína. También difieren con el análisis bromatológico-realizados por Guzmán, *et al.*, (2020) donde su proteína osciló entre el 12,8 – 13,3% y que contrastado con los hallazgos de Villalobos & Arce, (2014) donde analizaron el valor nutricional del pasto estrella africana por dos años, controvierten pues determinaron valores de 20,27% de proteína cruda en época seca y 18,55% en época de lluvia. Finalmente, también difieren con los valores reportados por Luna, (2019) en pasto estrella africana en las mismas condiciones hallando entre el 10.34% y 17.38% de proteína cruda

Lo anterior pudo deberse al tratamiento de las muestras al momento de la selección de las fracciones que posteriormente fueron analizadas bromatológicamente donde pudo acarrear pérdidas de humedad y de nutrientes siendo la fracción proteica la que más fue afectada reflejando bajo contenido de proteína cruda.

Capítulo 5. Conclusiones

La aplicación de bovinaza, microorganismos de montañas y biol orgánico foliar no tuvo efecto sobre el crecimiento del pasto estrella africana. Aunque hubo diferencia en la altura final del pasto a los 49 días (35,3 cm en T3 vs. 43,3 cm en T1) el análisis estadístico permitió evidenciar que dichas diferencias no son atribuibles al efecto de los tratamientos, en cambio son resultado de efectos aleatorios.

A su vez, los tratamientos no generaron efectos de mejora en la producción de pasto donde se evidenció mayor producción de forraje en el tratamiento control vs el tratamiento con los tres fertilizantes orgánicos (1,92 kg de FV/m² vs. 2,43 kg de FV/m²).

Sin embargo, para la variable de calidad nutricional, se presentó un incremento en la proteína cruda del pasto fertilizado con bovinaza y microorganismos orgánicos y pudo deberse al efecto de las bacterias nitrificantes.

Aunque diversos estudios evidencian los efectos positivos del uso de Bovinaza, microorganismos de montaña y biol foliar como fertilizantes orgánicos sobre los parámetros de producción en pasturas tropicales, la evaluación de los tratamientos experimentales en este estudio se limitó a solo un periodo vegetativo de 7 semanas, lo que pudo haber afectado los alcances de la investigación.

Por otra parte, las dosis evaluadas en cada tratamiento fueron las recomendadas por la empresa que suministró los productos (microorganismos de montaña y biol foliar), lo cual pudo haber limitado la respuesta de las variables de producción y calidad de la pastura, considerando que dichas dosis pudieron resultar insuficientes en las condiciones propias de la zona donde se realizó el estudio.

Capítulo 6. Recomendaciones

Se recomienda el uso de fertilizantes orgánicos en la producción de pasturas tropicales para mejorar la calidad nutricional de las mismas, principalmente en lo relacionado con el contenido de proteína bruta.

Adicionalmente, se recomienda la realización de estudios que evalúen el efecto de alternativas orgánicas de fertilización en pasturas tropicales, incluyendo microorganismos de montaña y bioles orgánicos, evaluando diversas fuentes de materia orgánica, ampliando el periodo de evaluación a varios periodos vegetativos que permitan evidenciar los efectos acumulativos de los tratamientos en el tiempo sobre la planta y en los suelos. También se recomienda la caracterización previa del suelo a partir de análisis fisicoquímico y microbiológico que permitan el ajuste de las dosis en los tratamientos experimentales. Estudios que evalúen diferentes dosis y sus efectos sobre la producción y calidad de las pasturas son necesarios. Se requiere de un monitoreo analítico de los parámetros fisicoquímicos del suelo y el balance microbiológico del mismo, que permita obtener más información para la discusión de los resultados y la obtención de evidencia clara que permita promover e implementar bajo un paquete tecnológico, el uso de estas biotecnologías en la producción de pasturas tropicales de mejor calidad, con bajo impacto ambiental y mejores resultados económicos en los sistemas de producción con herbívoros.

