

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Evaluación de dosis de bioestimulante más una enmienda orgánica en mezclas forrajeras en el Centro Experimental San Francisco, UPEC, Huaca, Carchi, Ecuador”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Villota Rivera José Luis
TUTOR: MSc. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Villota Rivera José Luis, con el número de cédula 0402054415. respectivamente ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: “Evaluación de dosis de bioestimulante más una enmienda orgánica en mezclas forrajeras en el Centro Experimental San Francisco, UPEC, Huaca, Carchi, Ecuador”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

MSc. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD.

TUTOR

Tulcán, julio de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Villota Rivera José Luis, con cédula de identidad número 0402054415, respectivamente, declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Villota Rivera José Luis

AUTOR

Tulcán, julio de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Villota Rivera José Luis declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de dosis de bioestimulante más una enmienda orgánica en mezclas forrajeras en el Centro Experimental San Francisco, UPEC, Huaca, Carchi, Ecuador" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Villota Rivera José Luis

AUTOR

Tulcán, julio de 2025

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, elevo mi más sincero y profundo agradecimiento a Dios y a la Virgen de la Purificación de Huaca, por ser mi refugio en los momentos de oscuridad y mi fortaleza en los días de debilidad. Gracias por concederme el milagro de la vida, por permitirme respirar, avanzar y mantenerme firme en medio de las tormentas. Cada paso en este recorrido ha estado sostenido por su amor incondicional y su luz misericordiosa, que han iluminado mi camino cuando todo parecía incierto.

A mis padres, Mirian Rivera y José Villota, no hay forma de agradecerles todo lo que han hecho por mí. Les debo la vida, pero también les debo el alma, las ganas de salir adelante y cada logro que hoy me llena el corazón. Son y siempre han sido mi faro, incluso cuando todo parecía oscuro. Su amor, su esfuerzo, su fe en mí han sido el abrazo que me levantó cuando ya no podía más. Gracias por enseñarme, no con palabras bonitas, sino con el ejemplo de cada día, lo que realmente valen el trabajo honesto, la humildad y la lucha digna. Ustedes me dieron alas para volar, sí, pero también raíces fuertes para nunca olvidar quién soy ni de dónde vengo. Son mi orgullo más grande, mi fuerza, y la razón por la que hoy este sueño se hace realidad.

A mi hermano, Nixon Villota. Gracias por estar siempre, incluso en silencio. Tu apoyo ha sido firme, real, sin condiciones. Has estado ahí en mis caídas, en mis logros, en esos días donde solo necesitaba saber que no estaba solo. Compartimos tantas cosas batallas, risas, momentos que no hacen falta explicar y todo eso me ha sostenido más de lo que imaginas. Este logro también es tuyo, porque sin tu respaldo, sin ese cariño de hermano que nunca falla, el camino hubiera sido mucho más duro. Te admiro, te valoro y te agradezco con el alma por ser parte fundamental de esta historia.

Agradezco profundamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por abrirme las puertas al conocimiento y a nuevas oportunidades. En especial, al PhD. Segundo Ramiro Mora Quilismal, por su guía, confianza y compromiso durante este proceso. También a cada uno de mis docentes, quienes con paciencia y entrega dejaron huellas valiosas en mi formación profesional y personal.

A mis amigos, gracias por acompañarme en este camino, por estar en los días buenos y, sobre todo en los difíciles, cada gesto, cada palabra y cada momento compartido ha sido un regalo que valoro profundamente. Mi gratitud más especial es para ti, Mishelle, gracias por ser mi compañera de aventuras, por sostenerme cuando sentí que no podía más, por cuidar de mí con una ternura que solo tú sabes dar. Tu amor se manifestó en mil formas, silenciosas pero poderosas, y en cada una me hiciste sentir acompañado, querido y fuerte. Has sido mi refugio, mi paz y mi impulso. Este logro lleva también tu nombre, porque sin ti, todo habría sido mucho más difícil.

Villota Rivera José Luis

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo el amor, respeto y gratitud que habita en mi corazón, a las personas que han sido el cimiento, la inspiración y la fuerza que me han impulsado a alcanzar esta meta tan significativa en mi vida.

A mis padres, Mirian Rivera y José Villota, quienes, con su amor incondicional, sacrificio constante y apoyo inquebrantable, han sido el faro que iluminó mi camino en los momentos de incertidumbre y la raíz firme que me sostuvo en cada caída. Su ejemplo de honestidad, esfuerzo y perseverancia ha sido la guía que ha moldeado mi carácter y ha forjado mi espíritu. A ustedes les debo todo lo que soy y todo lo que aspiro a ser. Gracias por creer en mí cuando incluso yo dudaba, y por enseñarme que los sueños se alcanzan con dedicación, amor y fe.

A mi hermano, Nixon Villota, gracias por ser mucho más que un hermano: un verdadero amigo, un compañero de vida y un apoyo constante en esta travesía. Tu aliento en los momentos de desánimo, tu alegría en los momentos de triunfo, y tu presencia silenciosa pero firme han sido una bendición invaluable. Este logro también es tuyo, porque lo hemos construido juntos, compartiendo luchas, risas y sueños.

Con profundo cariño y admiración, dedico este logro a mis queridos abuelitos, Edmundo Rivera y Elva Ortega, quienes con su amor, sabiduría y apoyo constante han sido un pilar fundamental en mi vida. Su ejemplo de vida, su dedicación a la familia y su presencia amorosa han sido una fuente inagotable de inspiración y fortaleza para mí. Agradezco cada enseñanza, cada consejo y cada momento compartido que han enriquecido mi camino y me han impulsado a seguir adelante con esperanza y valentía. Es un honor poder compartir con ustedes este logro, que también es fruto de su amor y cuidado incondicional.

A todos ustedes, que han sido mi sostén y mi inspiración, dedico este trabajo como muestra de mi agradecimiento eterno y mi compromiso de honrar su amor con cada paso que dé en el futuro.

"Los sueños no se heredan, se conquistan con coraje, constancia y el alma dispuesta a no rendirse."

Villota Rivera José Luis

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| I. EL PROBLEMA | 15 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 15 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 16 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 16 |
| 1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 17 |
| 1.4.1. Objetivo General | 17 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 18 |
| 1.4.3. Preguntas de Investigación..... | 18 |
| II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 19 |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.2.1. Gramíneas..... | 21 |
| 2.2.2. Leguminosas | 21 |
| 2.2.3. Mezcla forrajera | 22 |
| 2.2.4. Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>)..... | 22 |
| 2.2.5. Llantén forrajero (<i>Plantago lanceolata</i>) | 24 |
| 2.2.6. Trébol Blanco (<i>Trifolium repens</i>) | 27 |
| 2.2.7. Kikuyo (<i>Cenchrus clandestinus</i>)..... | 29 |
| 2.2.8. Holco (<i>Holcus lanatus</i>) | 31 |
| 2.2.9. Fertilizante | 33 |
| III. METODOLOGÍA | 37 |
| 3.1 ENFOQUE METODOLÓGICO | 37 |
| 3.1.1. Enfoque | 37 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| 3.1.2. Tipo de Investigación | 37 |
| 3.2. HIPÓTESIS | 37 |
| 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES | 37 |
| 3.3.1. Definición de las variables | 37 |
| 3.3.2. Operacionalización de las variables | 38 |
| 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS | 40 |
| 3.4.1. Descripción del área de estudio | 40 |
| 3.4.2. Fase de campo | 40 |
| 3.4.3. Características del diseño experimental..... | 41 |
| 3.4.4. Distribución y características del experimento..... | 42 |
| 3.5. Toma de datos..... | 42 |
| 3.5.1. Altura de planta | 42 |
| 3.5.2. Método del cuadrante | 42 |
| 3.5.3. Producción de materia verde | 43 |
| 3.5.4. Parámetros para obtener la materia verde | 43 |
| 3.5.5. Plato medidor de forraje..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.5.6. Parámetros para obtener la materia cesa | 44 |
| 3.5.7. Grados Brix | 45 |
| 3.5.8. Análisis bromatológico | 45 |
| 3.5.9. Análisis costo – beneficio | 45 |
| 3.5.10. Correlación de Spearman para Brix y análisis bromatológico | 45 |
| 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 46 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 47 |
| 4.1. RESULTADOS | 47 |
| 4.1.1. Altura de las plantas de mezcla forrajera | 47 |
| 4.1.2. Materia Verde | 49 |
| 4.1.3. Materia seca..... | 51 |
| 4.1.4. Grados Brix | 53 |

| | |
|---|----|
| 4.1.5. Análisis Bromatológico | 55 |
| 4.1.6. Costo Beneficio | 57 |
| 4.1.7. Correlación de Brix y análisis bromatológico | 58 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 60 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 60 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 60 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 61 |
| VII. ANEXOS | 65 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Taxonomía del cultivo de Ray Grass | 23 |
| Tabla 2. Taxonomía del cultivo de llantén forrajero..... | 25 |
| Tabla 3. Taxonomía del cultivo de Trébol Blanco..... | 28 |
| Tabla 4. Taxonomía del cultivo de kikuyo..... | 30 |
| Tabla 5. Taxonomía del cultivo de Holco | 32 |
| Tabla 6. Contenido nutricional del biol bovino | 35 |
| Tabla 7. Contenido nutricional del vermicompost..... | 36 |
| Tabla 8. Operacionalización de las variables..... | 38 |
| Tabla 9. Tratamientos..... | 41 |
| Tabla 10. Diseño experimental..... | 41 |
| Tabla 11. Interpretación de Correlación de Spearman para Brix y análisis bromatológico | 46 |
| Tabla 12. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a variable de altura de planta en (cm) por corte y tratamientos..... | 48 |
| Tabla 13. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a variable de materia verde en kg*ha ⁻¹ por corte y tratamientos. | 50 |
| Tabla 14. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a variable de materia seca en kg*ha ⁻¹ por corte y tratamientos. | 52 |
| Tabla 15. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a Grados °Brix (°Bx) por corte y tratamientos..... | 54 |
| Tabla 16. ANOVA y prueba de Tukey al 5% respecto a análisis bromatológico por corte y tratamientos. | 56 |

| | |
|---|----|
| Tabla 17. Costo-beneficio..... | 58 |
| Tabla 18. Correlación de Spearman para Brix y análisis bromatológico..... | 59 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica..... | 40 |
| Figura 2. Distribución del experimento..... | 42 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC..... | 65 |
| Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas..... | 66 |
| Anexo 3. Análisis Bromatológico..... | 68 |
| Anexo 4. Resultados del análisis de suelo previo a la investigación. | 69 |
| Anexo 5. Análisis de Biol Bovino | 70 |
| Anexo 6. Análisis de vermicompost | 71 |
| Anexo 7. Costo de producción en una hectárea..... | 72 |
| Anexo 8. Proceso experimental | 73 |

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar dosis de bioestimulante más una enmienda orgánica en mezclas forrajeras en el Centro Experimental San Francisco, UPEC, Carchi, Ecuador. El diseño experimental aplicado fue de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; las alternativas de origen orgánico evaluadas en el experimento fueron; T1 (100 % biol bovino + 25 % vermicompost), T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost), T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost). El ensayo fue realizado en un área total de 3328 m² y cada unidad experimental fue de 208 m². Las variables evaluadas fueron: altura de mezcla forrajera, producción de materia verde, materia seca, grados Brix°, análisis bromatológico y análisis de costo - beneficio, mismas que fueron evaluadas en 5 cortes con un intervalo entre cortes de 23 días. Los resultados señalan que el tratamiento T3 presentó la mayor altura de planta en los cortes tres, cuatro y cinco, así como la mayor producción de materia verde 5312 kg*ha⁻¹ y seca 1162 kg*ha⁻¹. Además, el tratamiento T3 presentó los mejores resultados en grados Brix con 7.0 °Bx, En el análisis bromatológico el tratamiento T2 presentó el mayor contenido de humedad (84 %) y extracto libre de nitrógeno (44.16 %), mientras que T4 destacó por su alto contenido de proteína (22.26 %) y T3 por su alto contenido de fibra (25.16 %). El tratamiento T2 evidenció la mayor eficiencia económica en la producción de materia seca anual alcanzando una relación beneficio - costo de 3.43 USD, con un costo de producción por kilogramo de materia seca de 0.21 USD. El análisis de las variables permite concluir que el tratamiento T3 fue el mejor para el manejo de mezclas forrajeras en el segundo, tercer, cuarto y quinto corte, con valores de 5533 kg*ha⁻¹, 5418 kg*ha⁻¹, 5220 kg*ha⁻¹, y 5312 kg*ha⁻¹, respectivamente en materia verde y en cuanto a la materia seca, también se destacó en los cinco cortes, alcanzando 1321 kg*ha⁻¹, 1064 kg*ha⁻¹, 1076 kg*ha⁻¹ y 1162 kg*ha⁻¹ en los primeros cuatro cortes.

Palabras Claves: Mezcla forrajera, fertilizantes, materia verde y seca, análisis bromatológico.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate biostimulant dosages combined with an organic amendment in forage mixtures at the San Francisco Experimental Center, UPEC, Carchi, Ecuador. The experimental design used was a Completely Randomized Block Design (CRBD) with four treatments and four replications. The organic alternatives evaluated in the experiment were: T1 (100 % bovine biol + 25 % vermicompost), T2 (75 % bovine biol + 50 % vermicompost), T3 (50 % bovine biol + 75 % vermicompost) and T4 (25 % bovine biol + 100 % vermicompost). The trial was conducted in a total area of 3328 m² and each experimental unit was 208 m². The variables evaluated were: forage mix height, green matter production, dry matter, Brix°, bromatological analysis and cost-benefit analysis, which were evaluated in 5 cuts with an interval between cuts of 23 days. There was a significant increased in plan height treatment T3 in the third, fourth, and fifth cuts, as well as the highest percentage of green matter production 5312 kg*ha⁻¹ and dry matter production (1162 kg*ha⁻¹.) in addition to the highest Brix value with 7.0 °Bx. A bromatological analysis revealed that Treatment T2 had the highest moisture content (84 %) and nitrogen free extract (44.16 %), while Treatment T4 had the highest protein content (22.26 %), and Treatment T3 had the highest fiber content (25.16 %). In terms of annual dry matter production, Treatment T2 showed the highest economic efficiency, with a benefit/cost ratio of USD 3.43 and a production cost per kilogram of dry matter of USD 0.21. The analysis of the variables allowed concluding that the T3 treatment was the most effective for the management of forage mixtures in the second, third, fourth and fifth cuts, with green matter values of 5,533 kg*ha⁻¹, 5,418 kg*ha⁻¹, 5,220 kg*ha⁻¹ and 5,312 kg*ha⁻¹ respectively. In dry matter, T3 also stood out, reaching kg*ha⁻¹, 1,064 kg*ha⁻¹, 1,076 kg*ha⁻¹ and 1,162 kg*ha⁻¹ in the aforementioned cuts.

Keywords: Forage mixture, fertilizers, green and dry matter, bromatological analysis.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción ganadera enfrenta crecientes desafíos en materia de sostenibilidad, siendo uno de los más relevantes la eficiencia en el uso de los recursos forrajeros, que representan entre el 60 % y el 70 % del costo total en los sistemas de alimentación de rumiantes (Ballesteros, 2013). Los pastos y forrajes constituyen la base principal de su dieta, por lo que su disponibilidad y calidad influyen de manera directa en la productividad del sector pecuario, pudiendo afectar hasta en un 40 % el rendimiento animal cuando su valor nutricional es deficiente (Pinela, 2025).

En Ecuador la ganadería representa una actividad económica de gran relevancia, especialmente para la seguridad alimentaria y el sustento de más del 30 % de familias. Sin embargo, en los últimos años, el sector ha experimentado una reducción en los márgenes de rentabilidad, particularmente por la caída sostenida del precio de la leche, el aumento de insumos agrícolas y a un aumento significativo de los costos de producción (Cando, 2024).

En la provincia del Carchi, reconocida por su tradición agropecuaria y condiciones climáticas propicias para la producción de forrajes, la eficiencia ganadera enfrenta desafíos importantes debido al deterioro progresivo de las praderas. Esta problemática se origina en gran medida, por prácticas agrícolas convencionales prolongadas y una gestión inadecuada de los recursos naturales. A pesar de que los pastos representan más del 80 % de la dieta ganadera, en muchos casos no se otorga el manejo técnico necesario, lo que deriva en una pérdida de fertilidad del suelo, reduciendo la calidad del forraje y la digestibilidad para los animales (FAO, 2018).

En el ámbito de la producción forrajera, se ha intensificado la búsqueda de métodos sostenibles que permitan mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, sin recurrir al uso intensivo de agroquímicos. En este sentido, una alternativa destacada es la aplicación de biofertilizantes, los cuales están formulados a partir de microorganismos benéficos que interactúan positivamente con las raíces de las plantas. Además, su uso en mezclas forrajeras no solo favorece el equilibrio biológico y las propiedades fisicoquímicas del suelo, sino que también estimula un crecimiento más vigoroso y uniforme de las especies forrajeras. Por lo tanto, la incorporación de biofertilizantes representa una estrategia efectiva para promover sistemas agrícolas más sostenibles y productivos (Gutiérrez, 2023).

