

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

CENTRO DE POSGRADO



MAESTRÍA EN AGROPECUARIA

Tema: “Determinación de la calidad de los purines producidos en piscinas de oxidación y su efecto en la producción de pastos”

Trabajo de titulación previa la obtención
del Título de Magister en Agropecuaria

AUTOR: Mejía Meneses Wilmer Vinicio

TUTOR: Msc. David Herrera

Tulcán, 2024

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Wilmer Vinicio Mejía Meneses con el número de cédula 0502711989 ha elaborado el Trabajo de Titulación: “Determinación de la calidad de los purines producidos en piscinas de oxidación y su efecto en la producción de pastos”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Titulación de Postgrado con RESOLUCIÓN N° 150.CSUP- 2020, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva.

f.....

Msc. David Herrera

Tulcán, 1 de abril de 2024

AUTORÍA DEL TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magister en Agropecuaria con mención en Sistemas de Producción de Rumiantes

Yo, Wilmer Vinicio Mejía Meneses, ciudadano ecuatoriano con cédula de identidad número 0502711989 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

Wilmer Vinicio Mejía Meneses

Tulcán, 1 de abril de 2024

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE LA TDT

Yo, Wilmer Vinicio Mejía Meneses declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: “Determinación de la calidad de los purines producidos en piscinas de oxidación y su efecto en la producción de pastos” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Wilmer Vinicio Mejía Meneses

Tulcán, 1 de abril de 2024

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a mi esposa y mis hijos, por su apoyo incondicional y persevero que me ha permitido culminar con éxito una meta más en mi vida profesional, superando dificultades y desafíos que se presentaron a lo largo de esta etapa.

WILMER V. MEJIA M.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por prestarme la vida, brindarme salud y fortaleza para poder terminar con éxito mi proyecto.

También hago extenso este reconocimiento a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por darnos la oportunidad de seguirnos educando, a todos los docentes que impartieron sus conocimientos en este camino de preparación académica, en especial al Msc. David Herrera por guiarme y compartir su asesoría para culminar mi proyecto de investigación.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo y culminación de esta investigación.

WILMER V. MEJIA M

ÍNDICE

PAGINAS PRELIMINARES	
CERTIFICADO DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO.....	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE LA TDT.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Preguntas de investigación, hipótesis.....	3
1.2.1. Preguntas de investigación.....	3
1.2.2. Hipótesis.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Marco teórico.....	7
2.2.1. Purines en la producción lechera.....	7
2.2.2. Piscinas de oxidación en el manejo de purines.....	8
2.2.3. Purines o abono orgánico líquido.....	9
2.2.4. Uso del Purín.....	9
2.2.4.1. Efecto que se logra con el purín.....	9
2.2.4.2. Plan de aplicación de purines como fertilizante.....	10
2.2.5. Pastos y forrajes para ganadería de leche.....	10
2.2.6. Mezcla forrajera.....	11
2.2.6.1. Principales especies de pastos utilizados en mezclas forrajeras.....	11
2.2.6.1.1. Gramíneas.....	11
2.2.6.1.2. Manejo Agroecológico de pastos.....	12

2.2.6.3.	<i>Fertilización orgánica y química de pastos.</i>	13
2.2.7.	Producción de pastos.	13
2.3.	Marco Legal.	15
III.	METODOLOGÍA	17
3.1.	Descripción del área de estudio	17
3.1.1.	<i>Área de estudio.</i>	17
3.1.2.	<i>Ubicación.</i>	17
3.1.3.	<i>Característica de la zona</i>	17
3.2.	Enfoque Metodológico y Tipo de Investigación	17
3.2.1.	<i>Enfoque</i>	17
3.2.2.	<i>Tipo de Investigación</i>	18
3.2.2.1.	<i>Investigación bibliográfica</i>	18
3.2.2.2.	<i>Investigación experimental</i>	18
3.2.2.3.	<i>Investigación aplicada</i>	18
3.3.	Definición y operacionalización de variables	18
3.3.1.	Hipótesis o idea para defender	18
3.3.2.	<i>Definición de las variables.</i>	18
3.3.2.1.	<i>Variables Independientes</i>	18
3.3.2.2.	<i>Variables Dependientes</i>	19
3.3.2.3.	<i>Operacionalización de variables.</i>	20
3.4.	Procedimientos.	21
3.4.1.	<i>Variables.</i>	21
3.4.2.	<i>Análisis Estadístico</i>	23
3.4.2.1.	<i>Factores en estudio.</i>	23
3.4.2.2.	<i>Tratamientos para evaluar.</i>	24
3.4.2.3.	<i>Técnicas</i>	25
3.4.2.4.	<i>Instrumentos de investigación.</i>	26
	<i>Análisis de purines.</i>	26
	<i>Aplicación de fertilizante químico</i>	29
IV.	RESULTADOS	30
4.1.	RESULTADOS	30
4.1.1.	<i>Análisis de los resultados.</i>	30
VI.	DISCUSIÓN	47