Referencias

- Angulo, E. (2012). Política fiscal y estrategia como factor de desarrollo de la mediana empresa comercial sinaloense. Un estudio de caso. Obtenido de https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/eal/metodologia_cuantitativa.html
- Alayón, N. (2014). *Evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) en el municipio de La Calera Departamento de Cundinamarca*. Obtenido de Repositorio de la Universidad de Manizalez: <https://bit.ly/3nnJoU4>
- Araya, M., & Boschini, C. (2005). *Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de Pennisetum purpureum en la Meseta Central de Costa Rica*. Obtenido de *Agronomía Mesoamericana*, vol 16, núm 1, pp. 37-43: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43716106.pdf>
- Bonifaz, N., R. León, y F. Gutiérrez. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas*. Editorial Universitaria Abya-Yala, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 616 p. ISBN 978-9978-10-3180. Disponible en: Disponible en: [file:///C:/Users/GALO%20CEDE%C3%91O/Downloads/Pastos%20y%20forrajes%20del%20Ecuador%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/GALO%20CEDE%C3%91O/Downloads/Pastos%20y%20forrajes%20del%20Ecuador%20(1).pdf)
- Campo, A., Sánchez, R., Morales, S., & Prado, F. (2014). *Evaluación de Microorganismos de Montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán*. Obtenido de Dialnet : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117842>
- Castro, L., Martínez, V., Castro, O., & Blanco, M. (2020). *Abono orgánico, microorganismo de Montaña (mm) y Fertibiol para el control biológico de la hernia de las crucíferas (Plasmodiophora brassicae wor.) en el cultivo de mostaza china (Brassica rapa sp. pekinensis var. Taranko F1)*. Obtenido de *Agronomía Costarricense*, 44(2), 31-49: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242020000200031&script=sci_arttext
- Cevallos, Valencia, & Barros. (2017). *Análisis estadístico univariado*. Obtenido de Universidad de Guayaquil: [http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/86/1/LIBRO%20CORRECCION ES.pdf](http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/86/1/LIBRO%20CORRECCION%20ES.pdf)

- Chiriboga, H., Gómez, G., & Garcés, K. (2015). *Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades*. Obtenido de IICA:
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf;jsessionid=58A9A6A7772C45137C71A059E1F920FA?sequence=1>
 Congreso de la República de Colombia, (2022). *Ley 2183 del 6 enero 2022*.
<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202183%20DEL%206%20DE%20ENERO%20DE%202022.pdf>
- Dumroese, R., Jabos, D. & Wilkinson, K. (2012). *Fases de cultivo: Establecimiento y crecimiento rápido*. Producción de plantas en viveros forestales.
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_other/rmrs_2012_dumroese_k004.pdf
- Enríquez, J., Meléndez, F., Bolaños, E., & Esqueda, V. (2011). *Producción y manejo de forrajes tropicales*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.: https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/produccion_forrajes.pdf
- Estrada, C. (2022). *El país importa 42% de fertilizantes para el agro de Rusia y Ucrania*. Obtenido de La república: <https://bit.ly/3yqiJfq>
- Flores, A., González, V., Aguilar, C., & Herrera, R. (2015). *Biofertilizantes microbianos*. Obtenido de Plaza y Valdes:
https://www.researchgate.net/publication/274638111_Azotobacter_una_bacteria_con_potencial_como_biofertilizante_eco-amigable
- Flores, A., Veana, F., & Rodríguez, R. (2014). *Penicillium como solubilizador de fosfato*. Obtenido de Universidad Autónoma de Coahuila:
https://www.researchgate.net/publication/274638201_Penicillium_como_solubilizador_de_fosfato#:~:text=Dentro%20de%20los%20microorganismos%20solubilizadores,met%C3%A1licos%20y%20producci%C3%B3n%20de%20enzimas.
- Gómez, S. (2016). *Origen de la ganadería extensiva en Colombia. Agro negocios e industria de alimentos*. Universidad de los Andes.
- González, P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: <https://bit.ly/39RPqcB>