Al reducir la presión sobre el suelo y minimizar el impacto ambiental, los biofertilizantes se consolidan como aliados estratégicos en el manejo de pasturas, permitiendo así una producción más eficiente, saludable y resiliente frente a condiciones adversas. De esta manera, su uso contribuye a la sostenibilidad del sistema ganadero y a la conservación de los recursos naturales a largo plazo.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador la ganadería representa una actividad económica de gran relevancia, especialmente para la seguridad alimentaria y el sustento de más del 30 % de familias rurales. Sin embargo, en los últimos años, el sector ha experimentado una reducción en los márgenes de rentabilidad, particularmente por la caída sostenida del precio de la leche, el aumento de insumos agrícolas y un aumento significativo de los costos de producción (Roca, 2018).

La aplicación continua y excesiva de fertilizantes químicos degrada la estructura y calidad del suelo, generando una dependencia progresiva que exige dosis cada vez mayores para mantener el rendimiento. Esta práctica, no solo representa una carga económica creciente para los productores, sino que también compromete seriamente la sostenibilidad ambiental. La acumulación de productos químicos en el suelo provoca la pérdida de biodiversidad microbiana, reduce la capacidad de retención de agua y aumenta la salinización, lo que a largo plazo disminuye la fertilidad natural del terreno (Quimis, 2024).

En la región andina del Ecuador, la ganadería ha mostrado un crecimiento considerable en la última década, sin embargo, este desarrollo no ha estado respaldado por una gestión adecuada y eficiente de los recursos forrajeros. La falta de planificación técnica en el manejo de pasturas ha provocado el deterioro progresivo de especies clave, como las gramíneas y leguminosas, fundamentales para la alimentación del ganado bovino (Blanco, 2022).

Además, esta situación se ha visto agravada por prácticas productivas ineficientes, tales como el sobrepastoreo, la falta de rotación de potreros y la escasa reposición de materia orgánica en los suelos. Como consecuencia, se ha observado una pérdida acelerada de la cobertura vegetal, una reducción significativa en la producción de biomasa forrajera y un empobrecimiento de la biodiversidad en los agroecosistemas (Blanco, 2022).

La topografía irregular que predomina en la provincia del Carchi contribuye significativamente a la rápida degradación de los suelos, efecto que se ve intensificado por la implementación de prácticas agrícolas inapropiadas, como la labranza excesiva y el uso inadecuado del suelo en zonas de pendiente. Estas condiciones adversas han generado un grave desequilibrio en la composición nutricional del suelo, lo cual se manifiesta en la carencia de nutrientes esenciales y, en consecuencia, en la disminución de la calidad nutricional de las pasturas disponibles para el ganado bovino (Coral, 2020).

Además, factores como la compactación del suelo, la erosión y el descenso en su capacidad de retención de agua limitan aún más el desarrollo saludable de las especies forrajeras, afectando directamente la productividad de los sistemas ganaderos (Coral, 2020).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El manejo inadecuado de las pasturas ha generado una notable pérdida en la calidad de los forrajes, así como el deterioro progresivo del suelo, lo que a su vez incrementa la demanda de mano de obra y fertilizantes químicos de manera excesiva para mantener la productividad, elevando significativamente los costos de producción.

1.3. JUSTIFICACIÓN

A través de este enfoque, se busca contribuir a la estabilidad económica de los pequeños y medianos ganaderos, promoviendo prácticas sostenibles que permitan reducir los altos costos de producción asociados al uso intensivo de insumos químicos. En la actualidad, muchos productores enfrentan dificultades para mantener la rentabilidad de sus sistemas debido al incremento constante en los precios de fertilizantes. Por ello, la implementación de alternativas como el uso de biofertilizantes y abonos orgánicos representa una solución viable y accesible, capaz de mejorar la productividad forrajera sin comprometer los recursos económicos del productor (Delgado, 2013).

La incorporación de biofertilizantes en suelos andisoles representa una alternativa eficaz y sostenible para mejorar tanto la calidad del suelo como la productividad forrajera en la región andina. El uso de fertilizantes orgánicos como el biol bovino y el vermicompost permite optimizar la disponibilidad de nutrientes esenciales y fortalecer la actividad biológica del suelo, lo que se traduce en un entorno más favorable para

el crecimiento de las especies forrajeras. Además, estas enmiendas orgánicas mejoran la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, favoreciendo el desarrollo vegetal (Robles,2022).

La falta de planificación en el uso y renovación de los cultivos forrajeros, sumada a prácticas productivas poco sostenibles, ha provocado una disminución tanto en la calidad como en la cantidad de alimento disponible para el ganado bovino. Esta situación no solo limita la productividad del sector, sino que también incrementa los costos de producción, afectando la rentabilidad de los sistemas ganaderos. Ante este escenario, se hace evidente la necesidad de incorporar estrategias sostenibles, como la fertilización orgánica, que no solo contribuye a recuperar la fertilidad y estructura del suelo, sino que también garantiza la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas productivos (Robles,2022).

La labranza excesiva y otras prácticas agrícolas inapropiadas en la provincia del Carchi han provocado la pérdida de materia orgánica, la degradación de las capas fértiles y el deterioro estructural del suelo. Esta situación afecta su capacidad de regeneración y limita el desarrollo vegetal. Ante ello, se vuelve necesario promover alternativas sostenibles como la fertilización orgánica y la implementación de buenas prácticas agrícolas, que permitan recuperar la salud del suelo y mejorar su funcionalidad de forma natural (Carlosama, 2018).

La presente investigación busca brindar a los productores ganaderos herramientas prácticas y fundamentos técnicos para el manejo eficiente de mezclas forrajeras, Destacando el uso de estiércol bovino y vermicompost como alternativas sostenibles de fertilización. Estas prácticas, al ser económica y adecuadas para terrenos con topografía irregular, representa una solución viable que permite reducir costos de producción y disminuir la dependencia de fertilizantes químicos, generando beneficios tanto a corto como a largo plazo para el sector ganadero.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar dosis de bioestimulante más enmienda orgánica en mezcla forrajera en el Centro Experimental San Francisco, UPEC, Carchi-Ecuador.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la biomasa de la mezcla forrajera con la aplicación de dosis del bioestimulante y enmienda orgánica.
- Analizar el rendimiento y contenido nutricional de las mezclas forrajeras.
- Realizar un análisis de costos de producción en cada uno de los tratamientos implementados.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo influye la aplicación de biofertilizantes orgánicos en el crecimiento y la productividad de una mezcla forrajera?
- ¿Cuál de los tratamientos aplicados resulta más eficiente en términos de rendimiento forrajero según el nivel de dosificación en la fertilización?
- ¿Qué tratamiento de bio fertilización ofrece la mejor relación costo - beneficio en la producción de mezcla forrajera?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la Estación Experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se llevó a cabo un estudio para analizar el efecto de distintas dosis de enmiendas húmicas (750, 1000 y 1250 ml/ha) sobre el rendimiento del Ray grass (*Lolium perenne*) en su etapa de prefloración, considerando dos cortes consecutivos. El diseño experimental empleado fue un Bloque Completamente al Azar, con 12 parcelas de 12 m² cada una. Aunque el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas ($P > 0.05$), los resultados indicaron que la dosis de 1250 ml/ha generó mejores respuestas en parámetros como altura de planta, número de tallos, número de hojas por tallo, y coberturas basal y aérea. En el primer corte, esta dosis alcanzó producciones de 4.47 t/ha de forraje verde y 1.45 t/ha de materia seca. Desde el punto de vista económico, la rentabilidad fue superior con la dosis más alta, alcanzando márgenes del 28 % y 34 % en comparación con el testigo, que registró 7 % y 10 %, respectivamente. Por ello, se sugiere continuar evaluando dosis mayores de enmiendas húmicas para determinar su nivel óptimo de aplicación en praderas (Vargas, 2011).

En la investigación desarrollada por Robles (2022) se menciona que tuvo como finalidad evaluar el impacto de tres tipos de fertilizantes en la producción de biomasa dentro de una mezcla forrajera, desarrollada en la finca San Vicente, ubicada en la parroquia El Carmelo, provincia del Carchi, Ecuador. El experimento se diseñó bajo un esquema de Bloques Completamente al Azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, abarcando un área total de 1600 m² y parcelas de 50 m² por unidad experimental. Los tratamientos comprendieron diferentes combinaciones de fertilizantes minerales: desde aplicaciones individuales de Pasto Leche, Pasto Altura y Urealina al 100 %, hasta mezclas en proporciones de 50 % y 30 % entre ellos, además un grupo de testigos sin fertilización. Evaluando variable de altura, producción de materia verde y seca, así como un análisis económico del costo por Kilogramo de forraje. Los tratamientos fertilizados superaron significativamente al testigo, destacando el T5 (50 % Pasto Altura + 50 % Urealina) por su alta productividad (13.630

kg/ha/año de materia verde y 3.557,43 kg/ha/año de materia seca) y bajo costo de producción (0.58 ctvs/kg). Se concluyó que esta combinación representa una estrategia eficiente y sostenible para optimizar la producción forrajera destinada a la alimentación animal.

En la Estación Experimental Tunshi, situada en la parroquia Licto del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, se desarrolló un estudio cuyo propósito fue evaluar una alternativa de producción forrajera mediante la aplicación de dos niveles de fertilización orgánico-mineral sobre una mezcla establecida de especies como *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* y *Medicago sativa*. El ensayo tuvo una duración de 90 días y se llevó a cabo en un área total de 600 m², conformada por 12 parcelas experimentales de 50 m² cada una, organizadas bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La aplicación de 320 kg/ha de fertilizante orgánico-mineral fue la más efectiva, logrando los mayores rendimientos tanto en forraje verde como en materia seca, además del mejor beneficio económico (1.52). Se recomienda su uso en mezclas forrajeras como una alternativa viable y sostenible para mejorar la alimentación del ganado (Cabezas, 2018).

Según Ballesteros (2013) la investigación se desarrolló en la parroquia El Sucre, cantón Patate, provincia de Tungurahua, con el propósito de evaluar el impacto del fertilizante mineral Fossil Shell Agro sobre la biomasa y calidad nutricional del pasto Tetralite (*Lolium hybridum*). Se incluyó un tratamiento testigo y se evaluaron distintas dosis y frecuencias de aplicación del fertilizante. Los resultados demostraron que las mejores respuestas en altura de planta, longitud de hoja y rendimiento de forraje verde se obtuvieron con la dosis de 0.20 g/L, aplicada cada 10 y 15 días (D3F1 y D3F2, respectivamente). Asimismo, el contenido nutricional del pasto mejoró considerablemente en comparación con el tratamiento sin fertilización, destacándose un aumento significativo en proteína (77.1 %), fibra (8.64 %) y ceniza (28.1 %). En conjunto, el tratamiento D3F1 fue el más eficiente, consolidándose como una alternativa viable para mejorar la productividad y el valor nutricional del forraje en sistemas ganaderos.

En su investigación, Cela (2022) evaluó la eficiencia de la aplicación de urea y biol, tanto de manera individual como combinada, en diferentes etapas del crecimiento del pasto Dallis (*Brachiaria decumbens*), con el fin de mejorar su calidad productiva. El estudio se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro

tratamientos: (T1) urea, (T2) biol, (T3) mezcla de urea y biol, y (T4) un testigo sin fertilización. Se establecieron 12 parcelas experimentales de 127.35 m² cada una, con tres repeticiones por tratamiento. Para el análisis de resultados, se aplicó un Modelo Lineal General y se utilizó la prueba de Dunnett para comparar los datos, observándose diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento agronómico de los tratamientos con 100 % urea y con la combinación 50 % biol. En cuanto a la composición química, el tratamiento combinado mostró un contenido de proteína del 8 %, fibra cruda del 33 %, fibra detergente neutra (FDN) del 72 %, fibra detergente ácida (FDA) del 41 % y materia seca del 27 %. Además, las alternativas de fertilización con 100 % biol y la combinación 50/50 ofrecieron el mejor rendimiento económico por kilogramo de materia seca. En conclusión, los tratamientos con urea y urea + biol demostraron una mayor productividad, por lo que se recomienda el uso de biol en combinación con fuentes nitrogenadas como una opción viable para una producción forrajera más sostenible y eficiente.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Gramíneas

Las gramíneas se caracterizan por poseer un sistema radicular superficial con forma de cabellera. Su tallo está conformado por nudos y entrenudos, y presenta un crecimiento tendido o postrado. Las hojas, delgadas y con una nervadura central bien definida, emergen desde los nudos del tallo y se disponen de forma alterna a lo largo del mismo (Roca, 2018).

En cuanto a su uso forrajero, estas especies constituyen la base alimenticia de los animales rumiantes, ya que representan una alternativa económica y eficiente debido a su elevada producción de materia seca por unidad de superficie. No obstante, también presentan ciertas limitaciones nutricionales, como un bajo contenido proteico, una alta proporción de fibra que reduce su digestibilidad y deficiencias en minerales esenciales. Dentro de este grupo se incluyen especies como la avena forrajera, ray grass, vicia, pasto azul y pasto miel, entre otras (Roca, 2018).

2.2.2. Leguminosas

Las leguminosas forrajeras son plantas angiospermas que se distinguen por su raíz pivotante, acompañada de raíces secundarias y terciarias que desarrollan nódulos con bacterias del género *Rhizobium*, responsables de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico. Esta característica no solo contribuye a mejorar la fertilidad

del suelo, sino que también incrementa el valor nutricional de estas especies en la alimentación animal. Presentan tallos erectos, semi-erectos o rastreros, y hojas compuestas, generalmente bipinnadas o trifoliadas (Leon, 2018).

Gracias a su alto contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales como calcio y fósforo, y vitaminas como la A y la E, estas especies representan una opción estratégica en la dieta del ganado bovino. Además, su elevada digestibilidad contribuye a mejorar la eficiencia alimentaria. Como plantas rastreras, también se utilizan en cultivos de cobertura, abonos verdes y conservación forrajera. Entre las especies más comunes se encuentran el trébol blanco, los tréboles rosados y otras leguminosas adaptadas a sistemas de producción diversos (Leon, 2018).

2.2.3. Mezcla forrajera

Las mezclas forrajeras consisten en la integración de distintas especies vegetales destinadas a la alimentación animal, principalmente combinando gramíneas y leguminosas, aunque también pueden incluir otras variedades. Esta práctica es común en sistemas ganaderos debido a los beneficios nutricionales que ofrece. Según León (2018), estas combinaciones permiten optimizar la dieta del ganado al mejorar la calidad del forraje y diversificar los nutrientes disponibles, lo que se traduce en una mayor productividad.

Gracias a la complementariedad entre especies, es posible aprovechar las cualidades específicas de cada grupo: las gramíneas aportan energía y fibra, mientras que las leguminosas aumentan el contenido proteico del alimento.

2.2.4. Ray Grass (*Lolium perenne*)

2.2.4.1. Origen y descripción del Ray Grass

El ray grass (*Lolium perenne*) es una gramínea perenne originaria de Europa que ha sido ampliamente adoptada en la ganadería debido a sus cualidades agronómicas. Su rápido crecimiento y su capacidad de rebrote tras el pastoreo la convierten en una opción eficaz para el establecimiento de praderas productivas. Esta especie forma matas densas con hojas delgadas, suaves al tacto y de color verde intenso. En condiciones adecuadas, desarrolla una cobertura uniforme que favorece la conservación del suelo (Viloria F. M., 2020).

Su adaptabilidad a distintos tipos de clima y suelo, incluyendo tolerancia al frío y a sequías moderadas, incrementa su valor como forraje. Además, presenta un alto

valor nutricional y es bien aceptado por el ganado bovino. Por estas razones, el ray grass constituye una alternativa eficiente para mejorar la calidad alimenticia en explotaciones ganaderas (Viloria F. M., 2020).

2.2.4.2. Adaptación del Ray Grass

El ray grass es una gramínea reconocida por su notable capacidad de adaptación a una amplia variedad de condiciones ambientales y edáficas, lo que ha favorecido su expansión en diversas regiones agrícolas (Viloria F. M., 2020).

Esta especie no solo presenta un crecimiento acelerado y buena resistencia, sino que también se adapta eficazmente a suelos de distinta textura, incluidos los arcillosos, arenosos y francos, siempre que cuente con un drenaje adecuado. Además, tolera un rango de pH que va desde neutro hasta ligeramente ácido, lo que amplía sus posibilidades de implantación en diversos sistemas productivos (Viloria F. M., 2020).

2.2.4.3. Clasificación taxonómica

Tabla 1. Taxonomía del cultivo de Ray Grass

| Categoría | Nombre |
|------------------|----------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Liliopsida</i> |
| Orden | <i>Poales</i> |
| Familia | <i>Poaceae</i> |
| Subfamilia | <i>Pooideae</i> |
| Tribu | <i>Poeae</i> |
| Subtribu | <i>Loliinae</i> |

Fuente: (Viloria F. M., 2020)

2.2.4.4. Calidad Nutricional del Ray Grass

Es una gramínea forrajera de alto valor nutritivo, ideal para la alimentación del ganado. Aporta entre un 15 % y 25 % de proteína bruta, además de carbohidratos estructurales y no estructurales que brindan energía. También contiene vitaminas (complejo B, E y K) y minerales esenciales como calcio, fósforo, potasio y magnesio. Su calidad nutricional varía según el manejo, la edad del pasto y las condiciones del cultivo (Vargas, 2011).