6.1. Análisis de la discusión	47
VII. CONCLUSIONES	52
VIII. RECOMENDACIONES	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
X. ANEXOS	59
Anexo A. Análisis de suelo de la parcela de investigación.	59
Anexo B. Análisis foliar de la materia seca del pasto.	60
Anexo C. Registro fotográfico de ensayo.	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores agronomicos del uso eficiente de nutrientes	15
Tabla 2. Operacionalizacion de variables.....	20
Tabla 3. ADEVA A x B + n (3 x 2 + 2).	23
Tabla 4. Contraste de Hipótesis Nula (H0) y Alternativa (HA).	24
Tabla 5. Diseño de tratamientos.....	24
Tabla 6. Resultados parciales del análisis de suelo.	26
Tabla 7. Análisis nutricional de los purines bovinos.	28
Tabla 8. Análisis foliar de la materia seca del pasto.	29
Tabla 9. ADEVA A x B + n (3 x 2 +2) para la variable número de hojas (N°), Tulcán 2021.....	30
Tabla 10. ADEVA A x B + n (3 x 2 +2) para la variable longitud de hojas (cm), Tulcán 2021.....	32
Tabla 11. ADEVA A x B + n (3 x 2 +2) para la variable materia verde o peso fresco (Kg ha ⁻¹), Tulcán 2021.....	34
Tabla 12. ADEVA A x B + n (3 x 2 +2) para la variable materia seca (%), Tulcán 2021.	37
Tabla 13. ADEVA A x B + n (3 x 2 +2) para la variable materia seca (Kg ha ⁻¹), Tulcán 2021.....	38
Tabla 14. Comparativo del contenido de nutrientes de tratamientos con las necesidades minerales de bovinos.	45
Tabla 15. Análisis económico de los tratamientos de la investigación, Tulcán 2021.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del sitio de estudio.....	17
Figura 2 Disposición en campo de los tratamientos.....	25
Figura 3 Flujograma del proceso de obtención de purines en piscinas de oxidación	27
Figura 4 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable número de hojas (N° hojas), Tulcán 2021	31
Figura 5 Variable número de hojas (N° hojas), Tulcán 2021.....	31
Figura 6 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable longitud de hoja (cm), Tulcán 2021	33
Figura 7 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, de los tratamientos adicionales para la variable longitud de hoja (cm), Tulcán 2021	33
Figura 8 Variable longitud de hojas en mm, Tulcán 2021	34
Figura 9 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable cantidad de materia verde (Kg ha ⁻¹), Tulcán 2021	35
Figura 10 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, de los tratamientos adicionales para la variable cantidad de materia verde (Kg ha ⁻¹), Tulcán 2021	36
Figura 11 Cantidad de materia verde (Kg), Tulcán 2021.	36
Figura 12 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable materia seca (%), Tulcán 2021	37
Figura 13 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable cantidad de materia seca (Kg ha ⁻¹), Tulcán 2021.....	38
Figura 14 Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, de los tratamientos adicionales para la variable cantidad de materia seca (Kg ha ⁻¹), Tulcán 2021.....	39
Figura 15 Variable materia seca en Kg.....	39
Figura 16 Índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Nitrógeno (N), Tulcán 2021	40
Figura 17 Índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Fósforo (P), Tulcán 2021	43
Figura 18 Índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Potasio (K), Tulcán 2021.	43
Figura 19 Análisis económico de la rentabilidad (R) los tratamientos de la investigación, Tulcán – 2021.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Análisis de suelo de la parcela de investigación.	59
Anexo B. Análisis foliar de la materia seca del pasto.	60
Anexo C. Registro fotográfico de ensayo.	61

RESUMEN

El sector agropecuario es fundamental en la economía del Ecuador, donde se promueve una ganadería sostenible, por esta razón el propósito de la investigación fue evaluar el efecto de los purines producidos en piscinas de oxidación en producción de pastos en la hacienda “La Primavera”, ubicada en la parroquia de Huaca – Carchi. La metodología fue un diseño experimental, para el análisis de los resultados se dispuso en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + n (3 x 2 + 2) con cuatro repeticiones, el factor A fue dosis (D) de purín bovino con tres niveles (60, 80 y 100 m³ ha⁻¹), el factor B fueron épocas (E) de aplicación con dos niveles [8 y 15 días después del corte (DPC)], con dos tratamientos adicionales un testigo absoluto (ta) sin aplicación y un testigo químico (tq) con aporte de fertilización química en macronutrientes (N,P,K), en un cultivo de pasto ryegras (*Lolium perenne*). Las variables analizadas fueron número de hojas (N°), Largo de hojas (cm), producción de materia fresca (kg ha⁻¹), producción de materia seca (kg ha⁻¹) e índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes (IAEUN), valor nutricional, análisis económico. Los resultados obtenidos fueron que las fuentes de variación que resultaron altamente significativas (< 0.01) en repeticiones (R) que pudo deberse a la variabilidad espacial de las propiedades físico – químicas del suelo. En cuanto al valor nutritivo, se consideró las necesidades minerales bovinas normales y tolerables, donde el tratamiento seis (100 m³ ha⁻¹ +15 días post - corte), se destacó por mantenerse dentro de los rangos aceptables, así mismo, en el análisis económico; dio la rentabilidad más alta entre las interacciones. Conclusiones: el tratamiento seis es el mejor tratamiento, por lo que los purines a dosis de 100 m³ ha⁻¹ +15 días post - corte se convierten en un recurso orgánico importante en el sistema productivo pecuario.