- Guzmán-Sánchez, R. F., Beltrán-Perafán, J.A., Montes-Rojas, y C. Anaya-Flórez, M.A. (2020). *Efecto del abono orgánico líquido mineralizado en la producción y composición de forrajes para pastoreo*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 11(2), 13-27.
<https://doi.org/10.22490/21456453.3065>
- Hernandez, D., Ferrera, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial*. Revista Scielo <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>
- Herrera, J., Hernández, J., & Granadillo, J. (2016). *Diagnóstico situacional del hato lechero UFPSO con respecto a los lineamientos de producción más limpia*.
- Instituto Colombiano Agropecuario, (2020). Resolución 068167 del 20 de mayo del 2020.
<https://www.ica.gov.co/getattachment/db5b53ff-0752-4884-90b8-a7ce15ce1ead/2020R68167.aspx>
- Jacto, (2023). *Fertilizantes químicos: ventajas y desventajas*. Bloglatam. Obtenido de <https://bloglatam.jacto.com/fertilizantes-quimicos/#:~:text=Los%20fertilizantes%20qu%C3%ADMICOS%20permiten%20ajustar,atender%20nuevos%20ciclos%20de%20producci%C3%B3n>.
- Juárez, H & Bolaños, E. (2007). *Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales*. Universidad y Ciencia, vol. 23, núm. 1, junio, 2007, pp. 81-90 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México.
<https://www.redalyc.org/pdf/154/15423109.pdf>
- Lopez, P. (2020). *Indagan la composición de la materia orgánica del suelo*. Obtenido de Gaceta, UNAM: <https://www.gaceta.unam.mx/indagan-la-composicion-de-la-materia-organica-del-suelo/>
- Luna, A., (2019). *Determinación de la edad óptima de pastoreo para la estrella africana (cynodon plectostachyus) en el sistema lechero de la granja experimental Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*.

<https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/4369/1630463.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mongabay, L. (2017). *La ganadería extensiva está acabando con los bosques en Colombia*. El espectador. <https://blogs.elespectador.com/medio-ambiente/mongabay-latam/la-ganaderia-extensiva-esta-acabando-los-bosques-colombia#:~:text=P%C3%A9rdida%20de%20h%C3%A1bitats%20naturales%2C%20fragmentaci%C3%B3n,actualmente%20prospera%20en%20el%20pa%C3%ADs>.

Méndez, R., Fernández, J.A., & Yáñez, E.A.. (2019). *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y composición de Cynodon plectostachyus*. Revista veterinaria, 30(1), 48-53. <https://dx.doi.org/10.30972/vet.3013899>

Mizubuti, I. Y., Pinto, A. P., Pereira, E. S., & Ramos, B. M. O. (2009). *Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais*. Londrina: Eduel, 1. Disponible en: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884369/1/doc136alimentacaoderuminantes.pdf>

Montalván, N. (2018). *Evaluación de dos tipos de fertilización sobre el rendimiento y calidad nutricional del pasto anual (Lolium multiflorum)*. Obtenido de Universidad politécnica salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16325/1/UPS-CT007950.pdf>

Neves, F. (2022). *Fertilizantes químicos: ventajas y desventajas*. Obtenido de Jacto: <https://bit.ly/3bqNUyh>

ONU, (2022). *Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos* https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF_Sp.pdf

Paris, W., Tonion, R., Martinello, C. & Sartor, L. (2016). *Productivity and nutritional value of African Star managed with different leaf blade mass*. Acta Sci., Anim. Sci. 38:31-36. doi:10.4025/actascianimsci.v38i1.28549

Pascaul, R., & Venegas, S. (s.f.). *La materia organica del suelo. Papel de los microorganismos*. <https://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>

Pérez, E. (2021). Estudio de la factibilidad de la utilización de lactofermento con suero lácteo como abono orgánico para pastos destinados a la alimentación de ganado lechero. https://www.researchgate.net/profile/Efren-Perez-5/publication/349484949_Study_of_the_feasibility_of_the_use_of_lactoferment_with_milk_serum_as_organic_fertilizer_for_pastures_destined_to_feed_dairy_cattle/links/6032ac7a92851c4ed58a4aa6/Study-of-the-feasi