2.2.4.5. Potencial de Producción del Ray Grass

El Ray Grass perenne presenta una producción inicial de forraje más baja que otras especies, pero con el tiempo alcanza rendimientos similares. Su ciclo vegetativo perenne permite alcanzar hasta 16 cortes y una producción anual promedio de 20 toneladas de materia seca por hectárea. En ganado lechero, su consumo se traduce

en ganancia de peso de 600 a 700 gramos diarios y una producción estimada de 16 a 18 litros de leche por día (Vargas, 2011).

2.2.4.6. Fertilización del Ray Grass

El Ray Grass exige una fertilización intensiva, especialmente en nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), azufre (S), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B). Por hectárea, se recomienda aplicar: 70 kg de N, 57,25 kg de P_2O_5 , 24 kg de K_2O , 33 kg de MgO y 59,8 kg de SO_4 por fertilización. Es fundamental realizar un análisis de suelo previo al establecimiento para ajustar la fertilización y aplicar encalado si es necesario (Vargas, 2011).

2.2.4.7. Plagas y Enfermedades del Ray Grass

Una de las plagas y enfermedades especialmente en condiciones ambientales favorables que le afecta es la roya, causada por hongos del género *Puccinia*. Esta patología se manifiesta bajo climas húmedos y templados, provocando la aparición de pústulas anaranjadas en las hojas. Lo que reduce significativamente la capacidad fotosintética del pasto (Viloria F. M., 2020).

2.2.5. Llantén forrajero (*Plantago lanceolata*)

2.2.5.1. Origen y descripción del llantén forrajero

El llantén forrajero (*Plantago lanceolata*) es una planta perenne de hábito herbáceo, originaria de la región de Eurasia y actualmente distribuida en diversas zonas tropicales del mundo. En Ecuador, se encuentran en distintas regiones geográficas, incluyendo la costa, sierra y ocasionalmente en áreas de la amazonia (Hernández R. G., 2022).

Esta especie presenta un porte bajo, con una altura máxima aproximada de 40 centímetros. Sus hojas son simples, dispuestas en forma de roseta basal, con contorno ovalado y borde irregularmente dentado, y una tonalidad verde clara. Las inflorescencias consisten en espigas verticales que varían entre 6 y 25 cm de longitud, compuestas por flores diminutas de aproximadamente 2 mm, de color blanquecino con matices verdes o ámbar (Hernández R. G., 2022).

2.2.5.2. Adaptación de llantén forrajera

Esta especie se desarrolla en una variedad de condiciones climáticas, siempre que no se presenten temperaturas bajo cero, ya que no las tolera. Requiere suelos de textura arenosa o arcillosa, con buen contenido de materia orgánica y con exceso

de humedad. Su habitad natural corresponde a áreas no inundables, preferentemente en espacios abiertos o con sombra parcial, donde la humedad sea moderada. Aunque puede resistir periodos de sequía, no sobrevive en condiciones de anegamiento o suelo saturados de agua (Hernández R. G., 2022).

2.2.5.3. Clasificación taxonómica

Tabla 2. Taxonomía del cultivo de llantén forrajero

| Categoría | Nombre |
|-------------------|--------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| Nombre científico | <i>(Plantagos major)</i> |
| Ciclo vegetativo | <i>Perenne</i> |
| Reino | <i>Plantae</i> |
| Subreino | <i>Tracheobionta</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Magnoliophyta</i> |
| Subclase | <i>Asteridae</i> |
| Orden | <i>Lamiales</i> |

Fuente: (Viloria F. M., 2020)

2.2.5.4. Calidad Nutricional del llantén forrajero

Esta especie forrajera ha sido seleccionada por su sobresaliente valor nutricional, evidenciando en un contenido aproximado de 36 % de fibra detergente neutro (FDN), una concentración proteica cercana de 22 % y una energía metabólica de alrededor de 2.8 Mcal por kilogramo. Su excelente palatabilidad favorece una alta aceptación por parte del ganado bovino, lo que se traduce en mayores niveles de consumo y eficiencia durante el pastoreo (Ortiz, 2025).

Adicionalmente, presta una productividad destacable de materia seca, con rendimientos que pueden superar los 55 kilogramos por hectárea al día, posicionándola como una fuente de forraje constante y altamente eficiente. Los niveles de proteína que aporta pueden fluctuar entre el 5.3 % y el 10.3 %, mientras que su digestibilidad se encuentra dentro de un rango que va del 50.5 % al 68.5 %, características que contribuyen a una dieta balanceada y de alto valor biológico para el ganado (Ortiz, 2025).

2.2.5.5. Potencial de producción del llantén forrajero

El llantén forrajero suele cultivarse como una especie de ciclo temporal en áreas conocidas como restingas, las cuales se caracterizan por presentar inundaciones estacionales. También se desarrolla en terrenos de tierra firme con alto contenido de materia orgánica. En el marco de sistema de producción forrajera, puede establecerse en consorcio con otras especies como el ray grass y el trébol, lo que

contribuye a mejorar tanto la cobertura vegetal como el perfil nutricional del forraje obtenido (Viloria F. M., 2020).

Su propagación se lleva a cabo mediante semillas botánicas, existe dos formas principales de implantación: la siembra directa y el trasplante. Para este último se recomienda realizar el traslado de plántulas cuando alcancen cerca de 2 cm de altura. A fin de asegurar un desarrollo óptimo del cultivo, se sugiere emplear una densidad de siembra aproximada de 3 kilogramos de semilla por hectárea al año (Viloria F. M., 2020).

2.2.5.6. Fertilización del llantén forrajero

Para asegurar una producción forrajera estable y de alta calidad, esta especie requiere un plan de fertilización periódico por hectárea. El nutriente con mayor densidad es el nitrógeno (N), por lo que su aplicación debe realizarse con mayor regularidad. Se recomienda aplicar entre 75 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea cada tres cortes. Esta cantidad equivale, aproximadamente, al uso de entre 1.5 y 3 sacos de urea en intervalo de 3 a 5 semanas, siendo una práctica clave para mantener un crecimiento constante y saludable durante todo el año.

Asimismo, es fundamental complementar el plan nutricional con otros elementos esenciales aplicados por hectárea, como:

- Fosforo (P_2O_5): 50.2 Kg
- Potasio (K_2O): 21 Kg
- Magnesio (MgO): 27 Kg
- Azufre (SO_4): 48.8 kg.

2.2.5.7. Plagas y Enfermedades del Llantén Forrajero

Una de las principales afecciones que compromete al llantén forrajero (*Plantago lanceolata*) es la mancha rojiza, provocada por los hongos de género *Cecospora*. Esta enfermedad se manifiesta principalmente en ambientes cálidos con altos niveles de humedad relativa, condiciones que favorecen tanto la proliferación como la propagación de patógenos (Viloria F. M., 2020).

Los primeros signos en las plantas afectadas son pequeñas manchas rojizas sobre las hojas. Con el avance del padecimiento, estas lesiones se multiplican y aumentan su

tamaño, lo que interfiere con la función fotosintética del follaje y disminuye la calidad nutricional del forraje (Viloria F. M., 2020).

2.2.6. Trébol Blanco (*Trifolium repens*)

2.2.6.1. Origen y descripción del Trébol Blanco

Se trata de una leguminosa herbácea perenne adaptada a climas templados, pertenecientes al género *Trifolium*. Es originaria de las regiones de Europa, el norte de Asia occidental y África, aunque actualmente se encuentra distribuida en gran parte por América del norte, donde ha logrado naturalizarse (Pozo, 2018).

Esta especie presenta un tipo de crecimiento rastrero y alcanza una altura máxima de aproximadamente 10 centímetros. Su sistema radicular destaca por su raíz principal ramificada, complementada con raíces adventicias de tipo estolonífero. Las hojas son trifoliadas y pecioladas, con folíolos de forma ovalada que presenta una característica mancha blanca en el centro. Los tallos carecen de vello y los estolones están rodeados por estípulas de textura membranosa (Viloria F. M., 2020).

Las inflorescencias tienen forma de glomérulo, con un diámetro de varía entre 1.5 y 2 centímetros. Cada una puede contener entre 50 y 100 flores de morfología papilionácea, que suelen ser blancas o con tonalidades rosadas (Viloria F. M., 2020).

2.2.6.2. Adaptación del trébol Blanco

Esta especie muestra una notable capacidad de adaptación a distintos tipos de suelo, siempre que se mantenga niveles adecuados de humedad y se garantice un drenaje eficiente. Su desarrollo es más favorable en suelos fértiles, que pueden ir desde los de textura superficial hasta los más pesados y con un rango de pH comprendido entre 5.0 y 7.5. Es especialmente apta para zonas ubicadas entre los 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar, donde las condiciones del suelo y del clima favorecen significativamente su establecimiento y productividad (Viloria F. M., 2020).

Tolera eficientemente temperaturas moderadas, siendo su rango óptimo de desarrollo entre 10 y 20 °C, y presenta buen comportamiento en ambientes con elevada nubosidad. En cuanto a precipitaciones, requiere 800 y 1600 milímetros anuales, lo cual permite un crecimiento sostenible (Viloria F. M., 2020).

2.2.6.3. Clasificación Taxonómica

Tabla 3. Taxonomía del cultivo de Trébol Blanco

| Categoría | Nombre |
|-------------|----------------------|
| Reino: | <i>Plantae</i> |
| División: | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase: | <i>Magnoliopsida</i> |
| Orden: | <i>Fabales</i> |
| Familia: | <i>Fabaceae</i> |
| Subfamilia: | <i>Faboideae</i> |
| Tribu: | <i>Trifolieae</i> |
| Genero: | <i>Trifolium</i> |
| Especie: | <i>T. repens</i> |

Fuente: (Viloria F. M., 2020)

2.2.6.4. Calidad Nutricional del Trébol Blanco

El trébol blanco, como leguminosa forrajera, sobresale por su habilidad para fijar nitrógeno atmosférico en el suelo, lo que construye significativamente al enriquecimiento de su fertilidad, Desde el punto de vista nutricional, se caracteriza por su alto aporte, con valores aproximados del 36 % de fibra detergente neutra (FDN), 23 % de proteína cruda y alrededor de 3.0 Mcal de energía metabolizable por Kilogramo de materia seca (García, 1995).

2.2.6.5. Potencial de producción del Trébol Blanco

El rendimiento forrajero de trébol varía en función de las prácticas de manejo agronómico y de las condiciones ambientales, pudiendo llegar a producir entre 8 y 10 toneladas de forraje verde por hectárea. En sistemas mixtos donde se cultiva junto a gramíneas, es fundamental controlar su producción dentro de la mezcla, recomendándose que no exceda en 30 %. Superando este porcentaje puede generar riesgos de intoxicación en ganado, principalmente por acumulación de nitratos (García, 1995).

2.2.6.6. Fertilización de trébol blanco

Debe concentrarse en mantener condiciones óptimas del suelo, corrigiendo el pH cuando sea necesario mediante encalado, idealmente en un rango entre 6.0 y 6.5. Asimismo, es fundamental garantizar el suministro de elementos esenciales como fósforo (40 a 60 kg*ha⁻¹), potasio (60 a 100 kg*ha⁻¹) y azufre (10 a 20 kg*ha⁻¹), los cuales son determinantes para el adecuado desarrollo de las raíces, el vigor general de las plantas y la síntesis proteica (Hernández *et al.*, 2022).

2.2.6.7. Plagas y enfermedades de trébol blanco

El trébol blanco puede ser susceptible a diversas plagas y enfermedades que comprometen su productividad, reduciendo tanto su calidad de forraje como la persistencia de la planta en el sistema. Entre los insectos perjudiciales más comunes se encuentran los pulgones (*Sphis spp.*), los cuales extraen savia de los tejidos y pueden actuar como vector de virus (Hernández *et al.*, 2022).

En lo que respecta a enfermedades, destacan patógenos fúngicos como *Sclerotinia trifoliorum*, responsable de la pudrición de la corona, y *Rhizoctonia solani*, que genera sistemas de marchitez y muerte de plántulas (Hernández *et al.*, 2022).

2.2.7. Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*)

2.2.7.1. Origen y descripción del Kikuyo

El kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) es una gramínea perenne de uso forrajero, originaria de las zonas montañosas del este africano, con especial presencia en países como Egipto y Kenia. Esta especie presenta un tipo de crecimiento postrado, expandiéndose a través de estolones y rizomas, lo que le permite conformar una cobertura vegetal densa y uniforme sobre el terreno (Ochoa, 2023).

Alcanza una altura de varía entre 15 y 20 centímetros, posee hojas delgadas de tonalidad verde intensa y se adapta de forma eficaz a climas templados con niveles elevados de humedad, siendo ideal para áreas ubicadas entre 1500 y 3000 metros sobre el nivel del mar. Su rápido establecimiento lo convierte en una opción altamente valorada para sistemas de pastoreo directo y como cobertura para zonas tropicales y subtropicales (Ochoa, 2023).

2.2.7.2. Adaptación del kikuyo

Muestra una notable capacidad de adaptación a climas que van de temperaturas hasta tropicales, especialmente en altitudes que oscilan entre los 1500 y 3000 metros sobre el nivel del mar. Esta gramínea tolera temperaturas bajas moderadas, aunque es susceptible a daños por heladas severas o prolongadas (Ochoa, 2023).

Su desarrollo es favorable en suelos de fertilidad media a baja e incluso en aquellos como niveles moderados de acidez, debido a su sistema radicular profundo y a su eficaz propagación vegetal mediante rizomas y estolones. Asimismo, responde positivamente a precipitaciones anuales elevadas, entre 1000 y 2000 mm, y presenta una alta tolerancia al pastoreo intensivo y al tráfico animal (Ochoa, 2023).

2.2.7.3. Clasificación taxonómica

Tabla 4. Taxonomía del cultivo de kikuyo

| Categoría | Nombre |
|------------------|----------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Liliopsida</i> |
| Orden | <i>Poales</i> |
| Familia | <i>Poaceas</i> |
| Subfamilia | <i>Panicoideas</i> |
| Tribu | <i>Paniceas</i> |
| Género | <i>Cenhus</i> |

Fuente: (Ochoa, 2023)

2.2.7.4. Calidad Nutricional del kikuyo

El kikuyo es una gramínea de uso forrajero que cuando se maneja correctamente proporciona un aporte nutricional favorable para la dieta del ganado bovino. Durante las primeras fases del crecimiento, su contenido nutricional de proteína cruda puede ubicarse entre 14 % y el 18 %, no obstante, este valor tiende a reducirse conforme la planta alcanza estados más avanzados de madurez (Ochoa, 2023).

Los niveles de fibra detergente neutra (FDN) se encuentran en un rango de 60 % a 70 %, lo que afecta directamente su digestibilidad, siendo esta superior en brotes tiernos. En cuanto a su energía metabolizable, se sitúa entre 2.0 y 2.4 Mcal por kilogramo de materia seca, mientras que la proporción de materia seca en el forraje verde varía entre un 15 % y 20 % (Ochoa, 2023).

2.2.7.5. Potencial de producción de kikuyo

Posee un elevado potencial productivo en sistemas forrajeros, particularmente en zonas de altitud media y alta con buena disponibilidad hídrica. Bajo condiciones adecuadas de manejo, puede generar entre 20 y 30 toneladas de materia seca por hectárea por año. Su crecimiento se intensifica durante la temporada de lluvias y se mantiene estable cuando las precipitaciones superan los 1000 mm anuales. Gracias a su capacidad de rebrote a través de estolones, responde bien al pastoreo intensivo (Ochoa, 2023).

2.2.7.6. Fertilización de Kikuyo

La fertilización es fundamental para maximizar su productividad y conservar su calidad nutricional. Aunque esta especie crece en suelos de fertilidad media o baja, muestra una respuesta significativa a la aplicación de nutrientes, particularmente nitrógeno, cuya dosis recomendada varía entre 150 y 300 kg/ha/año, dividida entre

varias aplicaciones. Además, se requiere aportes de fósforo $40-60 \text{ kg*ha}^{-1}$ para favorecer el sistema radicular y potasio en proporciones similares, dado su papel en la resistencia al pisoteo y al estrés hídrico (Ochoa, 2023)

2.2.7.7. Plagas y enfermedades del kikuyo

A pesar de su vigor y rápida expansión, también puede ser afectado por plagas y enfermedades que limitan su rendimiento y calidad. Entre los insectos más perjudiciales se encuentra los gusanos cortadores y pulgones con los cuales comprometen el follaje y facilitan la transmisión de virosis. También se presentan nematodos, especialmente en suelos con mal drenaje. En el ámbito fitopatológico destacan afecciones como la roya (*Puccinia ssp*), la marchitez por *Rhizoctonia solani* y la mancha foliar por *Drechslera spp.*, todas las cuales reducen la actividad fotosintética (Ochoa, 2023).