PALABRAS CLAVE: Calidad, Purines, Pastos, Bioinsumo, análisis económico

ABSTRACT

The agricultural sector is fundamental in the economy of Ecuador, where sustainable livestock farming is promoted; for this reason, the purpose of the research was to evaluate the effect of the slurry produced in oxidation pools in the pasture production on the "La Primavera," farm, located in the parish of Huaca - Carchi. The methodology was an experimental design; for the analysis of the results, it was arranged in a randomized complete block design (DBCA) in factorial arrangement A x B + n (3 x 2 + 2) with four repetitions, factor A was dose (D) bovine slurry with three levels (60, 80 and 100 m³ ha⁻¹), factor B were times (E) of application with two levels [8 and 15 days after cutting (DPC)], with two additional treatments an absolute control (ta) without application and chemical control (tq) with chemical fertilization contribution in macronutrients (N, P, K), in a ryegrass grass crop (*Lolium perenniale*). The variables analyzed were the number of leaves (N°), leaf length (cm), fresh matter production (kg ha⁻¹), dry matter production (kg ha⁻¹), and agronomic indices of nutrient use efficiency (IAEUN), nutritional value, and economic analysis. The results obtained were that the sources of variation that were highly significant (< 0.01) in repetitions (R) could be due to the spatial variability of the physical-chemical properties of the soil. Regarding the nutritional value, regular and tolerable bovine mineral needs were considered, where treatment six (100 m³ ha⁻¹ +15 days post-cutting) stood out for remaining within the acceptable ranges; likewise, in the analysis economic, it gave the highest profitability among the interactions. Conclusions: treatment six is the best treatment, so slurry at a dose of 100 m³ ha⁻¹ +15 days post-cutting becomes a vital organic resource in the livestock production system.

KEYWORDS: Quality, Purines, Slurry, Bio inputs, economic analysis.

I. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial el sector pecuario representa más del 50% del PIB agropecuario, además genera empleo para más de mil trescientos millones de personas, y satisface las necesidades de alimento mundial, sin embargo, se estima que dicha actividad genera emisiones directas de gases de efecto invernadero que representan el 11 % de las emisiones mundiales, por su parte el ganado es responsable de los dos tercios de dichas emisiones a través de la fermentación entérica y estiércol, además mantener este sector tiene otras implicaciones como la degradación de la tierra debido a un sobrepastoreo lo que conlleva a uso excesivo de fertilizantes químicos para mantener los pastizales, y la deforestación por extender las áreas de pastizales para mantener al ganado bovino (FAO, 2019).

En América Latina y el Caribe, el sector agropecuario tiene un enorme potencial debido a que contribuyen en la economía de los países de esta zona, en el periodo 2015-2017 representó en promedio el 4.70 % del PIB, contribuyendo a mantener la seguridad alimentaria mundial, en los últimos años ha tenido un crecimiento visible, lo que implica una amenaza para el medio, sino se realiza un proceso planificado para implementar sistemas productivos amigables con el ambiente (FAO, 2018).

Para el Ecuador, la agricultura es un pilar fundamental en la economía del país ya que aporta aproximadamente el 7.70 % del Producto Interno Bruto, contribuyendo con la soberanía alimentaria del mismo y es precisamente en esta actividad donde se concentra gran parte de la población económicamente activa (Pino, 2018). Por tanto, se pretende potenciar este sector para el año 2030, trabajando simultáneamente con la protección de ecosistemas, agricultura y ganadería sostenible (MAGAP, 2020)

De la misma forma en la provincia del Carchi, según el PDOT 2019-2023, la principal actividad económica de la población es la agricultura y ganadería y pese a las recomendaciones que se presentan en la Guía de Buenas Prácticas Pecuarias en Ganadería de Leche, en el cap. 9 art. 17, que hace referencia al manejo de estiércol

y excretas, en la actualidad no existe un control efectivo sobre el tema (Agrocalidad, 2013).

Los productores de leche cruda y proveedores de la industria Nestlé - Ecuajugos S.A. en cumplimiento del mandatorio que está estipulado por el Manual del proveedor de leche en la sección 8, sobre el Manejo responsable de residuos y gestión ambiental implementaron hace aproximadamente 5 años piscinas de oxidación para manejo de purines de la ganadería de leche (Nestle, 2020).

Un manejo adecuado de los desechos orgánicos, en este caso los purines, puede dar muchos beneficios, en cuanto al ahorro de fertilizantes, pero también su mal manejo, hace que se convierta en un problema de contaminación; por el desconocimiento de su tratamiento y uso. En países desarrollados, en su legislación puede ser objeto de sanciones, por las malas prácticas de manejo y potencial causa de contaminación de las aguas, por el mal tratamiento al producir gases como el amoníaco (NH_3) y óxido nitroso (N_2O), que pueden provocar la acidificación de los suelos y como gases de efecto invernadero (Salazar, 2016).

La fertilización química es considerada como una actividad necesaria para el manejo convencional de las pasturas al incrementar rápidamente la biomasa forrajera en los sistemas de producción animal, sin embargo, la aplicación de estos insumos requiere mayor inversión del productor, por lo tanto, se produce un incremento en los costos de producción y una reducción en la rentabilidad de la finca; por otro lado, un manejo sostenible de los recursos es un tema que requiere mayor énfasis en el estudio y aprovechamiento de la fertilidad del suelo, determinación de las necesidades nutricionales de los pastos, conocimiento de alternativas de fertilización de los cultivos, aplicación de otros insumos y un manejo y reciclaje apropiado de nutrientes, con ello, el productor logrará incrementar la productividad, reducir costos de producción y lograr un manejo sostenible en el sistema, por esta razón la investigación se centró en el siguiente problema ¿Cuál es la calidad de los purines producidos en piscinas de oxidación y el efecto en la producción de pastos en la hacienda “La Primavera”, ubicada en la parroquia de Huaca – Carchi?.