Presidencia de la República de Colombia (1991). Decreto 1843 de 1991. Por el cual se reglamentan parcialmente los títulos iii, v, vi, vii y xi de la ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas. <https://www.dssa.gov.co/index.php/descargas/1011-decreto-1843-1991/file#:~:text=El%20uso%20y%20manejo%20de%20plaguicidas%20estar%C3%A1n%20sujetos%20a%20las,Complementarias%20previstas%20en%20el%20presente>

Ramírez, I., Riofrío, R., Gonzáles, C., & Ortíz, P. (2021). *Efecto de diferentes bioabonos en el crecimiento de plantas de tomate de riñón var. Alambra (Solanum lycopersicum Mill.)*. Obtenido de Artículo de investigación. Agronomía tropical: <https://bit.ly/3y5JYuK>

Rincón, A., (s.f.) *Crecimiento y desarrollo de los pastos*. Repositorio Agrosavia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37631/Ver_Documento_37631.pdf?sequence=1

Rodríguez, N., & Tafur, Z. (2014). *Producción de microorganismos de montaña para el desarrollo de una agricultura orgánica*. Obtenido de IV Conacin: https://estaticos.qdq.com/swdata/files/950/950904418/CIn_3256.pdf

Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Obtenido de Roma, FAO: <https://bit.ly/3u7bCWU>

Ruíz, J. (2021). *Comparación productiva del cultivo de Pitahaya (Hylocereus undatus) a la aplicación de microorganismos de montaña y microorganismos eficientes en el recinto*

- cerecita-guayas*. Obtenido de Universidad Agraria del Ecuador:
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUIZ%20LOYOLA%20JOSSELYN.pdf>
- Ruiz, L. (2019). Investigación experimental. Obtenido de <https://www.scientific-europeanfederation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Investigaci%C3%B3nexperimental.pdf>
- Saltos, R. (2016). *La biofortificación agronómica para el mejoramiento de la calidad nutricional de tubérculos de cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) en la parroquia Guanujo*. Obtenido de Universidad técnica de Ambato, Ecuador:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24351/1/tesis-056%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20438.pdf>
- Santiago Figueroa, Itzel, Lara Bueno, Alejandro, Miranda Romero, Luis Alberto, Huerta Bravo, Maximino, Krishnamurthy, Laksmi, & Muñoz-González, Juan Carlos. (2016). Composición química y mineral de leucaena asociada con pasto estrella durante la estación de lluvias. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(spe16), 3173-3183. Recuperado en 04 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001203173&lng=es&tlng=es.
- Schneider, R., K. Chekhovskiy, P. Muñoz, S. Kwon, and M. Saha. (2019). Characterization of bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) germplasm for nitrogen use efficiency. *Euphytica* 215(40):1-14. doi.org/10.1007/s10681-019-2347-z.
- Sela, G. (2020). *Tipos de fertilizantes*. *Cropaia*. Obtenido de <https://cropaia.com/es/blog/tipos-de-fertilizantes/>
- Simioni, T., Hoffmann A., Gomes F., Mousquer C., Teixeira U., Fernandes G., Botini L., Paula D. (2014). *Senescência, remoção, translocação de nutrientes e valor nutritivo em gramíneas tropicais*. *Pubvet* 8:1551-1697. doi:10.22256/pubvet.v8n13.1743
- Soong J. L., Marañón S., Cotrufo F., Boeckx P., Bodé S., Guenet B., Peñuelas J., Richter A., Stahl C., Verbruggen E., Janssens I.(2018). *Soil microbial CNP and respiration responses to organic matter and nutrient additions: Evidence from a tropical soil incubation* *Soil*

Biology and Biochemistry. Volumen 122, pages 141-149, ISSN 0038-0717,

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.04.011>.