2.2.8. Holco (*Holcus lanatus*)

2.2.8.1. Origen y descripción del Holco

El holco (*Holcus lanatus*) también conocido como pasto lanoso, es una gramínea perenne originaria de Europa occidental y el norte de África, actualmente difundida en varias zonas templadas, incluyendo regiones sudamericanas presente crecimiento semi-erecto y hojas con textura suave debido a la presencia de tricomonas. Su sistema radicular es superficial y su propagación ocurre principalmente por semillas, aunque puede extenderse moderadamente por estolones. Esta especie muestra buena adaptación a climas templados con alta humedad, tolera suelos ácidos y de baja fertilidad, prospera incluso en condiciones de drenaje deficiente, si bien es aceptada por el ganado en etapas iniciales de desarrollo, su valor forrajero disminuye con la madurez (Cayambe, 2023).

2.2.8.2. Adaptación del Holco

El holco muestra una notable adaptación a climas templados, húmedos y frescos, siendo especialmente productivos en altitudes medias y altas, entre 1500 y 3000 metros sobre el nivel del mar, como las presentes en zonas andinas. Prefiere suelos ácidos, húmedos y con buen contenido de materia orgánica, aunque también puede crecer en terrenos pobres y mal drenados, donde otras gramíneas presentan dificultades. Lo que hace adecuado para regiones con precipitaciones superiores a 1000 mm anuales. Sin embargo, es sensible a las sequías prolongadas y a temperatura elevadas, lo que limita su uso en climas cálidos y secos (Cayambe, 2023).

2.2.8.3. Clasificación taxonómica

Tabla 5. Taxonomía del cultivo de Holco

| Categoría | Nombre |
|------------------|----------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Liliopsida</i> |
| Orden | <i>Poales</i> |
| Familia | <i>Poaceas</i> |
| Subfamilia | <i>Pooldeas</i> |
| Tribu | <i>Poeae</i> |
| Género | <i>Holcus</i> |

Fuente: (Cayambe, 2023)

2.2.8.4. Calidad nutricional del Holco

El holco presenta una calidad nutricional intermedia, la cual está influenciada por el estado fenológico y el manejo aplicado durante las primeras etapas de crecimiento. Su contenido proteico oscila entre 10 % y 14 %, mientras que la digestibilidad in vitro se sitúa entre 55 % y 65 %. A medida que la planta envejece, estos parámetros disminuyen, incrementándose también la proporción de fibra detergente neutra (FDN), que en ocasiones supera el 60 %, afectando negativamente el consumo por parte del ganado bovino. La energía metabolizable varía entre 1.8 y 2.2 Mcal/kg de materia seca, lo que posiciona al holco como un recurso forrajero adecuado para mantenimiento o sistemas de producción de intensidad media. Aunque su valor nutricional no es sobresaliente, su tolerancia a suelos ácidos y con exceso de humedad permite su uso en zonas marginales (Cayambe, 2023).

2.2.8.5. Potencial de producción del Holco

El Holco posee un rendimiento forrajero medio influenciado por el clima, la altitud y el manejo aplicado. En zonas templadas y húmedas con suelos fértiles puede generar entre 8 y 12 t de materia seca por hectárea al año, aunque su productividad disminuye en condiciones de baja fertilidad o escasa tecnificación. Se adapta bien a altitudes de 1500 a 3000 msnm, con lluvias superiores a 1000 mm anuales, su mayor producción se da en épocas húmedas, ya que su tolerancia a la sequía es limitada. La frecuencia de aprovechamiento y el uso adecuado de fertilizantes especialmente nitrógeno y fósforo son claves para sostener su desempeño (Cayambe, 2023).

2.2.8.6. Fertilización del Holco

El Holco muestra una respuesta favorable a la fertilización, especialmente cuando se establece en suelos ácidos y pobres en nutrientes. Aunque es una especie forrajera rustica, su rendimiento y calidad pueden incrementarse significativamente mediante

el manejo adecuado de nutrientes. Se recomienda aplicar entre 80 y 150 kg de nitrógeno por hectárea al año, distribuido en varias fracciones tras cortes o pastoreos para estimular el rebrote. El fósforo (30 a 60 kg/ha/año) es clave para un buen desarrollo radicular, especialmente en suelos ácidos, mientras que el potasio (40 a 80 kg/ha/año) mejora la resistencia al pisoteo y la tolerancia a enfermedades (Cayambe, 2023).

2.2.8.7. Plagas y enfermedades del Holco

Aunque el holco es una gramínea relativamente rústica, su productividad puede verse limitada por plagas y enfermedades bajo condiciones de alta humedad y manejo inadecuado. Entre las plagas más frecuentes destacan los pulgones (*Aphis spp*), que afectan hojas jóvenes y pueden transmitir virosis, así como larvas de lepidópteros y gusanos cortadores que comprometen el rebrote. En cuanto a enfermedades, se ha documentado la presencia de roya (*Puccinia spp*) y muchas foliares causadas por hongos, los cuales disminuyen la capacidad fotosintética y aceleran el deterioro del forraje (Cayambe, 2023)

2.2.9. Fertilizante

Los fertilizantes son insumos de origen natural o sintético empleados para suplir los nutrientes esenciales que requieren las plantas para su adecuado crecimiento y desarrollo. Su aplicación es clave para mantener la fertilidad del suelo y optimizar la productividad agrícola, especialmente en sistemas intensivos donde la extracción continúa de nutrientes agota rápidamente las reservas edáficas (Ballesteros, 2013).

2.2.9.1. Fertilizantes químicos

Los fertilizantes químicos, también denominados minerales o sintéticos, son productos obtenidos mediante procesos industriales y altamente disponibles para las plantas. Su principal característica es la alta solubilidad y la rápida asimilación de los nutrientes que aportan, lo que los convierte en herramientas eficaces para corregir deficiencias específicas en los suelos. A diferencia de los abonos orgánicos, estos insumos no provienen de materia biológica, sino de reacciones químicas controladas que permiten formular productos con concentraciones precisas de macro y micronutrientes (Navarro, 2023).

2.2.9.2. Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos son insumos de origen biológico derivados de la descomposición de materia vegetal, mineral o microbianos, como estiércol, compost, abonos verdes o residuos agrícolas. Estos productos aportan nutrientes esenciales especialmente nitrógeno(N), fósforo(P) y potasio(K), así como materia orgánica que mejora la estructura del suelo, favorece la retención de humedad y promueve la actividad microbiana. A diferencia de los fertilizantes sintéticos, su liberación de nutrientes es gradual, lo que reduce las pérdidas de lixiviación y mitiga el impacto ambiental (Sousa, 2024).

2.2.9.3. Fertilizantes edáficos

Los fertilizantes de tráfico son aquellos que se aplican directamente en el suelo para corregir diferencias en nutrientes y mejorar su fertilidad, facilitando que las plantas absorban mejor los elementos necesarios para su crecimiento. Estos fertilizantes actúan modificando la composición química, física y biológica del suelo. Pueden ser de origen mineral (químico) o natural (orgánico), aportando nutrientes claves como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros elementos en menor cantidad (Sousa, 2024).

2.2.9.4. Fertilización foliar

La fertilización foliar se aplica directamente sobre la hoja de las plantas mediante pulverizaciones, con el objetivo de entregar nutrientes de forma rápida y eficaz. A diferencia de los fertilizantes que se aplican directamente al suelo, estos productos permiten que las plantas absorban los nutrientes a través de la superficie foliar, incluyendo la cutícula y las estomas. Esta vía resulta especialmente beneficiosa cuando las raíces presentan dificultades para absorber ciertos elementos o cuando se necesita una respuesta inmediata (Sousa, 2024).

2.2.9.5. Biol Bovino

El biol es un fertilizante líquido de origen orgánico obtenido mediante un proceso anaeróbico de fermentación de materia orgánica, particularmente del estiércol animal, a través del uso de biodigestores. Su empleo permite valorizar residuos agropecuarios, transformándolos en una fuente rica en nutrientes esenciales para las plantas (Peralta, 2024).

Entre sus principales propiedades se destaca la presencia de fitohormonas naturales, como auxinas, giberelina y citoquinina, que promueven procesos fisiológicos claves, tales como el desarrollo radicular, la innovación celular, la floración y la formación de frutos. Asimismo, incorpora microorganismos beneficiosos que incrementan la actividad biológica del suelo, mejorando la absorción de nutrientes y fortaleciendo la sanidad vegetal (Peralta, 2024).

Desde el punto de vista nutricional, el biol derivado del estiércol bovino contiene una proporción equilibrada de macro y micronutrientes, incluyendo nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), así como elementos tales como hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu), los cual intervienen en funciones vitales como la fotosíntesis, la estructura celular y la productividad del cultivo (Peralta, 2024).

Tabla 6. Contenido nutricional del biol bovino

| Componentes | Unidad | Cantidad estimada |
|----------------------------|---------------|--------------------------|
| Sólidos totales | % | 4,8 – 6,2 |
| Materia orgánica | % | 30 – 42 |
| Fibra | % | 18 – 24 |
| Nitrógeno total (N) | % | 1,4 – 2,1 |
| Fósforo disponible (P) | % | 0,18 – 0,25 |
| Potasio soluble (K) | % | 1,2 – 1,7 |
| Calcio (Ca) | % | 0,15 – 0,25 |
| Magnesio (Mg) | % | 0,12 – 0,19 |
| Azufre (S) | % | 0,1 – 0,3 |
| Ácido Indolacético | ng/g | 10 – 15 |
| Giberelinas | ng/g | 8 – 11 |
| Purinas | ng/g | 8,5 – 10 |
| Tiamina (B1) | ng/g | 170 – 200 |
| Riboflavina (B2) | ng/g | 80 – 95 |
| Piridoxina (B6) | ng/g | 30 – 35 |
| Ácido nicotínico (niacina) | ng/g | 9 – 12 |
| Ácido fólico | ng/g | 13 – 16 |
| Cisteína | ng/g | 8 – 10 |

Fuente: (Peralta, 2024)

2.2.9.6. Vermicompost

El compost es un fertilizante orgánico sólido que se obtiene a través de un proceso biológico controlado de descomposición aeróbica de residuos orgánicos, tanto de origen vegetal como animal. Esta técnica, denominada compostaje transforma materiales como estiércoles, restos de cultivos, hojas secas y residuos domésticos biodegradables en una enmienda orgánica estable y unificada, apreciada por su capacidad de mejorar la fertilidad del suelo (Mantuano, 2023).

La calidad del compostaje final depende de factores como la proporción carbono/nitrógeno (C/N) de los insumos, la temperatura alcanzada, la aireación, la humedad y el tiempo de maduración. Cuando se elabora adecuadamente puede aportar

cerca de 1 % de nitrógeno, 0.8 % de fósforo y hasta 1.5 % de potasio, nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal (Mantuano, 2023).

En términos orgánicos, el compost favorece la porosidad y capacidad de retención hídrica del suelo, además de estimular la actividad microbiana beneficiosa. Se emplean ampliamente en la elaboración de sustratos para almácigos, también se aplica directamente al campo, ya sea de manera superficial o en surcos, su incorporación al suelo debe realizarse a poca profundidad (no más de 15 cm), para mantener la actividad aeróbica y favorecer la interacción de la rizosfera (Mantuano, 2023).

Tabla 7. Contenido nutricional del vermicompost

| Componentes | Valores medios |
|-----------------------|-----------------------|
| Ph | 7 – 7,5 |
| Materia orgánica | 50 – 60% |
| Nitrógeno | 45 – 55% |
| Fósforo | 2 – 3% |
| Potasio | 1 – 1,5% |
| Calcio | 2,70 – 4,8% |
| Magnesio | 0,3 – 0,81% |
| Hierro disponible | 75 mg/kg |
| Cobre | 89 mg/kg |
| Zinc | 125 mg/kg |
| Manganeso | 455 mg/kg |
| Boro | 57,8 mg/kg |
| Carbono Orgánico | 20 – 35% |
| Relación C/N | 9 – 12% |
| Ácidos Húmicos | 5 – 7% |
| Ácidos Fúlvicos | 9 – 3% |
| Hongos | 1500 c/g |
| Levaduras | 10 c/g |
| Actinomicetos totales | 170000,000 c/g |
| Act. Quitinasa | 100 c/g |
| Bacterias aeróbicas | 460000,000 c/g |
| Bact. Anaeróbicas | 450000 c/g |
| Relación aer/anaerob. | 1 – 1000 |
| Conductividad | Desde 3 a 4 mmhos/cm |

Fuente: (Mantuano, 2023)

III. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El enfoque metodológico aplicado en esta investigación es de tipo cuantitativo, mediante el cual se analizaron variables como la altura de la mezcla forrajera, el rendimiento de materia verde, la materia seca, el contenido de sólidos solubles (°Brix) y los parámetros bromatológicos relacionados con el valor nutricional del forraje, con el fin de realizar los respectivos análisis estadísticos.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación se enmarcó en el enfoque experimental, dado que se analizarán los efectos derivados de la aplicación de dosis de biol bovino más vermicompost en mezcla forrajera. Para ello, se llevó a cabo un ensayo de campo estructurado bajo un diseño de bloques completamente al azar.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis afirmativa (Ha)

Ha: La aplicación de biestimulante + enmienda orgánica influye en la producción de biomasa de la mezcla forrajera

Hipótesis nula (H0)

Ho: La aplicación de biestimulante + enmienda orgánica no influye en la producción de biomasa de la mezcla forrajera

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Variable independiente

Aplicación de dosis de bioestimulante + emienda orgánica.

Operacionalización de las variables

Rendimiento de las mezclas forrajeras ya implantadas.

3.3.2. Operacionalización de las variables

Tabla 8. Operacionalización de las variables

| VARIABLE | DIMENSIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | INSTRUMENTOS |
|---|---|---|---|---|
| Variable Independiente | | | | |
| Aplicación de bioestimulantes con enmiendas orgánicas | Fórmulas combinadas de Biol bovino y vermicompost | <p>Tratamiento 1: Biol 100% + Vermicompost 25%</p> <p>Tratamiento 2: Biol 75% + Vermicompost 50%</p> <p>Tratamiento 3: Biol 50% + Vermicompost 75%</p> <p>Tratamiento 4: Biol 25% + Vermicompost 100%</p> <p>Frecuencia de aplicación de Biol: días 1, 24, 47, 70 y 93 ddc.</p> <p>Vermicompost: solo el día 1 en todas las dosificaciones.</p> | <p>Aplicación de fertilizante foliar</p> <p>Aplicación edáfica directa al suelo</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Bomba de motor - Herramientas de campo |
| Variable Dependiente | | | | |
| Rendimiento de la mezcla forrajera | Altura de mezcla forrajera | -Medición de la altura en cm durante los 5 cortes programados cada 23 días. | Observación directa | <ul style="list-style-type: none"> - Cuadrante de 0,25 m x 0,25 m - Flexómetro - Libreta de campo - Bolígrafo |
| | Producción de materia verde | -Peso fresco de forraje en g por cada 0,25 m ² utilizando cuadrante durante los 5 cortes programados cada 23 días. | Muestreo con cuadrante | <ul style="list-style-type: none"> - Cuadrante de 0,5 m x 0,5 m - Hoz - Fundas plásticas - Balanza |
| | Porcentaje de materia seca | -Evaluación del contenido seco mediante plato medidor de forraje durante los 5 cortes programados cada 23 días. | Observación técnica | <ul style="list-style-type: none"> - Plato medidor de forraje - Libreta de campo - Bolígrafo |
| | Grados Brix | -Análisis del contenido de azúcares solubles mediante la extracción de savia durante los 5 cortes programados cada 23 días. | Observación directa | <ul style="list-style-type: none"> - Refractómetro (Brixómetro) |

| | | | |
|------------------------|--|-------------------------|---|
| Análisis económico | -Estimación del costo por tratamiento. Relación costo-beneficio de cada unidad de biomasa producida. | Análisis financiero | - Excel - Hoja de cálculo - Registro de insumos y costos |
| Análisis bromatológico | -Contenido de proteína cruda, fibra (FDN, FDA), cenizas, grasa, ELN | Análisis de laboratorio | - Muestras de biomasa (materia verde) |

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en las instalaciones del centro experimental San Francisco, pertenecientes a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Ubicado en el cantón San Pedro de Huaca, en la provincia del Carchi, Ecuador. Este centro se encuentra a una altura aproximada de 2945 m sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas cercanas a 00°38'29' de longitud norte y 77°43'35'' de longitud oeste. El cantón presenta una temperatura promedio anual de 12.5°C y una humedad relativa media de 82% (Peña C. J., 2018).



Figura 1. Ubicación geográfica
Fuente: (Google maps, 2025)

3.4.2. Fase de campo

La investigación se llevó a cabo en área de 3328 m², previamente establecido en una mezcla forrajera. Inicialmente, se realizó un muestreo del suelo con el fin de efectuar un análisis que permita orientar adecuadamente el manejo orgánico. Para iniciar el ensayo, se ejecutó un corte de igualación, dejando una cobertura residual de 5 cm. Posteriormente, el área fue dividida en 16 unidades experimentales. Cada una de estas se identificó mediante señalización con letreros que indicaban los tratamientos y sus respectivas repeticiones. Una vez demarcadas las parcelas, se procedió a aplicar la fertilización conforme al diseño experimental.