1.2. Preguntas de investigación, hipótesis

1.2.1. Preguntas de investigación

Se plantearon varias preguntas para guiar la investigación:

- ¿Cuáles son los efectos producidos por los purines a diferentes dosis provenientes de piscinas de oxidación?
- ¿Cuáles son los efectos en las diferentes etapas del crecimiento de los pastos producidos por los purines provenientes de piscinas de oxidación?
- ¿Cuál es el impacto económico de los residuos provenientes de las piscinas de oxidación en los predios ganaderos?

1.2.2. Hipótesis

Ho: Los purines provenientes de piscinas de oxidación no mejoran la producción de pastos.

Ha: Los purines provenientes de piscinas de oxidación mejoran la producción de pastos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de los purines producidos en piscinas de oxidación en la producción de pastos en la hacienda “La Primavera”, ubicada en la parroquia de Huaca – Carchi.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los efectos producidos por los purines a diferentes dosis provenientes de piscinas de oxidación
- Determinar los efectos en las diferentes etapas del crecimiento de los pastos producidos por los purines provenientes de piscinas de oxidación
- Establecer el impacto económico del uso de los purines en comparación con la fertilización química en los pastos.

1.4. Justificación

Según la FAO (2018), para el 2050 se prevé que la producción ganadera se incremente a más del doble y, por tanto, el impacto ambiental por unidad de producción ganadera también crecerá, este aumento proyectado se basa en la expansión de los hatos y en el mayor y eficaz uso del forraje. Lo que se espera es que se pueda implementar medidas de ganadería sostenible, para que las emisiones producidas por esta actividad crezcan 0,5 % por año durante la década siguiente a diferencia de 0.70 % de las registradas en los diez años precedentes.

Con el uso adecuado de los purines producidos en piscinas de oxidación provenientes de la ganadería bovina de leche se logrará mitigar el efecto ambiental de las excretas y por otra parte se contribuye en la fertilización de pastos sin incurrir en mayores gastos para el productor, ya que con la evolución de la ganadería la intensidad de la alimentación forrajera también aumenta, obligando al productor a mejorar la eficiencia de sus pastos a través de la fertilización, control de enfermedades y la gestión general de la producción. (FAO, 2019)

En Ecuador, la ganadería es una actividad potencialmente importante en la economía del país por lo que se implementa una serie de acciones encaminadas a mantener este sector con la inversión de millones de dólares en urea para fertilizar potreros, sin embargo, los purines contienen dicho compuesto y puede ser usado como fertilizante orgánico constituyendo un ahorro para el estado y para el productor local (Agrocalidad, 2012).

Los pastos para su crecimiento y desarrollo necesitan que el suelo proporcione los elementos nutricionales en cantidades apropiadas, el nitrógeno es el principal elemento que limita el desarrollo de los pastos, según Montenegro (2018) la necesidad de nitrógeno es de aproximadamente 668 kg por hectárea año⁻¹, el costo actual sería aproximadamente de 800 dólares americanos por cada hectárea por año, para poder cubrir esta demanda. Sin embargo, estos costos se podrían cubrir con el uso de los purines que se generan en los corrales y sala de ordeño de fincas productoras de leche, dado que una vaca elimina nitrógeno por orina y heces aproximadamente 208 a 443 gr día⁻¹, generando una producción total al año de 12.65 a 27 kg de nitrógeno

por vaca por año, lo que ayudaría a cubrir los requerimientos nutricionales de lfreios forrajes utilizando estos purines (Ordoñez-Vargas et al., 2023).

Por tanto, constituye un desafío establecer la calidad de los purines producidos en piscinas de oxidación de la hacienda “La Primavera” y su efecto en la producción de pastos establecidos, lo que incide sobre los costos de producción tanto del mantenimiento de los pastos como del litro de leche producido en dicha finca ganadera, haciendo que la ganadería sea más sustentable; reduciendo la aplicación de fertilizantes y mitigando de los efectos negativos en el medio ambiente.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La información recopilada para el presente estudio se sustenta en bases teóricas y en la recopilación de información bibliográfica que trata sobre el uso de purines en pastos y otros cultivos, de igual manera con la revisión de antecedentes investigativos que tratan sobre temáticas similares.

2.1. Antecedentes de la investigación

Jurado Lara (2019), realizó un estudio donde evaluó el efecto de varias dosis de purín de lombriz y de cortes en el desarrollo del pasto *Brachiaria brizhanta* (Marandú) en el cantón Cumandá, provincia de Chimborazo. Logrando determinar en el pasto marandu el peso, altura, número de hojas, ancho de hojas y largo de hojas la tendencia de desarrollo es lineal siendo su máximo. La respuesta determinada en los análisis bromatológicos en los cuatro casos: proteínas, grasas, cenizas y fibras, aquí se encontró que los valores más altos se obtienen cuando se fertiliza de igual manera con el purín en el campo en una dosis de 1 000 ml/ha.