- Stalyn, V. E. (2022). *Efecto complementario de los bioestimulantes sobre la producción de forraje en el pasto saboya (megathyrsus maximus jacq.) en la zona del carmen, manabí* (doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador).
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VELOZ%20VERA%20ERICK%20STALYN.pdf>
- Trinidad, A., & Velasco, J. (2018). *Importancia de la materia orgánica en el suelo*. Obtenido de Agro productividad, 9 (8): <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802>
- Vargas, P. (2022). *Fertilizantes químicos para la agricultura: ¿Se volverán un lujo?* Obtenido de Más colombia: <https://bit.ly/3QPv04p>
- Vergara, A. (2013). *Efecto de abonos verdes sobre la dinámica de hongos micorrizógenos (HMA) y bacterias nitrificantes en un ciclo de cultivo de maíz, Zea mays L.* Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21749/7012006.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villalobos, L. & Arce, Jose. (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.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242014000100008&lng=en&tlng=es.
- Villalobos, L. & WingChing, R. (2019). *Remoción mecánica del material senescente para la recuperación de las pasturas*. Agronomía mesoamericana. 30. 821-840.
https://www.researchgate.net/publication/335631327_Remocion_mecanica_del_material_senescente_para_la_recuperacion_de_pasturas
- Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2018). *What could promote farmers to replace chemical fertilizers?* Obtenido de Journal of Cleaner Production: <https://bit.ly/3xXOICu>
- Ware, J. & Liang, K. (1996). *The design and analysis of longitudinal studies: a historical perspective*

Apéndice

Apéndice A.

Preparación de microorganismos



Apéndice B.

Distribución de unidades experimentales



Apéndice C.

Fertilizante de materia orgánica (Bovinaza)

**Apéndice D.**

Fertilizante de materia eficiente (Microorganismos de montaña)



Apéndice E.

Aplicación de materia orgánica según distribución



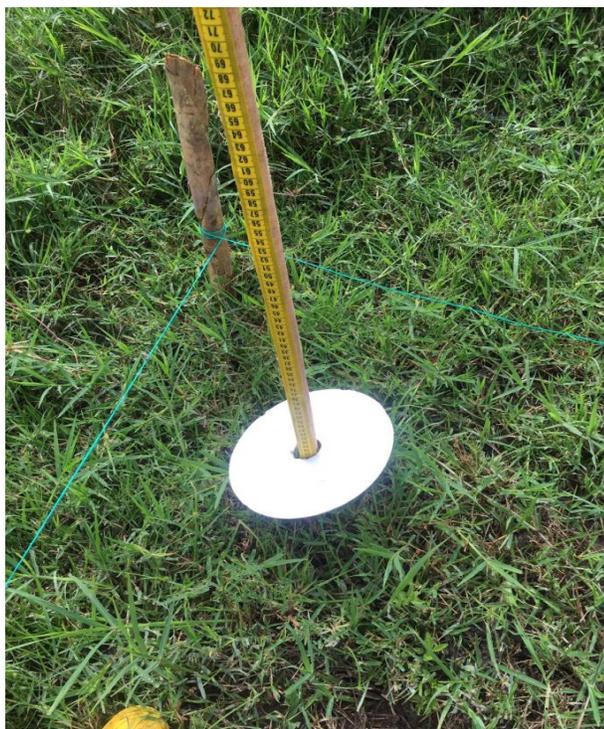
Apéndice F.

Pasturas en crecimiento



Apéndice G.

Medición de altura del pasto

**Apéndice H.**

Aforo con marco y machete en cada unidad experimental



Apéndice I.

Aforo de las unidades experimentales para pesaje

**Apéndice J.**

Fraccionamiento de material vegetal



Apéndice K.

Muestras en horno para determinar materia seca



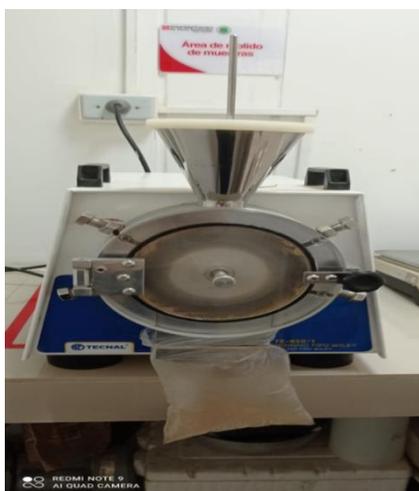
Apéndice L.

Pesaje de materia seca



Apéndice M.

Molienda de muestras



Apéndice N.

Muestras molidas en crisol para análisis bromatológico