3.4.3. Tratamientos y diseño experimental

La investigación consta de 4 tratamientos que constan de los siguientes:

Tabla 9. Tratamientos

| Tratamientos | Dosis | Frecuencia |
|--------------|---|---|
| T1 | Biol 100% biol bovino (4.16 litros) + 25% vermicompost (1.3 qq) | Biol: 1,24, 47 ,70 y 93 días Vermicompost: 1 día |
| T2 | Biol 75% biol bovino (3.64 litros) + 50% vermicompost (2.6 qq) | Biol: 1,24, 47 ,70 y 93 días Vermicompost: 1 día |
| T3 | Biol 50% biol bovino (3.12 litros) + 75% vermicompost (3.9 qq) | Biol: 1,24, 47 ,70 y 93 días Vermicompost: 1 día |
| T4 | Biol 25% biol bovino (2.4 litros) + 100% vermicompost (5.2 qq) | Biol: 1,24, 47 ,70 y 93 días Vermicompost: 1 día |

3.4.4. Características del diseño experimental

Para el desarrollo del estudio se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), estructurado bajo un arreglo factorial de (6.12 x 34) es decir 208 m². Se estableció cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, conformado un total de 16 unidades experimentales. En cada unidad se realizó cinco cortes para determinar altura de mezcla forrajera, materia verde, materia seca, grados °Brix y en el último corte se obtuvo muertas para realizar un análisis bromatológico.

Tabla 10. Diseño experimental

| DBCA | Dimensiones |
|----------------------------|--|
| Tratamientos | 4 |
| Repeticiones | 4 |
| Unidades experimentales | 16 |
| Área unidad experimental | 208 m ² |
| Área total del experimento | (6.12 m x 34 m) 3328 m ² |

3.4.5. Distribución y características del experimento

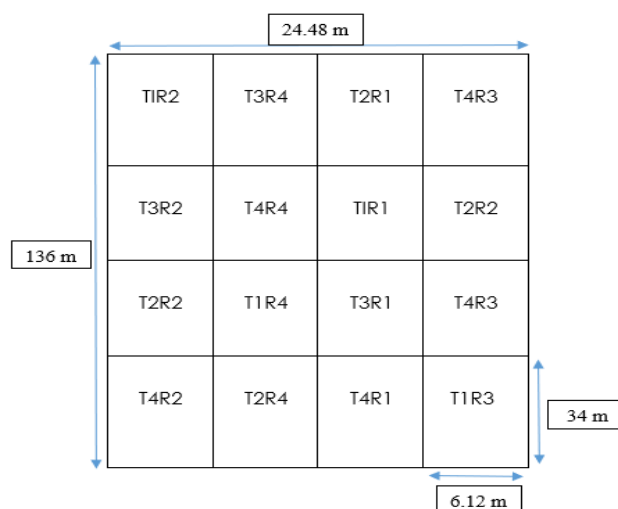


Figura 2. Distribución del experimento

3.5. Toma de datos

3.5.1. Altura de planta

La medición de la altura de la mezcla forrajera se llevó a cabo a los 23, 46, 69, 92 y 115 días, es decir al finalizar cada corto con duración de 23 días por corte, en cada uno de estos intervalos, se realizó un corte de igualación, seguido de la aplicación correspondiente de los tratamientos. Para el registro de datos, se seleccionó al azar con ayuda del cuadrante 6 áreas por parcela, considerando diferentes posiciones dentro de la unidad experimental (superior, medio e inferior). Se midió utilizando una regla métrica, desde la base de la planta hasta el punto intermedio de altura de la mezcla forrajera.

3.5.2. Método del cuadrante

Para estimar la biomasa o capacidad productiva de los potreros, se utilizó el método del cuadrante, considerado un método directo de evaluación, ya que permite cuantificar de manera precisa la producción de forraje mediante la recolección y pesada del material vegetal presente en una superficie definida (Hodgson, 1990; Aguirre *et al.*, 2011).

Se empleó un marco de 0.5 m x 0.5 m, equivalente a 0.25 m², el cual fue lanzado aleatoriamente sobre cada parcela experimental con el fin de evitar sesgos en el muestreo (Brown, 2005). En cada unidad experimental se recolectaron seis muestras de forraje, representativas del área total.

Una vez delimitada el área de muestreo, se procedió al corte del material vegetal contenido dentro del cuadrante, dejando una reserva de 5 cm de altura sobre el nivel del suelo para no afectar la regeneración del pasto (CIAT, 2007). El forraje recolectado fue introducido en fundas plásticas identificadas y pesado en campo utilizando una balanza digital portátil, con el objetivo de determinar el peso fresco o biomasa verde. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para continuar con los análisis correspondientes.

El rendimiento se calcula en kilogramos por metro cuadrado y luego se extrapoló a hectáreas utilizando la fórmula:

$$\text{Rendimiento (kg*ha}^{-1}\text{)} = \text{Peso promedio (kg/m}^2\text{)} \times 10000 \text{ m}^2$$

Cada muestra fue depositada en una funda plástica idéntica y pesada individualmente. Posteriormente, se sumaron los valores obtenidos y se dividieron entre el número total de muestras para obtener un promedio, el cual fue multiplicado por 10000 con el fin de estimar la producción de biomasa por hectárea.

3.5.3. Producción de materia verde

La evaluación de rendimiento de materia verde se llevó a cabo cuando el pasto alcanzó la etapa óptima para su aprovechamiento, correspondiente el desarrollo de 2, 5 a 3 hojas verdaderas. Para ello, se utilizó un muestreo sistémico en patrón de zigzag, aplicando un cuadrante de 0.25 m² comunidad de recolección. En cada parcela experimental se identificó 6 muestra, sobre las cuales se efectuó el corte de forraje de una altura de 5 cm desde la superficie del suelo. Posteriormente, se registró el peso de biomasa obtenida, calculando así el rendimiento por tratamiento (Peña J. M., 2009).

3.5.4. Parámetros para obtener la materia verde

La estimación del peso de materia verde por hectárea (kg*ha⁻¹) se obtiene multiplicando el valor del peso de la materia verde expresado en kilogramos por metro cuadrado (Kg m²) por 10000.

$$\text{(kg*ha}^{-1}\text{)} = \text{(PMV (Kg m}^2\text{))} \times 10,000$$

Donde:

- PMV (kg*ha⁻¹): Peso total de materia verde por hectárea expresado en kilogramos.

- PMV (Kg m²): peso específico de materia verde por unidad de superficie, expresado en kilogramos por metro cuadrado

3.5.5. Plato medidor de forraje

La determinación de materia seca (MS) se realizó mediante el uso del plato medidor de forraje, una herramienta no destructiva de estimación directa ampliamente aceptada en la evaluación de biomasa en sistemas pastoriles. Esta metodología se fundamenta en la correlación entre el grado de comprensión de él forraje (midiendo en unidades de desplazamiento o clicks) y el contenido de materia seca por área (Pérez, 2017).

Para su implementación, se empleó un plato medidor de forraje, se trata de un eje central con escala graduada. El procedimiento consiste en posicionar el dispositivo sobre el pasto de manera vertical y dejarlo caer libremente, registrando el número de divisiones desplazadas como indicativo de la densidad del forraje. Las lecturas se realizan en múltiples puntos distribuidos alrededor dentro de cada unidad de experimentar, con el fin de calcular un valor promedio representativo de cada tratamiento (Pérez, 2017).

3.5.6. Parámetros para obtener la materia seca

Antes de iniciar las evaluaciones, se puso a cero el contador superior del plato medidor de forraje (n = 0000) para garantizar lecturas precisas desde el inicio. Durante el aforo, se registraron los valores iniciales (X₁) y final (X₂) mediante el contador ubicado en la parte inferior del equipo. Las mediciones se distribuyeron aleatoriamente en el terreno siguiendo un patrón en zigzag, con el fin de cubrir de manera representativa toda el área del experimento. Finalmente, se dejó una altura residual de 5 cm, equivalente a 10 "clicks" del dispositivo, con el propósito de favorecer el rebrote del forraje.

Cálculo de materia seca:

$$MS \text{ (kg*ha}^{-1}\text{)} = [(X_2 - X_1) / n] - 10 \times 100$$

Donde:

- X₁ = valor inicial del contador
- X₂ = valor final del contador
- n = número de mediciones

- 10 = valor correspondiente a la altura residual de 5 cm
- 100 = factor de conversión a kg *ha⁻¹

3.5.7. Grados Brix

Los grados Brix constituyen un indicador indirecto de la calidad nutricional del pasto. El replicar el contenido de azúcares solubles presentes en la savia, como glucosa fructuosa y sacarosa. Valores elevados de brix en los pastos están asociados con una mayor palatabilidad, mejor digestibilidad y mayor aporte energético para los rumiantes, lo cual favorece tanto la fermentación luminal como el rendimiento productivo del ganado. Esta medición se realiza con un fotómetro (brixómetro) manual que analiza la savia extraída de las hojas y tallo, siendo más precisa durante las horas de mayor radiación solar, cuando la concentración de azúcar alcanza su punto máximo por efecto de la fotosíntesis.

3.5.8. Análisis bromatológico

En el quinto corte correspondiente a los 115 días, se recolectaron muestras de 5 kg por cada uno de los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4). Estas fueron enviadas al laboratorio con el propósito de realizar un análisis bromatológico, a fin de determinar su composición nutricional. El estudio permitió identificar, en términos porcentuales, parámetros como el contenido de humedad, ceniza, lípidos (extracto etéreo), proteína bruta, fibra cruda y compuestos libres nitrógeno.

3.5.9. Análisis costo – beneficio

Al finalizar el experimento, a los 115 días posteriores al quinto corte, se realizó un análisis económico de costo-beneficio, expresado en dólares estadounidenses. Este análisis incluyó una evaluación detallada del rendimiento productivo obtenido por cada tratamiento, los ingresos generados por la comercialización del forraje, así como los costos asociados a la aplicación de cada uno de los tratamientos durante el desarrollo del cultivo.

3.5.10. Correlación de Spearman para Brix y análisis bromatológico

Tabla 11. Interpretación de Correlación de Spearman para Brix y análisis bromatológico

| Valor de ρ (rho) | Interpretación |
|-------------------------|---------------------------------|
| 0.00 a ± 0.10 | Correlación despreciable o nula |
| ± 0.11 a ± 0.30 | Correlación débil |
| ± 0.31 a ± 0.50 | Correlación moderada |
| ± 0.51 a ± 0.70 | Correlación fuerte |
| ± 0.71 a ± 0.90 | Correlación muy fuerte |
| ± 0.91 a ± 1.00 | Correlación casi perfecta |

Fuente: (Dancey y Reidy, 2017)

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La investigación se llevó a cabo empleando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), compuesto por 4 tratamientos y 4 repeticiones, sumando un total de 16 unidades experimentales. El procesamiento estadístico se efectuó mediante el software R Studio. Para cada variable analizada, se evaluaron los supuestos de normalidad utilizando la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett. En aquellos casos donde se cumplieron ambos criterios, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de determinar diferencias estadísticas entre bloques, tratamientos y su posible interacción. Finalmente, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad para establecer las diferencias entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Del procesamiento de los datos se derivaron los siguientes resultados

4.1.1. Altura de las plantas de mezcla forrajera

El análisis de varianza mostró que, en el primer corte, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para la altura, con un promedio de 17,85 cm y un coeficiente de variación del 7,06 %. Sin embargo, en el segundo corte se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor $<0,05$) en donde el tratamiento T2 se destacó sobre los otros con un valor de 16,23 cm. En el corte tres, cuarto y quinto se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor $<0,05$) en donde el mejor tratamiento es el T3 con una media de 16.41 cm, 16.77 cm, 17.0 cm respectivamente. Los coeficientes de variación por corte fueron de 7.06 %, 6.69 %, 5.50 %, 8.46 % y 9.73 % respectivamente, mostrando valores aceptables para investigaciones en campo.

Además, en la Tabla 12, según la prueba de Tukey al 5 % aplicada a la variable altura de planta en la mezcla forrajera, se presentan cinco cortes realizados a los 23, 46, 69, 92 y 115 días, respectivamente. En el primer corte, no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos. En cuanto al segundo corte, realizado a los 46 días, los tratamientos T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) y T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) no difirieron significativamente. Del mismo modo, los tratamientos T3 y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost) tampoco presentaron diferencias entre sí. No obstante, entre los tratamientos T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) y T1 (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) sí se observó una diferencia significativa.

Por otra parte, a los 69 días en el tercer corte los tratamientos T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T1 (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) no presentan diferencia significativa, de igual forma sucede entre los tratamientos T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) y T4 (25 % biol bovino + 100 % de vermicompost) aunque, entre el tratamiento T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost) si presentan diferencias significativas.

Además, en los días 92 y 115, en el cuarto y quinto corte los tratamientos T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost) no

presentan diferencias significativas, de igual manera, entre los tratamientos T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) y T1 (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) no existe significancia. Aunque, para el tratamiento T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) difiere de T1 (100 % biol Bovino + 25 % vermicompost).

Tabla 12. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a variable de altura de planta en (cm) por corte y tratamientos.

| Corte | Tratamiento | Altura M.F (cm) | | |
|---------------------|-------------|-----------------|---|----------|
| | | Cm | ANOVA | Tukey 5% |
| Corte 1 23 días | T1 | 18.34 | p-valor: 0.0650 ns Media: 17.85 cm C.V.: 7.06 % | A |
| | T2 | 18.33 | | A |
| | T4 | 17.76 | | A |
| | T3 | 17.72 | | A |
| Corte 2 46 días | T2 | 17.44 | p-valor: 0.0144 * Media: 16. 23 cm C.V.: 5.6.69 % | A |
| | T3 | 16.61 | | AB |
| | T1 | 16.32 | | B |
| | T4 | 15.87 | | B |
| Corte 3 69 días | T3 | 17.25 | p-valor: 0.0391 * Media: 16.41 cm C.V.: 5.50 % | A |
| | T2 | 16.74 | | AB |
| | T1 | 16.63 | | AB |
| | T4 | 16.53 | | B |
| Corte 4 92 días | T3 | 17.89 | p-valor: 0.0117 * Media: 16.77 cm C.V.: 8.46 % | A |
| | T2 | 16.84 | | AB |
| | T4 | 16.78 | | AB |
| | T1 | 16.50 | | B |
| Corte 5 115 días | T3 | 18.11 | p valor: 0.0040 ** Media: 17.01 cm C.V.: 9.73 % | A |
| | T2 | 17.40 | | AB |
| | T4 | 16.80 | | AB |
| | T1 | 16.51 | | B |

Leyenda: T1= (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) T2= (75 % biol bovino + 50 % vermicompost), T3= (50 % biol bovino+ 75 % vermicompost), T4= (25 % biol bovino+ 100 % vermicompost).

Los resultados obtenidos con el tratamiento T3 en cuanto a la altura de la mezcla forrajera son consistente con los hallazgos de Rodríguez *et al.* (2016) quienes demostraron que la aplicación conjunta de compost y biol favorecen en crecimiento morfológico de *Beta Vulgaris L.var, cicla*, especialmente en parámetros como la altura de plantas y la cantidad de hojas emitidas. Este efecto positivo se contribuye a la mejora de la disponibilidad de nutrientes esenciales y al estímulo de la actividad microbiana en el suelo, lo cual optimiza la absorción de elementos como nitrógeno y potasio.

Estos resultados coinciden con lo reportado por López y Bermúdez (2015), quienes señalaron que en cultivos de *Brachiaria brizantha*, la incorporación de vermicompost en combinación con biol bovino, en proporciones del 50 % y 75 % respectivamente, junto con un volumen adecuado de sustrato, promovió un incremento significativo en la altura de las plantas y en la acumulación de biomasa aérea. Lo anterior resalta la eficacia de los abonos orgánicos, como el vermicompost y el biol, en la mejora del rendimiento forrajero, debido a su impacto positivo sobre el desarrollo estructural de las plantas.

4.1.2. Materia Verde

El análisis de varianza mostró que, en el primer corte, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos para la producción de materia verde, con un promedio de 6500 kg*ha⁻¹ y un coeficiente de variación del 11,08 %. En el segundo, tercer, cuarto y quinto corte se encontraron diferencias significativas (p-valor<0.05), donde el tratamiento T3 fue el más sobresaliente con medias de 5533 kg*ha⁻¹, 5418 kg*ha⁻¹, 5220 kg*ha⁻¹ y 5312 kg*ha⁻¹, respectivamente. Los coeficientes de variación para cada corte fueron de 11.08 %, 14.60 %, 12.04 %, 10.75 % y 15.33 %, lo que indica una variabilidad aceptable para ensayos en condiciones de campo.

En la Tabla 13, según la prueba de Tukey al 5 % para la variable de materia verde, se presentan cinco cortes de mezcla forrajera. A los 23 días no existe diferencia significativa entre tratamientos. Con respecto a los 46 días, los tratamientos T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T1 (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) no muestran diferencias significativas; de igual forma, los tratamientos T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost) no presentan significancia. Sin embargo, el tratamiento T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) sí difiere del tratamiento T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost).