Tambo Laime et al. (2016), evaluaron el efecto de aplicación de purines de bovino en la producción y calidad de cebada en época de invierno. En este estudio se pudo determinar que la aplicación de los purines, resultado del estiércol de ganado, tuvo una influencia positiva en lo que se refiere al crecimiento de las plantas, número de macollos, cantidad de proteína, fibra, energía, en relación al testigo evaluado en esta investigación. Los resultados de estos autores hacen que el uso de abonos orgánicos sea una alternativa para producir gramíneas de buena calidad y con buen valor nutritivo que sirve para alimento para los animales

Esto concuerda con lo que manifiesta Durand Villegas (2018) con su estudio sobre producción de bioles utilizando una mezcla de heces vacunos y cuy, para mejorar la producción de alfalfa, donde evaluó diferentes dosis de aplicación en diferentes etapas de crecimiento de la alfalfa, logrando determinar que el uso de bioles en las primeras etapas de crecimiento de la planta, hace que se obtenga mayores rendimientos en cuanto se refiere a cantidad de materia verde y a calidad.

En un estudio realizado por Elizondo y Espinosa (2021), en Costa Rica que perseguía el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de fertilizante orgánico e inorgánico sobre la producción y composición química de pasto de estrella africana, donde se evidencia que no hubo diferencias significativas en la materia seca, el mejor tratamiento fue el de urea seguido de los purines

En un estudio realizado por Szogi (2014), sobre el aprovechamiento y manejo ambiental de los residuos de la producción animal intensiva, obtuvo como resultado que la aplicación de estiércol hace que la eficiencia del P a largo plazo disminuya significativamente con respecto al uso de fertilizante comercial. Al ser baja la eficiencia de utilización del P conlleva a tomar acciones sobre manejo de nutrientes en base agronómicas de P. Por lo tanto, para reducir los riesgos de contaminación medio ambiental del P acumulado en el suelo se implementaron varios programas en donde se transporta el estiércol de bovinos a zonas de cultivo con déficit de P en el suelo, reduciendo los costos en aplicación de este elemento.

Fernández (2020) en un estudio de recolección de 21 muestras de biofertilizante líquido para pasturas de piscinas de oxidación, distribuidas en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, se realizó la caracterización físico – química, donde se presentaron valores máximos de N 235.00, P 41.20, K 316.50, Ca 84.30, Mg 68.80, Zn 0.50, Cu 0.20, Fe 2.90, Mn 0.50 mg L⁻¹ o ppm; respectivamente, convirtiéndose en una rica fuente de nutrientes, que manejados adecuadamente, pueden ahorrar recursos, de ahí su importancia del uso y buen manejo de este recurso.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Purines en la producción lechera

La orina, las excretas, el agua del lavado de sistema de ordeño, detergentes, agua de lavado de las instalaciones, restos de leche y otros productos, son considerados como parte de los purines que se originan en las áreas de ordeño. En las fincas ganaderas los purines tienden a generarse en mayor proporción en los corrales de descanso y espera de los animales, los mismos que son diseñados para estos fines, logrando recolectar la mayor parte de las excretas y purines originados en estos ambientes,

obteniendo una fuente de nutrientes orgánicos y reduciendo la tasa de contaminación ambiental (MGAP , 2016).

Se aprecia que del volumen total de los purines casi la mitad está constituida por agua, pudiendo utilizar el agua limpia para otros fines que requieran esta calidad de agua. Los purines tienen como componente principal el estiércol, la cantidad de estiércol que produce una vaca en un día depende de la raza, la alimentación, condiciones atmosféricas, suministro de agua, tipo de explotación, teniendo como un aproximado que una vaca en producción produce de 7 a 10% de excretas en relación a su peso vivo por día (Casasola y Villanueva, 2015).

Para evitar la contaminación de los suelos, de las aguas subterráneas y superficiales, se debe realizar un manejo adecuado de los purines generados en las fincas, de igual manera para evitar problemas de salud humana y animal (Taverna *et al.*, 2013).

De acuerdo con el MGAP (2016), los purines se pueden clasificar dependiendo de los procesos como se haga la limpieza de todas las áreas, luego de haber terminado el ordeño de la siguiente manera:

- a. Separación de sólidos previo al lavado de los pisos. Logrando obtener en menor proporción los sólidos, manejando corrientes tanto de líquidos como de sólidos.
- b. Limpieza de las instalaciones por arrastre con agua. Obteniendo en mayor proporción la cantidad de sólidos y la corriente de agua a utilizar es una sola.

2.2.2. Piscinas de oxidación en el manejo de purines.

Las piscinas de oxidación son un método económico para tratar y mejorar la calidad de los purines en las fincas lecheras, obteniendo un fertilizante líquido orgánico de uso para las pasturas mediante un sistema de riego, eliminando todos los sólidos que se encuentra en suspensión y disminuyendo la cantidad de materia orgánica disuelta.

La medida para construcción de las piscinas de oxidación depende del número de animales que se tenga en ordeño y de la frecuencia con la que se quiera dar el riego, la profundidad va desde los 2,5 a 5 metros, los purines deben tener un tiempo de retención de 120 días mínimo para conseguir las condiciones anaeróbicas y una adecuada sedimentación, reduciendo la cantidad de metano, amonio, sulfhídrico entre otros (MGAP , 2016).