De igual manera, a los 69 días, los tratamientos T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) no difieren significativamente. Asimismo, los tratamientos T2 y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost) no presentan significancia. Sin embargo, entre los tratamientos T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost), sí existe diferencia significativa.

Por último, a los 92 y 115 días, los tratamientos T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) y T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) no presentan diferencias

significativas; de igual forma que los tratamientos T2 y T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost). Sin embargo, sí se evidenció una diferencia significativa entre el tratamiento T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost), y T1 (100 % biol bovino + 25 % vermicompost).

Tabla 13. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a variable de materia verde en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ por corte y tratamientos.

| Materia Verde $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | | | | |
|--|-------------|--------------------------------|--|----------|
| Corte | Tratamiento | $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | ANOVA | Tukey 5% |
| Corte 1 23 días | T1 | 6899.75 | p-valor: 0.762 ns Media: 6500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 11.08% | A |
| | T3 | 6643.25 | | A |
| | T2 | 6583.00 | | A |
| | T4 | 6341.25 | | A |
| Corte 2 46 días | T3 | 6183.00 | p-valor: 0.0039 ** Media: 5533 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 14.60 % | A |
| | T2 | 5499.75 | | AB |
| | T1 | 5491.50 | | AB |
| | T4 | 5033.00 | | B |
| Corte 3 69 días | T3 | 5774.75 | p-valor: 0.0022 ** Media: 5418 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 12.04 % | A |
| | T2 | 5574.00 | | AB |
| | T1 | 4916.25 | | B |
| | T4 | 4783.00 | | B |
| Corte 4 92 días | T3 | 5899.50 | p-valor: 0.0003 *** Media: 5220 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 10.75 % | A |
| | T2 | 5407.75 | | AB |
| | T4 | 4949.75 | | BC |
| | T1 | 4935.00 | | C |
| Corte 5 115 días | T3 | 5991.50 | p-valor: 0.0002 *** Media: 5312 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 15.33 % | A |
| | T2 | 5466.50 | | AB |
| | T4 | 5283.00 | | BC |
| | T1 | 4932.75 | | C |

Leyenda: T1= (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) T2= (75 % biol bovino + 50 % vermicompost), T3= (50 % biol bovino+ 75 % vermicompost), T4= (25 % biol bovino+ 100 % vermicompost).

Los resultados obtenidos con el tratamiento T3 en la variable de materia verde concuerda con la investigación de Oviedo (2018), quien menciona que el uso combinado de biol y vermicompost en proporciones equilibradas potencia la producción de biomasa en maíz forrajero, atribuido a la mejora en la disponibilidad de nutrientes y a la estimulación microbiana del suelo. Además, quienes demostraron que dosis intermedias de biol y altas de compost generan mayor acumulación de biomasa en maíz forrajero, debido a una liberación continua y equilibrada de nutrientes, ideal para cultivos de corte sucesivo como las mezclas forrajeras.

La tendencia se mantiene a los 115 días, con T3 como el tratamiento más productivo, alcanzando hasta 5991,50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en los cortes finales. Estos datos confirman lo

expuesto por Medina *et al.* (2021) en cultivos de alfalfa, donde las mejores respuestas vegetativas y de rendimiento se asociaron al uso conjunto de biol y compost, destacando el aporte complementario de nutrientes de rápida y lenta liberación. Además, los resultados concuerdan con lo reportado por Chambi (2019) en su tesis sobre ray grass en Puno, donde combinaciones similares de biol bovino y vermicompost promovieron un mayor crecimiento foliar y acumulación de materia verde, atribuido al efecto sinérgico entre los nutrientes de rápida acción del biol bovino (como el nitrógeno) y la capacidad del vermicompost para liberar lentamente nutrientes esenciales como fósforo, calcio y potasio, además de mejorar la retención de humedad.

4.1.3. Materia seca

El análisis de varianza mostró que, en el primer corte, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para la producción de materia seca, con un promedio de 1466 kg*ha⁻¹ y un coeficiente de variación del 9.82 %. Sin embargo, en el segundo, tercero, cuarto y quinto corte se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor<0.05), donde el tratamiento T3 se destacó sobre los demás con valores de 1321 kg*ha⁻¹, 1064 kg*ha⁻¹, 1076 kg*ha⁻¹, 1162 kg*ha⁻¹, respectivamente. Los coeficientes de variación por corte fueron de 9.82 %, 13.88 %, 9.06 %, 9.87 % y 10.50 %, lo cual refleja una variabilidad adecuada para condiciones experimentales en campo.

Además, en la Tabla 14, según la prueba de Tukey al 5 % para la variable en materia seca, se presentan cinco cortes realizados a los 23, 46, 69, 92 y 115 días, respectivamente. En cada uno de los cortes, se tomaron cinco datos a partir del octavo día; por ello, se presenta la tabulación correspondiente al último corte de cada período.

A los 23 días, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. En cuanto a los 46 días, los tratamientos T3 (50 % biol + 75 % vermicompost) y T2 (75 % biol + 50 % vermicompost) no mostraron diferencias significativas; por otra parte, tampoco se evidenció significancia entre los tratamientos T1 (100 % biol + 25 % vermicompost) y T4. Sin embargo, entre T3 y T4, sí se presentaron diferencias estadísticamente significativas.

De forma similar, a los 69, 92 y 115 días, los tratamientos T3 (50 % biol + 75 % vermicompost) y T2 (75 % biol + 50 % vermicompost) no mostraron diferencias significativas. Del mismo modo, los tratamientos T2 y T4 no presentaron significancia

entre sí. No obstante, el tratamiento T3 (50 % biol + 75 % vermicompost), mostró diferencias significativas en comparación con T1 (100 % biol + 25 % vermicompost).

Tabla 14. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a variable de materia seca en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ por corte y tratamientos.

| Materia Seca $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | | | | |
|---|-------------|--------------------------------|---|----------|
| Corte | Tratamiento | $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ | ANOVA | Tukey 5% |
| Corte 1 23 días | T1 | 1509.70 | p-valor: 0.1443 ns media: 1466 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 9.82 % | A |
| | T3 | 1500.77 | | A |
| | T2 | 1416.40 | | A |
| | T4 | 1365.95 | | A |
| Corte 2 46 días | T3 | 1495.20 | p-valor: 0.0140 ** media: 1321 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 13.88 % | A |
| | T2 | 1331.97 | | AB |
| | T1 | 1283.17 | | B |
| | T4 | 1261.92 | | B |
| Corte 3 69 días | T3 | 1229.42 | p-valor: 0.0192 * media: 1064 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 9.06 % | A |
| | T2 | 1082.97 | | AB |
| | T4 | 1015.00 | | B |
| | T1 | 981.000 | | B |
| Corte 4 92 días | T3 | 1232.96 | p-valor: 0.0151 * media: 1076 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 9.87 % | A |
| | T2 | 1104.55 | | AB |
| | T4 | 1003.90 | | B |
| | T1 | 958.51 | | B |
| Corte 5 115 días | T3 | 1294.75 | p-valor: 0.0198 * media: 1162 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ C.V.: 10.50 % | A |
| | T2 | 1131.62 | | AB |
| | T4 | 1109.22 | | B |
| | T1 | 1069.05 | | B |

Leyenda: T1= (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) T2= (75 % biol bovino + 50 % vermicompost), T3= (50 % biol bovino+ 75 % vermicompost), T4= (25 % biol bovino+ 100 % vermicompost).

Los resultados obtenidos con el tratamiento T3 en la variable de materia seca concuerda con la investigación de Mamani (2018) en maíz chala, donde tratamientos similares potenciaron la acumulación de biomasa seca debido a una mejora en la actividad microbiana del suelo y en la eficiencia fisiológica del cultivo. También, Cusi (2017), quien reportó que la combinación balanceada de biol y vermicompost permite una disponibilidad sostenida de nutrientes, lo cual es crucial en sistemas de corte múltiple, donde la extracción de nutrientes del suelo es constante y elevada.

Esta superioridad puede atribuirse a la complementariedad sinérgica entre biol y vermicompost. El biol, al ser un biofertilizante líquido, proporciona una rápida disponibilidad de nutrientes solubles, mientras que el vermicompost actúa como fuente de nutrientes de liberación lenta, además de mejorar la retención de agua y

la estructura del suelo, como lo indica Ramos *et al.*, (2021) en estudios realizados sobre cebada forrajera. En cultivos como el maíz forrajero, Huamaní (2021) también menciona que tratamientos con 60–70 % de vermicompost y 30–40 % de biol generaron los mayores rendimientos de biomasa fresca. Esto se debe a la acción conjunta sobre la estructura del suelo, aireación y el fortalecimiento del sistema radicular, lo cual permite una mayor eficiencia en la captación de agua y nutrientes.

4.1.4. Grados Brix

El análisis estadístico indicó que, en el primer, segundo, tercero, cuarto y quinto corte, se identificó diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a los grados Brix (p -valor <0.05), con una media general de 5.50 °Bx, 5.50 °Bx, 6.00 °Bx, 6.0 °Bx y 5.75 °Bx, respectivamente a cada corte y con coeficientes de variación del 13.51 %, 14.51 %, 14.16 %, 16.49 % y 13.20 %, lo que demuestra una variabilidad aceptable en condiciones experimentales.

En la Tabla 15, según la prueba de Tukey al 5 % para la variable grados Brix a los 23 y 46 días, los tratamientos T3 (50 % biol + 75 % vermicompost) y T2 (75 % biol + 50 % vermicompost) no muestran diferencias significativas. Además, los tratamientos T2 (75 % biol + 50 % vermicompost) y T4 (25 % biol + 100 % vermicompost) tampoco presentaron significancia. Sin embargo, sí difieren del tratamiento T3 (50 % biol + 75 % vermicompost), que obtuvo medias de 7.0 % en ambos cortes, y del T4 (25 % biol + 100 % vermicompost).

De igual forma, a los 69, 92 y 116 días después de la aplicación, los tratamientos T3 (50 % biol + 75 % vermicompost) y T2 (75 % biol + 50 % vermicompost) continuaron sin mostrar diferencias estadísticas. Asimismo, los tratamientos T2 y T1 (100 % biol + 25 % vermicompost) no difirieron entre sí. No obstante, el tratamiento T3 (50 % biol + 75 % vermicompost) registró los mejores resultados.

Tabla 15. ANOVA y prueba de Tukey al 5 % respecto a Grados °Brix (°Bx) por corte y tratamientos.

| Grados Brix (°Bx) | | | | |
|---------------------|-------------|------|---|----------|
| Corte | Tratamiento | °Bx | ANOVA | Tukey 5% |
| Corte 1 23 días | T3 | 7.0 | p-valor: 0.0145 * media: 5.50 °Bx C.V.: 13.51 % | A |
| | T2 | 6.5 | | AB |
| | T1 | 5.5 | | B |
| | T4 | 4.0 | | B |
| Corte 2 46 días | T3 | 7.0 | p-valor: 0.0342 * media: 5.50 °Bx C.V.: 14.51 % | A |
| | T2 | 5.75 | | AB |
| | T1 | 5.25 | | B |
| | T4 | 4.20 | | B |
| Corte 3 69 días | T3 | 7.25 | p-valor: 0.0038 ** media: 6.00 °Bx C.V.: 14.16 % | A |
| | T2 | 6.50 | | AB |
| | T1 | 5.25 | | B |
| | T4 | 3.75 | | C |
| Corte 4 92 días | T3 | 7.0 | p-valor: 0.0003 *** media: 6.00°Bx C.V.: 16.49 % | A |
| | T2 | 6.75 | | AB |
| | T1 | 5.00 | | B |
| | T4 | 3.25 | | C |
| Corte 5 115 días | T3 | 7.0 | p-valor: 0.0002 *** media: 5.75 °Bx C.V.: 13.20 % | A |
| | T2 | 6.5 | | AB |
| | T1 | 5.5 | | B |
| | T4 | 4.0 | | C |

Leyenda: T1= (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) T2= (75 % biol bovino + 50 % vermicompost), T3= (50 % biol bovino+ 75 % vermicompost), T4= (25 % biol bovino+ 100 % vermicompost).

Los mejores resultados en la variable de grados Brix fueron parecidos a los reportados por Aupas (2023), lo cual se atribuye a la correlación entre los grados Brix y la digestibilidad. Esto explica por qué el tratamiento T3 mantuvo valores óptimos (7.0%), comparables a los 10–14° Brix observados en fresas tratadas con biol. Además, Ramos (2024) señaló que los grados Brix aumentan significativamente en plantas forrajeras cuando se utiliza fertilización orgánica mixta, especialmente en tratamientos con alta concentración de materia orgánica unificada, como el vermicompost. Este incremento se atribuye a la mejora en la disponibilidad de nutrientes, en especial del potasio, calcio y magnesio, elementos clave en la síntesis y acumulación de azúcares solubles en las plantas. Además, el vermicompost contribuye a mejorar la actividad microbiana del suelo y la estructura edáfica, factores que favorecen la absorción eficiente de agua y nutrientes, optimizando así el metabolismo vegetal. Como resultado, las plantas forrajeras no solo incrementan su valor nutricional, sino también su palatabilidad y eficiencia en la conversión alimenticia para el ganado.

4.1.5. Análisis Bromatológico

En la Tabla 16 el análisis estadístico mostró que, para el contenido de humedad, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor <0.05), con una media general de 83.30 % y un coeficiente de variación (C.V.) de 10.09 %. En este análisis, el tratamiento T2 presentó el mayor valor con 84.00 %, mientras que T1 registró el valor más bajo con 82.51 %.

En cuanto al contenido de ceniza y extracto etéreo, no se observó diferencia significativa (p -valor <0.05), con media de 13.00 %, 2.50 % y C.V. de 12.21 %, 6.79%, respectivamente y los tratamientos no presentaron significancia.

Por otro lado, el contenido de proteína presentó diferencias significativas (p -valor <0.05), con una media general de 19.00 % y un C.V. de 12.82 %, destacando el tratamiento T4 con 22.26 % y los tratamientos T2 y T3 con los valores más bajos, próximos a 16.65 %.

El análisis de fibra mostró diferencias significativas (p -valor <0.05), con una media de 24.00 % y un C.V. de 6.69 %, en donde el tratamiento T3 registró el mayor porcentaje con 25.16 %, y T1 y T4 los valores más bajos, por debajo de 24 %.

Finalmente, el extracto libre de nitrógeno (E.L.N.) también mostró diferencias significativas (p -valor <0.05), con una media de 42.00 % y un C.V. de 9.88 %, destacando el tratamiento T2 con el valor más alto de 44.16 %, y el tratamiento T4 con el más bajo de 39.24 %

Tabla 16. ANOVA y prueba de Tukey al 5% respecto a análisis bromatológico por corte y tratamientos.

| Análisis bromatológico | | | | |
|------------------------|-------------|-----------|--|----------|
| Análisis | Tratamiento | Datos (%) | ANOVA | Tukey 5% |
| HUMEDAD | T2 | 84.00 | p-valor: 0.0004 *** media: 83.30 % C.V.: 10.09 % | A |
| | T3 | 83.85 | | AB |
| | T4 | 83.11 | | B |
| | T1 | 82.51 | | C |
| CENIZAS | T3 | 12.84 | p-valor: 0.740 ns media: 13.00 % C.V.: 12.21 % | A |
| | T4 | 12.81 | | A |
| | T1 | 12.66 | | A |
| | T2 | 12.24 | | A |
| EXTRACTO ETÉREO (EE) | T4 | 2.70 | p-valor: 0.166 ns media: 2.50 % C.V.: 6.79 % | A |
| | T2 | 2.62 | | A |
| | T3 | 2.60 | | A |
| | T1 | 2.20 | | A |
| PROTEÍNA | T4 | 22.26 | p-valor: 0.0367 * media: 19.00 % C.V.: 12.82 % | A |
| | T1 | 19.29 | | AB |
| | T2 | 16.66 | | B |
| | T3 | 16.65 | | B |
| FIBRA | T3 | 25.16 | p-valor: 0.0354 * media: 24.00 % C.V.: 6.69 % | A |
| | T2 | 24.33 | | AB |
| | T1 | 23.94 | | B |
| | T4 | 23.07 | | B |
| E.L.N. | T2 | 44.16 | p-valor: 0.0137 * media: 42.00 % C.V.: 9.88 % | A |
| | T3 | 43.15 | | AB |
| | T1 | 41.50 | | B |
| | T4 | 39.24 | | B |

Leyenda: T1= (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) T2= (75 % biol bovino + 50 % vermicompost), T3= (50 % biol bovino+ 75 % vermicompost), T4= (25 % biol bovino+ 100 % vermicompost).

En el presente estudio, se observó que los tratamientos y T2 presentaron los valores más altos de humedad. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos. Esta mayor retención hídrica podría atribuirse a la mejora de la estructura física del sustrato y a la alta capacidad del vermicompost para retener agua, así como a la presencia de compuestos húmicos en el biol que facilitan la absorción hídrica por parte de las plantas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Rodríguez Guerra *et al.*, (2016), quienes encontraron que la combinación de compost y biol incrementó significativamente la retención de humedad en *Beta vulgaris* L. var. *cicla*.