La temperatura juega un papel muy importante dentro de las piscinas de oxidación, para que la actividad biológica se realice en una forma adecuada, ésta debe ser superior a los 15°C, el pH dentro de las piscinas debe oscilar entre 6,0 a 8,5, estando como rango óptimo de 7 a 7,2. La reducción de malos olores, concentración de sólido y presencia de malos olores se da por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica (Casasola y Villanueva, 2015).

2.2.3. Purines o abono orgánico líquido.

“El purín es un abono orgánico líquido, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales: guano, rastros, etc. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para lograr este propósito son los biodigestores y piscinas de oxidación” (INIA, 2008).

El mismo autor manifiesta que el purín es considerado como un líquido rico en nutrientes que son almacenado en piscinas de oxidación y se lo utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que estimula el desarrollo y crecimiento de las plantas (INIA, 2008).

Mediante las piscinas de oxidación el purín es enriquecido por el proceso de fermentación anaeróbica, utilizando la materia prima que se genera en las fincas ganaderas como es el estiércol bovino (Taverna *et al.*, 2013).

2.2.4. Uso del Purín

El purín es una alternativa de fertilización orgánica, que ayuda con macro y microelementos, pero no cubre con todas las necesidades nutricionales de las praderas, se puede incluir los purines en la planificación de fertilización lo que hace que nuestros costos de producción disminuyan considerablemente (Salazar, 2016).

El purín, se lo puede aplicar de forma directa al follaje, al suelo o a las raíces como tubérculos, plantas ornamentales, frutales, forrajeras, hortalizas, plantas de ciclo corto o ciclo largo (RCR cr, 2012).

2.2.4.1. Efecto que se logra con el purín.

Por su composición de macro y micronutrientes, el purín es un excelente estimulador de crecimiento encontrando grandes cantidades de N y de los compuestos naturales

como P, K, Mg, B, Ca, Mo, Fe, y en pequeñas proporciones giberelinas, auxinas, citoquininas, haciendo que la disponibilidad de nutrientes sea muy amplia y los microorganismos benéficos que descomponen la materia orgánica del suelo y la transforman para que sea asimilada por las plantas (FAO, 2010).

Según Salcedo *et al.* (2007), el Nitrógeno, Fósforo y Potasio son los elementos más importantes que definen la calidad de los purines, una fracción de estos valores es asimilada directamente por las raíces y las hojas de las plantas, mientras que otra proporción sufre una descomposición en el suelo para ser aprovechada por las plantas. En el purín el nitrógeno se encuentra en varias formas como: amoniacal, en forma de nitrógeno orgánico y también en forma de nitratos y nitritos.

2.2.4.2. Plan de aplicación de purines como fertilizante

Para un adecuado uso y aprovechamiento de purines se debe seguir una normativa interna dentro de las explotaciones ganaderas con el fin realizar una aplicación correcta que nos ayuda mejorando las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, logrando unas mayores producciones y mejorando la calidad de los forrajes, reduciendo la contaminación ambiental y evitando problemas de salud animal (RCR cr, 2012).

Para el esparcido de purines se debe realizar una guía de gestión de residuos orgánicos, que me permite planificar su pronto esparcido, tomando en cuenta factores como las condiciones meteorológicas, nivel óptimo y estado de las plantas para la aplicación, evitando contaminar fuentes de agua superficiales, áreas naturales, erosión de suelo en pendientes pronunciadas, inundaciones en suelos susceptibles a encharcamientos, respetando los controles medio ambientales de las regionales. (Yenen, 2014).

2.2.5. Pastos y forrajes para ganadería de leche

“La productividad de la ganadería se logra cumpliendo cuatro factores fundamentales que son: el manejo pecuario, las características físicas y nutricionales de los suelos, las condiciones del clima y la alimentación” (INTA, 2016).

La alimentación se relaciona con el tipo de forraje que el ganadero dispone para sus animales, teniendo en cuenta que exista en cantidades suficientes para cada animal y que sea de excelente calidad. Los pastos y forrajes son la fuente principal de

proteína y energía para alimentar los animales de las fincas productoras de leche en el Ecuador, esto depende de las mezclas de gramíneas con leguminosas que se establecen en los potreros que sirven para alimentar al ganado en forma fresca, procesada como heno, ensilaje, rastrojo (Gutierrez *et al.*, 2018).

2.2.6. Mezcla forrajera

Los diferentes tipos de clima que existen en el Ecuador hace que las variedades de semillas de pastos no se adapten fácilmente a todas las zonas, ya que la mayoría de especies que se encuentra en el mercado son producidas en países de cuatro estaciones, comportándose de forma diferente al lugar donde se las utilice (INTA, 2016).

Las mezclas forrajeras ayudan a que las raíces penetren el suelo a diferentes profundidades, logrando utilizar al máximo los nutrientes, evitando la erosión y haciendo que unas se adapten mejor que otras, tolerando varios factores como el sobrepastoreo, la sequía, las heladas, haciendo que los factores adversos sean menos notorios. Con la siembra de variedades anuales, perennes y leguminosas en la mezcla se logra tener un forraje más apetecido por los animales, una dieta más balanceada, se evita la entrada de malas hierbas y sobre todo se garantiza mantener alimento de buena calidad casi todo el tiempo (INIAP, 2011).