En cuanto al contenido de proteína, el tratamiento T4 registró el valor más alto, lo que sugiere que una mayor proporción de vermicompost favorece la síntesis de proteínas

en las plantas. Este efecto podría deberse al aporte de nitrógeno orgánico de liberación lenta y a otros nutrientes esenciales presentes en el vermicompost. En esta línea, Torres-García *et al.*, (2024) demostraron que la aplicación de lixiviados de vermicompost en cultivos como maíz, algodón y maní en la provincia de Manabí, Ecuador, incrementó de forma significativa el contenido proteico en los tejidos vegetales, respaldando así los hallazgos del presente estudio.

Respecto al contenido de fibra, los tratamientos T3 alcanzo el valor más alto, con 25.16 %, respectivamente, siendo significativamente superiores a los tratamientos T1 y T4. Esta diferencia puede explicarse por un equilibrio nutricional adecuado, el cual estimula el desarrollo de tejidos estructurales como el parénquima y los vasos conductores. Llivicura *et al.*, (2023) reportaron que la aplicación de vermicompost y sus lixiviados mejoró el desarrollo estructural de plántulas en suelos sódicos, lo que podría correlacionarse con un incremento en el contenido de fibra en tejidos vegetales.

Finalmente, el trataminto T2 también registraron los mayores niveles de elementos libres de nitrógeno (E.L.N.). Este incremento sugiere un mayor contenido de carbohidratos solubles y otras reservas energéticas, elementos clave en la eficiencia fotosintética y el metabolismo energético. Torres *et al.*, (2024) también observaron que el uso de bioestimulantes basados en lixiviados de vermicompost promovió una mayor longitud de planta, mayor contenido de clorofila y rendimientos comparables o superiores a los obtenidos mediante fertilización química con NPK. Esto refuerza la hipótesis de que el vermicompost, además de mejorar la disponibilidad de nutrientes, potencia funciones fisiológicas que podrían estar directamente relacionadas con un mayor contenido de E.L.N. en las plantas.

4.1.6. Costo Beneficio

A continuación, se presenta el análisis económico correspondiente a los cuatro tratamientos evaluados, detallando el costo total de producción de la mezcla forrajera por hectárea, el rendimiento estimado de materia seca a los 365 días después de la aplicación (ddc), el costo de producción por kilogramo de materia seca, el precio de venta por kilogramo, la producción total, la utilidad obtenida y la relación costo-beneficio.

El tratamiento T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) evidenció la mayor eficiencia económica en la producción de materia seca anual, alcanzando una relación

beneficio/costo de 3,43, lo que representa el mayor retorno económico por cada dólar invertido. Este tratamiento generó una utilidad neta de 1134,32 USD/ha, con un costo de producción por kilogramo de materia seca de 0.21 USD y una producción total estimada de 17958,32 kg*ha⁻¹ a los 365 días. Estos resultados reflejan un balance óptimo entre inversión, rendimiento productivo y rentabilidad, consolidando a T2 como la alternativa más rentable dentro del enfoque agroecológico evaluado.

Tabla 17. Costo-beneficio

| Tratamiento | Costo-beneficio Anual | | | | | | |
|--|--|--|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Costo total de Producción de mezcla forrajera (USD/ha) | Rendimiento estimado de Ms al corte a partir de los 365 días (Kg/ha) | Costo producción Kg de MS.(USD.) | Precio de venta (USD) por kg de Ms | Venta total de la producción en kg/ha | Utilidad USD/ha | Costo Beneficio |
| T1 (100 % biol bovino + 25 % vermicompost) | 3869 | 16965,36 | 0,22 | 0,29 | 5089,60 | 1220,60 | 3,17 |
| T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) | 3894 | 17958,32 | 0,21 | 0,27 | 5028,32 | 1134,32 | 3,43 |
| T3 (50 % biol bovino + 75 % vermicompost) | 3919 | 20547,12 | 0,19 | 0,25 | 5136,78 | 1217,78 | 3,22 |
| T4 (25 % biol bovino + 100 % vermicompost) | 3944 | 17602,84 | 0,22 | 0,29 | 5150,84 | 1206,84 | 3,27 |

4.1.7. Correlación de Brix y análisis bromatológico

La tabla muestra las correlaciones entre grados Brix y diferentes componentes bromatológicos. Se observa una correlación positiva fuerte con humedad ($r = 0.59$) y una positiva moderada con ceniza ($r = 0.39$). La proteína presenta una correlación negativa casi perfecta ($r = -0.98$), mientras que la fibra tiene una correlación positiva casi perfecta ($r = 0.98$). El extracto libre de nitrógeno (ELN) muestra una correlación positiva muy fuerte ($r = 0.78$), y el extracto etéreo (EE) presenta una correlación negativa moderada ($r = -0.39$) con los grados Brix.

Tabla 18. Correlación de Spearman para Brix y análisis bromatológico

| Variable | T1 | T2 | T3 | T4 | ρ (Spearman) | Tipo de correlación | Interpretación técnica detallada |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|------------------------|--|
| Grados Brix (°Bx) | 5.0 | 4.8 | 7.0 | 6.2 | — | — | Tratamientos con mayor °Brix: T3 y T4; menor: T2. |
| Humedad (%) | 82.52 | 84.00 | 83.10 | 83.53 | 0.59 | Positiva fuerte | Los tratamientos con mayor °Brix (T3 y T4) también presentan alto contenido de humedad, indicando que tejidos con más azúcares solubles retienen más agua. |
| Cenizas (%) | 12.66 | 12.23 | 12.84 | 12.81 | 0.39 | Positiva moderada | T3 y T4, con mayores °Brix, muestran también valores más altos de cenizas. Esto sugiere ligera asociación entre minerales totales y concentración de azúcares. |
| Proteína (%) | 19.29 | 16.66 | 16.65 | 22.25 | -0.98 | Negativa casi perfecta | T3 (°Brix más alto) tiene la menor proteína. La fuerte relación inversa evidencia que, a mayor contenido de azúcares, disminuye la fracción nitrogenada. |
| Fibra (%) | 23.94 | 24.33 | 25.15 | 23.00 | 0.98 | Positiva casi perfecta | T3, con el mayor °Brix, también tiene el mayor contenido de fibra, reflejando madurez avanzada o mayor lignificación junto al aumento de azúcares. |
| ELN (%) | 41.51 | 44.17 | 43.14 | 39.24 | 0.78 | Positiva muy fuerte | El ELN representa azúcares no estructurales. Su relación fuerte con °Brix indica que ambos reflejan la carga energética de la biomasa vegetal. |
| Extracto Etéreo (%) | 2.60 | 2.62 | 2.21 | 2.70 | -0.39 | Negativa moderada | Aunque las diferencias son leves, T3 con mayor °Brix tiene menor EE, lo que sugiere una ligera compensación metabólica entre carbohidratos y lípidos. |

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El tratamiento T3, correspondiente a la combinación de (50 % de biol bovino + 75 % de vermicompost), evidenció el mejor desempeño productivo en materia verde, registrando rendimientos de 5533 kg*ha⁻¹, 5418 kg*ha⁻¹, 5220 kg*ha⁻¹ y 5312 kg*ha⁻¹ en el segundo, tercer, cuarto y quinto corte, respectivamente. Asimismo, este tratamiento se consolidó como el más eficiente en la producción de materia.

El tratamiento T3 destacó por sus altos rendimientos en producción como se lo evidencio en la primera conclusión, además, se obtuvo los mejores análisis bromatológicos. Específicamente, la combinación de (50 % de biol bovino + 75 % de vermicompost) alcanzó un contenido de humedad del 83.85 %, un valor de ceniza del 12.84 %, extracto etéreo (E.E.) de 2.60 %, proteína del 16.65 %, fibra cruda del 25.16 % y elementos libres de nitrógeno (E.L.N.) del 43.15 %.

Todos los tratamientos son excelentes, presentaron costos beneficios positivos, sin embargo, el tratamiento T2 (75 % biol bovino + 50 % vermicompost) presenta la mayor eficiencia económica en la producción de materia seca anual, alcanzando una relación beneficio/costo de 3.43 USD por cada dólar invertido.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomiendo la implementación de bioestimulantes y enmiendas orgánicas como nuevas alternativas de producción en mezclas forrajeras.

Es aconsejable realizar un monitoreo continuo de la fertilidad del suelo y el desarrollo de las especies forrajeras, con el fin de ajustar las dosis de bioestimulante y enmienda orgánica de acuerdo con las condiciones específicas de cada lote y ciclo productivo.

Recomiendo seguir con la investigación en mezclas forrajeras, para que se poder lograr a través del tiempo precisar las dosificaciones de los bioinsumos y obtener producciones optimas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, J. M. (2011). Técnicas de evaluación de pasturas. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Aupas, N. A. (2023). "Evaluación de tres bioinsumos, enriquecidos con micorrizas en el cultivo de fresa (*Fragaria sp*) variedad Albión en la finca San Francisco, cantón Huaca. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI*, 64.
- Ballesteros, V. M. (2013). EVALUACIÓN DE LA BIOMASA Y CONTENIDO NUTRICIONAL DEL PASTO TETRALITE (*Lolium hybridum*) CON LA APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE MINERAL (Fossil shell agro). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA*, 109.
- Blanco, R. J. (2022). DEGRADACIÓN DE PASTURAS Y CARGA ANIMAL, UNA ANALOGÍA DEL ANALFABETISMO GANADERO. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 17.
- Brown, D. (2005). Grassland monitoring for pasture management. *FAO*.
- Cabezas, M. V. (2018). "LA FERTILIZACION ORGÁNICO-MINERAL UNA ALTERNATIVA EN LA. *REVISTA CARIBEÑA DE CIENCIAS SOCIALES*, 25.
- Cando, B. L. (2024). Análisis del Impacto Económico del Sector Ganadero en la Region Sierra - Ecuador, en los últimos 5 años (2017 - 2021). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALECIANA SEDE CUENCA*, 31.
- Carlosama, P. D. (2018). "EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE ABONOS VERDES EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS DE LA PARROQUIA BOLÍVAR – CANTÓN BOLÍVAR. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*, 28.
- Cayambe, J. (2023). Estimación de emisiones de CO₂ y recomendaciones de manejo en fincas ganaderas de los Andes de Ecuador. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. Imbabura, Ibarra, Ecuador,. Universidad Estatal de Quevedo. Los Ríos, Quevedo, Ecuador*.
- Chambi, R. (2019). Efecto del biol bovino y vermicompost en el crecimiento y producción de materia verde en ray grass (*Dactylis glomerata*) en la región de Puno. *Universidad Nacional del Altiplano, Puno*.
- Coral, E. M. (2020). Características cualitativas de la degradación del suelo y su impacto económico en la agricultura familiar de la parroquia rural Fernández Salvador, Carchi. *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR*, 92.

- Cusi, M. (2017). Efecto del uso combinado de biol y vermicompost en el rendimiento de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en sistemas de corte múltipl. *Universidad Nacional del Altiplano*.
- Dancey, C. P., & Reidy, J. (2017). *Statistics without maths for psychology: Using SPSS for Windows* (7th ed.). Pearson Education.
- Delgado, C. A. (2013). Evaluación del efecto de las actividades agrícolas y. *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*, 23.
- FAO. (03 de Septiembre de 2018). *Buenas prácticas ganaderas impulsan la economía de pequeños productores en Ecuador*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/es/c/1151391/>
- García, J. A. (1995). VARIEDADES DE TRÉBOL BLANCO. *INIA*.
- Google maps. (17 de 06 de 2025). *Google maps*. Obtenido de Google maps: https://www.google.com/maps/d/edit?hl=es&mid=1szK5KfY9NeDko_M9KvdDTLUiGsHOkFI&ll=0.618904255226808%2C-77.75146660619761&z=19
- Gutiérrez, L. A. (2023). Efecto sinérgico de la aplicación de biofertilizante y fertilizante nitrogenado en pasturas. *Pastos y Forrajes vol.46 Matanzas*, 25.
- Hernández, M. E. (2022). Análisis de crecimiento estacional de una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *inifap*, <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i1.5187>.
- Hernández, R. G. (2022). COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCCIÓN DEL LLANTÉN (*Plantago lanceolata* L.), CON DOS TIPOS DE FERTILIZANTES PARA CONSUMO ANIMAL, EN IBARRA-IMBABURA. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL*, 74.
- Hodgson, J. (. (1990). *Grazing management: Science into practice*. *Longman Scientific & Technical*.
- Huamaní, J. (2021). Aplicación de vermicompost y biol en diferentes proporciones en el cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y su efecto en el rendimiento de biomasa. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Leon, R. -B.-G. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador/Siembra y producción de pasturas*. Quito-Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Llivicura, M. R. (2021). Influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de hortalizas en un suelo sódico. *Journal of Science and Research: Ciencia e Investigación*, 6(2), 12-?
- Mamani, R. (2018). Influencia del biol y vermicompost en la producción de biomasa seca en maíz chala (*Zea mays* L.). *Universidad Mayor de San Andrés*.
- Mantuano, -M. M.-G. (2023). Efecto de la aplicación de vermicompost en el comportamiento agronómico de diversos cultivos. *Biotempo*, 12.



- Medina, A. Q. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. Universidad Nacional Agraria La Molina. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-.
- Navarro, G. G. (2023). *Fertilizantes. Química y acción*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Ochoa, P. S. (2023). Valor energético del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) para la producción de leche en el trópico de altura. *Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.*, 13.
- ópez Álava, L. L. (2015). Respuesta agroproductiva de tres áreas de producción de la ESPAM MFL a la aplicación de vermicompost. *Espam-Calceta*.
- ORTIZ, P. Y. (2025). INFLUENCIA DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DEL LLANTÉN FORRAJERO (*PLANTAGO LANCEOLATA L.*). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*.
- Oviedo Angarita, J. F. (2021). Efecto de la aplicación foliar de biol de estiércol bovino en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) híbrido. *Acta Agronómica*,. *Acta Agronómica*, 72(4), 353-360.
- Peña, C. J. (2018). PLANIFICACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE LA FINCA EXPERIMENTAL SAN FRANCISCO SITUADA EN LA PROVINCIA DEL CARCHI ECUADOR. *TIERRA INFINITA, ciencia y biodiversidad* , 21.
- Peña, J. M. (2009). Métodos para la estimación de la productividad de pastos y forrajes. *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay*.
- Peralta, A. V. (2024). Revisión bibliográfica del efecto de la adición de estiércol bovino en la producción agrícola. *ConcienciaDigital*, 87-102.
- PÉREZ, A. M. (2017). COMPARACIÓN DEL MÉTODO DEL PLATO MEDIDOR DE LA ALTURA PARACIÓN DEL MÉTODO DEL PLATO MEDIDOR DE LA ALTURA DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA EN PRADERAS SOBRE LOS TRES MIL METROS DE . *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR*, 73.
- Pinela, C. D. (2025). Fortalecimiento de la Ganadería Ecuatoriana: Manejo Sostenible de Pastos, Forrajes y Sistemas Silvopastoriles para un Futuro Resiliente. *Universidad de Guayaquil. REVISTA LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES* , 13.
- Pozo. (2018). *Uso Eficiente de Fertilizantes en Pasturas*. Turrialba, C.R: Tecnología Agropecuaria de Costa Rica.
- Quimis, I. C. (2024). Uso de fertilizantes químicos y su efecto en la degradación de suelos en cultivos de maíz en la finca del Peso de la parroquia El Anegado 2024. *UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL* , 85.
- Ramos, A. G. (2021). Efecto del biol y vermicompost sobre características edáficas y rendimiento de cebada forrajera. *Revista de Agroecología y Producción Sustentable*, 15(2), 45–56.