2.2.6.1. Principales especies de pastos utilizados en mezclas forrajeras

2.2.6.1.1. Gramíneas

Se tiene mayor rendimiento de forraje (30 TM/corte/Ha) comparando con la producción de alfalfa (15 TM/corte/Ha). Las características de las gramíneas son plantas que presentan las hojas alargadas y angostas de color verde oscuro dependiendo de la variedad como: la avena forrajera, el maíz, el trigo, la cebada, ryegras, etc.; proporcionan grandes cantidades de carbohidrato que sirven como fuente de energía para los animales, incrementan la producción de leche en un 10 a 20 %, tienen raíces superficiales no toleran la sequía, se recomienda la sembrarlas en mezcla con leguminosas para enriquecer más la pastura y evitar la invasión de malezas (kikuyo) (Percy, 2010).

a. Rye Grass (*Lolium perenne*)

Se caracteriza por tener una buena y rápida germinación 5 – 7 días de sembrada, es la especie más sembrada a nivel mundial como alimento para ganado bovino de leche. Su color característico es un verde oscuro, se adapta fácilmente desde los 2000 hasta los 3000 m.s.n.m. con temperaturas desde los 10 a 14 °C logrando que la semilla germine y se establece con rapidez (EGL co, 2013).

b. Leguminosas (*Fabaceas*)

Las leguminosas son la fuente de proteína más barata para alimentar nuestros animales, sus raíces son muy profundas lo que hace que recicle nutrientes y mejora la estructura de los suelos beneficiando los ecosistemas, pueden ser anuales, bianuales o perennes adaptándose en mezclas forrajeras y se encuentran distribuidas por todo el mundo (Sierra, 2015).

c. Llantén (*Plantago lanceolata*)

Es una especie que se adapta en terrenos poco fértiles, tolerando condiciones extremas de sequía, su alto valor nutritivo hace que se lo utilice en mezclas forrajeras para alimentación de ovinos en Uruguay logrando ganancias de peso en corderos de 0,158 y 0,226 Kg/animal/día durante el verán. Se considera una pastura muy palatable que aporta las demandas nutricionales de varias especies de animales (Barrios, 2006).

2.2.6.2. Manejo Agroecológico de pastos

Con los últimos estudios realizados se ha conceptualizado a los pastizales con el conjunto de asociaciones de varias plantas que van a constituir una fuente de alimento de buena calidad y proveer la suficiente cantidad para que los animales satisfagan sus necesidades nutricionales. Este nuevo sistema de producción de pastos viene a ser una alternativa para el desarrollo de producción animal en Cuba y en varios países de toda Latinoamérica (Martín et al., 2000).

El manejo de los pastos y la alimentación en una forma estratégica para los animales, es la manera como se maneja de forma eficiente las praderas, tomando en cuenta la fenología adecuada para cosechar los pastos para aprovechar todos los nutrientes

que brindan los forrajes, y manejo de residuales para evitar el sobrepastoreo y pérdida de reservas para el próximo pastoreo.

2.2.6.3. Fertilización orgánica y química de pastos.

La aplicación de materia orgánica proveniente de actividades pecuarias a los suelos agrícolas es una alternativa para reducir costos y sustituir la aplicación de fertilizantes químicos, pese a estos beneficios la aplicación se debería realizar basándose en un conocimiento científico o en base a normativas básicas que especifiquen su aplicación (RCR cr, 2012).

El 5% de N que contiene la materia orgánica de los suelos al igual que los otros elementos como fósforo, potasio y otros microelementos sufren los procesos de humidificación y mineralización donde los microorganismos presentes en el suelo actúan en forma directa sobre la materia orgánica desde el momento que tiene contacto con el suelo (INTA, 2016).

Las aplicaciones de fertilizantes químicos mejoran las características fisiológicas y morfológicas por lo que las plantas no sufren problemas nutricionales ayudando su normal desarrollo y brindando un adecuado valor nutricional para los animales pese a la influencia del clima en las diferentes etapas de su desarrollo (INIAP, 2011)

La fertilización química en las pasturas es considerado como una estrategia muy necesaria en las explotaciones de producción animal en donde se necesita grandes volúmenes de biomasa forrajera a corto tiempo, la desventaja de esta aplicación es que se requiere de una inversión extra lo que va influir directamente en los costos de producción, pero, manejando un adecuado programa de fertilización de acuerdo a las necesidades de los cultivos forrajeros se logra un balance y reciclaje de nutrientes, lo que permite que el productor logre un aumento de la productividad de la finca (Pezo y García, 2018).

2.2.7. Producción de pastos.

Para medir la productividad de los pastos se precisa medir a través de diversos indicadores, como la calidad de forraje, la cantidad.

La cantidad de forraje se mide a través de:

- **Número de hojas:** manifiesta la edad fenológica de los raigrases, se utiliza para determinar el momento adecuado para la cosecha del pasto y determina el intervalo mínimo de pastoreo el cual en los raigrases es de mínimo las 2 hojas con un promedio de 2,5 a 2,7 y el intervalo de pastoreo máximo cuando se manifiesta con la senescencia de la hoja más vieja (León, Bonifaz, & Gutierrez, 2018)
- **Tasa de elongación foliar o longitud:** se refiere al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo. La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja. El ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud.
- **Material verde:** corresponde a forraje fresco que tiene contenido de agua normal, el bovino consume entre 10 a 12 % de su peso vivo (Gil & Utrilla, 2022).
- **Materia seca:** corresponde al peso total menos el contenido de agua, dentro de los procedimientos de secado más utilizados son a través de Laboratorio Bromatológico o mediante uso de la estufa y de microondas; para estimar la cantidad de materia seca en una superficie se requiere conocer el rendimiento del forraje verde por una unidad de superficie y el porcentaje de materia seca. El consumo de materia seca por bovino se estima es de 2 a 3 % de su peso vivo (Villegas & Valbuena, 2019)

La calidad de los pastos se mide a través del valor nutricional y de los índices agronómicos

- **Valor nutricional:** el valor nutritivo de los pastos se debe analizar la cantidad de nutrientes que tienen, pero lo más importante es la cantidad de nutrientes consumidos y el grado de aprovechamiento que realiza el ganado bovino (Amangandi Sinchip, Román, & Ruiz, 2023).