- Ramos, M. J. (2024). MANEJO ECOLÓGICO DEL PASTO AZUL MEDIANTE LA FERTILIZACIÓN A BASE DE UN BIOL EN LA HACIENDA MONTE CARMELO. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*.
- Reta, G. S. (2018). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 7-14., scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a7.pdf.
- Roca, A. &. (2018). Los forrajes verdes en la alimentación del ganado. Papel de las gramíneas y las leguminosas. Universidad de Santiago de Compostela. Obtenido de Los forrajes verdes en la alimentación del ganado. Papel de las gramíneas y las leguminosas. *Universidad de Santiago de Compostela*, 82.
- Rodríguez Guerra Yoel. Alemán Pérez Reinaldo Demesio. Domínguez Brito Javier. Soria Re Sandra. Hiram Hernández Ramos¹, C. S. (2016). Efecto de dos abonos orgánicos (compost y biol) sobre el desarrollo morfológico de *Beta vulgaris* L. var. cicla bajo condiciones de invernadero. *Universidad Estatal Amazónica, UEA, Puyo - Ecuador*, 17.
- Rodríguez Guerra, Y. A. (2016). Efecto de dos abonos orgánicos (compost y biol) sobre el desarrollo morfológico de *Beta vulgaris* L. var. cicla bajo condiciones de invernadero. *evista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 5(2), 103–117.
- Sousa, V. U.-V.-H.-C. (2024). Los fertilizantes orgánicos disminuyen dos plagas en col forrajera en comparación con el fertilizante sintético. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15.
- Torres Pincay, J. M. (2024). Efecto de bioestimulantes a base de lixiviados de vermicompost sobre el crecimiento y eficiencia fisiológica en cultivos agrícolas comparado con fertilización NPK. *Memorias de la II Convención Científica de la Universidad Técnica de Manabí*, 85–92.
- Torres-García, A. (2024). Aplicación de lixiviados de vermicompost en cultivos de maíz, algodón y maní en Manabí, Ecuador: efectos sobre contenido proteico y crecimiento vegetativo. *Revista de Agrocalidad Ecuador*.
- Tropical), C. (. (2007). Metodología para la evaluación de forrajes tropicales. *CIAT Publicaciones*.
- Vargas, V. C. (2011). Evaluación de Diferentes Dosis de Enmiendas Humicas en la Producción Primaria de Forraje del *Lolium perenne* (RYE GRASS). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 83.
- Viloria, F. M. (01 de Junio de 2020). *pastos de pastoreo de clima frio*. Obtenido de Patos y forrajes: <https://infopastosyforrajes.com/leguminosas-de-clima-frio/trebol-blanco-trifolium-repens/>
- Viloria, F. M. (10 de marzo de 2020). *pastos y forrajes*. Obtenido de info pastos y forrajes.com.: [com/leguminosas-de-pastoreo-de-clima-frio/pasto-ray-grass-ingles-lolium-perenne/#Referencias](https://infopastosyforrajes.com/leguminosas-de-pastoreo-de-clima-frio/pasto-ray-grass-ingles-lolium-perenne/#Referencias)

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

0000090


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI


FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

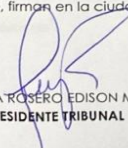
| | |
|--|--|
| ESTUDIANTE: VILLOTA RIVERA JOSÉ LUIS | CÉDULA DE IDENTIDAD: 0402054415 |
| ACADÉMICO: 2025A | |
| PRESENTE TRIBUNAL: MSC. IBARRA ROSERO EDISON MARCELO | DOCENTE TUTOR: PHD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL |
| PRESENTE: PHD. HERNÁN RIGOBERTO BENAVIDES ROSALES | |
| EL TIC: "Evaluación de dosis de bioestimulante más una enmienda orgánica en mezclas forrajeras en el Centro Experimental San Francisco, UPEC, Huaca, Carchi, Ecuador" | |

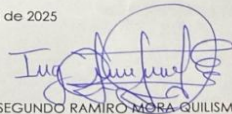
| CATEGORÍA | Evaluación cuantitativa | OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES |
|---|-------------------------|---|
| PROBLEMA - OBJETIVOS | 7,00 | Argumentar mejor el problema |
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 7,00 | La fundamentación teórica debe estar relacionada con las variables en estudio |
| METODOLOGÍA | 7,00 | Incluir todos los pasos realizados en el experimento |
| RESULTADOS | 7,00 | Los resultados deben ser acorde a los objetivos |
| DISCUSIÓN | 7,00 | Mejorar la discusión |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 7,00 | Las conclusiones y recomendaciones deben nacer de los resultados de investigación |
| DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL | 7,00 | |
| FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN | 7,00 | Corregir, citación, signos de puntuación y ortografía |

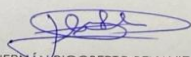
obteniendo una nota de: **7,00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para poder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación de la pre-defensa.

En constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **martes, 24 de junio de 2025**


 MSC. IBARRA ROSERO EDISON MARCELO
PRESIDENTE TRIBUNAL


 PHD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL
DOCENTE TUTOR


 PHD. HERNÁN RIGOBERTO BENAVIDES ROSALES
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

| ABSTRACT- EVALUATION SHEET | | | | |
|---|--|---|--|---|
| NAME: José Luis Villota Rivera | | | | |
| DATE: Jueves, 3 de julio de 2025 | | | | |
| Topic: "Evaluación de dosis de bioestimulante más una enmienda orgánica en mezclas forrajeras en el Centro Experimental San Francisco, UPEC, Huaca, Carchi, Ecuador" | | | | |
| MARKS AWARDED | | QUANTITATIVE AND QUALITATIVE | | |
| VOCABULARY AND WORD USE | Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic | Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic | Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic | Limited vocabulary and inadequate words related to the topic |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| WRITING COHESION | Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs. | Adequate progression of ideas and supporting paragraphs. | Some progression of ideas and supporting paragraphs. | Inadequate ideas and supporting paragraphs. |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| ARGUMENT | The message has been communicated very well and identify the type of text | The message has been communicated appropriately and identify the type of text | Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing | The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| CREATIVITY | Outstanding flow of ideas and events | Good flow of ideas and events | Average flow of ideas and events | Poor flow of ideas and events |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| SCIENTIFIC SUSTAINABILITY | Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement | Minor errors when supporting the thesis statement | Some errors when supporting the thesis statement | Lots of errors when supporting the thesis statement |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| TOTAL/AVERAGE | 9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED | | TOTAL 9 | |



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: José Luis Villota Rivera

Fecha de recepción del abstract: Jueves, 3 de julio de 2025

Fecha de entrega del informe: Jueves, 3 de julio de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Docente responsable del
CIDEN

Anexo 3. Análisis Bromatológico

| | | | |
|---|--|---|---|
|  | <p style="text-align: center;">INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p> |  | <p style="text-align: center;">MC-LSAIA-2201 Rev. 9</p> |
|---|--|---|---|

INFORME DE ENSAYO N°:24-0086

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Sr. JOSE VILLOTA
****DIRECCIÓN:** TUCAN / GARCHI
FECHA DE EMISIÓN: 08/08/2024
FECHA DE ANÁLISIS: 29 de julio al 08 de agosto de
ANÁLISIS SOLICITADOS: Proximal

****INSTITUCIÓN:** PARTICULAR
****ATENCIÓN:** Sr. JOSE VILLOTA
FECHA DE RECEPCIÓN: 29/07/2024
HORA DE RECEPCIÓN: 10:48


RESULTADOS DE ANÁLISIS

| ANÁLISIS | **TIPO DE MUESTRA | CÓDIGO DE LA MUESTRA | MÉTODO INTERNO | MÉTODO DE REFERENCIA | RESULTADO | UNIDAD |
|--------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------|----------------------|-----------|--------|
| HUMEDAD | Pastos T1 | 24-0475 | MO-LSAIA-01.01 | U. FLORIDA 1970 | 82,52 | % |
| CENIZAS ^Ω | Pastos T1 | 24-0475 | MO-LSAIA-01.02 | U. FLORIDA 1970 | 12,66 | % |
| EXTRACTO ETÉREO (EE) ^Ω | Pastos T1 | 24-0475 | MO-LSAIA-01.03 | U. FLORIDA 1970 | 2,60 | % |
| PROTEÍNA ^Ω | Pastos T1 | 24-0475 | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970 | 19,29 | % |
| FIBRA ^Ω | Pastos T1 | 24-0475 | MO-LSAIA-01.05 | U. FLORIDA 1970 | 23,94 | % |
| ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N. | Pastos T1 | 24-0475 | MO-LSAIA-01.06 | U. FLORIDA 1970 | 41,51 | % |
| HUMEDAD | Pastos T2 | 24-0476 | MO-LSAIA-01.01 | U. FLORIDA 1970 | 84,00 | % |
| CENIZAS ^Ω | Pastos T2 | 24-0476 | MO-LSAIA-01.02 | U. FLORIDA 1970 | 12,23 | % |
| EXTRACTO ETÉREO (EE) ^Ω | Pastos T2 | 24-0476 | MO-LSAIA-01.03 | U. FLORIDA 1970 | 2,62 | % |
| PROTEÍNA ^Ω | Pastos T2 | 24-0476 | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970 | 16,66 | % |
| FIBRA ^Ω | Pastos T2 | 24-0476 | MO-LSAIA-01.05 | U. FLORIDA 1970 | 24,33 | % |
| ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N. | Pastos T2 | 24-0476 | MO-LSAIA-01.06 | U. FLORIDA 1970 | 44,17 | % |
| HUMEDAD | Pastos T3 | 24-0477 | MO-LSAIA-01.01 | U. FLORIDA 1970 | 83,10 | % |
| CENIZAS ^Ω | Pastos T3 | 24-0477 | MO-LSAIA-01.02 | U. FLORIDA 1970 | 12,84 | % |
| EXTRACTO ETÉREO (EE) ^Ω | Pastos T3 | 24-0477 | MO-LSAIA-01.03 | U. FLORIDA 1970 | 2,21 | % |
| PROTEÍNA ^Ω | Pastos T3 | 24-0477 | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970 | 16,65 | % |
| FIBRA ^Ω | Pastos T3 | 24-0477 | MO-LSAIA-01.05 | U. FLORIDA 1970 | 25,15 | % |
| ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N. | Pastos T3 | 24-0477 | MO-LSAIA-01.06 | U. FLORIDA 1970 | 43,14 | % |

Página 1 de 2


| ANÁLISIS | **TIPO DE MUESTRA | CÓDIGO DE LA MUESTRA | MÉTODO INTERNO | MÉTODO DE REFERENCIA | RESULTADO | UNIDAD |
|--------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------|----------------------|-----------|--------|
| HUMEDAD | Pastos T4 | 24-0478 | MO-LSAIA-01.01 | U. FLORIDA 1970 | 83,53 | % |
| CENIZAS ^Ω | Pastos T4 | 24-0478 | MO-LSAIA-01.02 | U. FLORIDA 1970 | 12,81 | % |
| EXTRACTO ETÉREO (EE) ^Ω | Pastos T4 | 24-0478 | MO-LSAIA-01.03 | U. FLORIDA 1970 | 2,70 | % |
| PROTEÍNA ^Ω | Pastos T4 | 24-0478 | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970 | 22,25 | % |
| FIBRA ^Ω | Pastos T4 | 24-0478 | MO-LSAIA-01.05 | U. FLORIDA 1970 | 23,00 | % |
| ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N. | Pastos T4 | 24-0478 | MO-LSAIA-01.06 | U. FLORIDA 1970 | 39,24 | % |

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

| RESPONSABLES DEL INFORME | |
|--------------------------|---|
| Nombre | Dr. Iván Samaniego, PhD. |
| Cargo | RESPONSABLE DNC |
| Firma |  IVÁN SAMANIEGO LABORATORIO NACIONAL |
| Fecha | 2024-08-08 |

Página 2 de 2

Anexo 4. Resultados del análisis de suelo previo a la investigación.




LABONORT

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

| REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS | | | |
|-------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------------|
| DATOS DE PROPIETARIO | | DATOS DE LA PROPIEDAD | |
| Nombre: JOSE VILLOTA | | Provincia: Carchi | |
| Ciudad: Huaca | | Cantón: Huaca | |
| Teléfono: 0982160175 | | Parroquia: Huaca | |
| Fax: | | Sitio: Finca UPEC | |
| DATOS DEL LOTE | | DATOS DE LABORATORIO | |
| Sitio: Finca UPEC | | Nro Reporte.: 11820 | |
| Superficie: | | Tipo de Análisis: Completo | |
| Número de Campo: Lote #1 | | Muestra: Suelo lote#1 | |
| Cultivo Actual: Pasto | | Fecha de Ingreso: 2024-03-08 | |
| A Cultivar: | | Fecha de Reporte: 2024-03-13 | |
| Nutriente | Valor | Unidad | INTERPRETACION |
| N | 51.25 | ppm | |
| P | 18.79 | ppm | |
| S | 3.25 | ppm | |
| K | 0.78 | meq/100 ml | |
| Ca | 10.74 | meq/100 ml | |
| Mg | 1.84 | meq/100 ml | |
| Zn | 3.10 | ppm | |
| Cu | 1.41 | ppm | |
| Fe | 336.92 | ppm | |
| Mn | 9.25 | ppm | |
| B | 0.50 | ppm | |
| pH | 5.35 | | |
| Acidez Int. (Al+H) | | meq/100 ml | |
| Al | | meq/100 ml | |
| Na | | meq/100 ml | |
| Ce | 0.210 | mS/cm | |
| MO | 12.36 | % | |
| Ca | Mg | Ca+Mg | (meq/100ml) |
| Mg | K | K | Sum Bases |
| 5.84 | 2.36 | 16.13 | 13.36 |
| | | | NTot |
| | | | CI |
| | | | Arena |
| | | | Limo |
| | | | Arcilla |
| | | | Clase Textural |
| | | | 56.40 |
| | | | 34.20 |
| | | | 9.40 |
| | | | Franco arenoso |

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio



Anexo 5. Análisis de Biol Bovino



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

| | | | |
|------------------------------|--|-------------------------------|--|
| DATOS DE PROPIETARIO | | DATOS DE LA PROPIEDAD | |
| Nombre: JOSE VILLOTA | | Provincia: Carchi | |
| Ciudad: Huaca | | Cantón: Huaca | |
| Teléfono: 0982160175 | | Parroquia: Huaca | |
| Fax: | | Sitio: Finca UPEC | |
| DATOS DEL LOTE | | DATOS DE LABORATORIO | |
| Sitio: Finca UPEC | | Nro Reporte.: 11821 | |
| Superficie: | | Tipo de Análisis: Completo | |
| Número de Campo: BIOL VACUNO | | Muestra: Orgánica, Biol vacun | |
| Cultivo Actual: | | Fecha de Ingreso: 2024-03-08 | |
| A Cultivar: | | Fecha de Reporte: 2024-03-13 | |

| Nutriente | Valor | Unidad | INTERPRETACION |
|---------------------------|--------|------------|----------------|
| N | 446.25 | ppm | |
| P | 56.40 | ppm | |
| S | 247.50 | ppm | |
| K | 27.46 | meq/100 ml | |
| Ca | 10.73 | meq/100 ml | |
| Mg | 9.15 | meq/100 ml | |
| Zn | 14.36 | ppm | |
| Cu | 0.87 | ppm | |
| Fe | 128.22 | ppm | |
| Mn | 19.10 | ppm | |
| B | 1.30 | ppm | |
| pH | 7.61 | | |
| Acidez Int. (Al+H) | | meq/100 ml | |
| Al | | meq/100 ml | |
| Na | | meq/100 ml | |
| Ce | 6.010 | mS/cm | |
| MO | | % | |

| Ca | Mg | Ca+Mg | (meq/100ml) | % | ppm | (%) | Clase Textural | |
|------|------|-------|-------------|------|-----|-------|----------------|---------|
| Mg | K | K | Sum Bases | NTot | Cl | Arena | Limo | Arcilla |
| 1.17 | 0.33 | 0.72 | 47.34 | | | | | |

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio



Anexo 6. Análisis de vermicompost

VERMICOMPOST HUMUS DE LOMBRIZ



Abono orgánico, producto de la descomposición de desechos vegetales y animales, con la ayuda de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Por su alto contenido de minerales, es un abono muy eficaz para alimentar los cultivos.

Componentes:

- materiales vegetales (rastrosos, desperdicios de cocina, materia verde en general)
- estiércol de animales domésticos (vacunos, equinos, porcinos, ovinos, animales menores)

análisis físico químico:

ce (conductividad eléctrica ds/m = 2.6
acidez (ph) = 8.5
materia orgánica (%) = 16.25
relación c/n = 25:1
nitrógeno (%) = 1.3
fosforo(%) = 0.36
potasio(%) = 3.6

Dosis: (5 a 10) t ha⁻¹, en frutales (2 a 4) kg planta⁻¹

Peso Neto = 40 kg

Fecha de elaboración: 08-2022

Fecha de caducidad: 02-2023

Anexo 7. Costo de producción en una hectárea.

| COSTO DE PRODUCCIÓN 1ha/año | | | | |
|---|---------|------------|-------------------|-------------|
| FERTILIZACIÓN DE PASTOS EN UNA MEZCLA FORRAJERA | | | | |
| Provincia: Carchi | | | Cantón: Huaca | |
| Sistema: Semitecnificado | | | Fecha: 14/04/2025 | |
| DETALLES | UNIDAD | CANTIDAD | V.UNIT | V.TOTAL |
| ANÁLISIS DE LABORATORIO | | | | |
| Análisis de suelo | muestra | 1 | \$60.00 | 60 |
| Análisis de abono orgánico | muestra | 1 | \$50.00 | 50 |
| Análisis de biol líquido | muestra | 1 | \$50.00 | 50 |
| SUBTOTAL | | | | 160 |
| MANO DE OBRA | | | | |
| Toma de muestras de suelo | Jornal | 1 | \$12.00 | 12 |
| Aplicaciones de fertilizante (biol) | Jornal | 12 | \$12.00 | 144 |
| Aplicaciones de fertilizante (vermicompost) | Jornal | 24 | \$12.00 | 288 |
| Cortes de Igualación | Tractor | 4 | \$60.00 | 240 |
| SUBTOTAL | | | | 684 |
| FERTILIZANTES | | | | |
| Biol bovino | litro | 800 litros | \$3.00 | 2400 |
| Vermicompost | kg | 20000 kg | \$5.00 | 2500 |
| SUBTOTAL | | | | 4900 |
| SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | 5744 |

Anexo 8. Proceso experimental



Figura 3. Aplicación de vermicompost



Figura 4. Aplicación de biol Bovino



Figura 5. Corte de igualación



Figura 6. Aforo de áreas experimentales



Figura 7. Toma de altura



Figura 8. Muestra de materia verde