La eficiencia del uso de nutrientes refleja la recuperación de nutrientes, el balance o rendimiento producido por una unidad de nutrientes aplicado (Arteaga, 2019). Dentro de las expresiones de eficiencia de los fertilizantes utilizados se encuentran detallados en la tabla 2, los mismo s que permite analizar la respuesta de los pastos a los fertilizantes.

2.1.1.1. Operacionalización de variables.

Tabla 1

Índices agronómicos

INDICADOR	FÓRMULA	RELACIÓN
Eficiencia aparente de Recuperación	$ER = \frac{U - U_0}{F} = \frac{Kg_{NAb}}{Kg_{NAp}}$	Kilogramos de nutriente absorbido (Kg _{NAb}) / Kilogramos de nutriente aplicado (Kg _{NAp}).
Eficiencia Fisiológica	$EF = \frac{R - R_0}{U - U_0} = \frac{Kg_{IR}}{Kg_{NAb}}$	Kilogramos de incremento en rendimiento (Kg _{IR}) / Kilogramos de Nutriente absorbido (Kg _{NAb})
Eficiencia Interna de Utilización	$EIU = \frac{R}{U} = \frac{Kg_R}{Kg_{NAb}}$	Kg de rendimiento (Kg _R) / Kilogramos de nutriente absorbido (Kg _{NAb})
Eficiencia Agronómica	$EA = \frac{R - R_0}{F} = \frac{Kg_{IR}}{Kg_{NAp}}$ $EA = ER \times EF$	Kilogramos de incremento en el rendimiento (Kg _{IR}) / Kilogramos de nutriente aplicado (Kg _{NAp})
Factor Parcial de Productividad	$FPP = \frac{R}{F} = \frac{Kg_R}{Kg_{NAp}}$ $FPP = \frac{R_0}{F} + EA$	Kilogramos de rendimiento (Kg _R) / Kg de nutriente aplicado (Kg _{NAp})

- **Los costos:** Los costos de producción e implantación por hectárea en el cultivo de pastos se basa en costos directos, variables e indirectos para analizar el efecto de los purines en la producción de pastos se trabajó con la tasa beneficio/ costo y rentabilidad considerando el costo del purín utilizado y el beneficio económico de la biomasa seca en caso de ser negociada.

2.3. Marco Legal.

En la Unión Europea, existe una regulación donde sus estados miembros deben cumplir en relación con la contaminación que se genera por los nitratos que proceden de fuentes agrarias, denominada Directiva UE 2016/2284. Así mismo la FAO, tiene

como principal estrategia la reducción de las emisiones de metano en el marco de 2022-2031, apoyando a los Estados Miembros de la FAO

En los Objetivos de desarrollo sostenible para el 2030 (ODS), en el objetivo 6, en la meta 6,3 menciona la necesidad de mejorar la calidad de agua, el tratamiento de las aguas residuales y la reutilización segura (CEPAL, 2023).

En la Constitución de la República del Ecuador (2018), en el artículo 410 menciona literalmente que: “El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria”

Dentro de la Ley Orgánica de Recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua (2014), en el artículo 79, en el literal e, menciona que uno de los objetivos de prevención y conservación del agua es “prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de aguas mediante vertidos o depósitos de desechos sólidos, líquidos y gaseosos...”. Así mismo dentro de la Ley de Gestión Ambiental insta a la protección del medio ambiente a través de la conservación del medio natural, la prevención y control de la contaminación ambiental y manejo sustentable de los recursos naturales.

En el artículo 40 del Manual de Buenas prácticas pecuarias de producción de leche, emitido por (Agrocalidad, 2013); hace mención del manejo de estiércol y excretas donde se menciona en sus literales.

- a) Se deberá realizar un plan de estiércol y desechos generados del proceso y manejo del ganado.
- b) Las excretas se deberán manejar de acuerdo con las normas establecidas por las autoridades nacionales competentes, a fin de evitar la contaminación de las fuentes de agua y proliferación de plagas, roedores y fauna nociva al igual que las emisiones de olores molestos. Para el caso puede emplearse biodigestores, campanas de energía, lagunas de oxidación, compostajes, etc.

III. METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Área de estudio

El desarrollo de la investigación se lo hizo en la hacienda “La Primavera” que tiene una extensión de 85 hectáreas.

3.1.2. Ubicación

Está localizada en:

Provincia: Carchi

Cantón: San Pedro de Huaca

Parroquia: Huaca

3.1.3. Característica de la zona

Se encuentra a una altitud de 2945 msnm, latitud 19° 80' 01"UTM y longitud de 100°90'02", temperatura anual de 12.80 °C, precipitación anual de 792.00 mm y humedad relativa de 84%.

Figura 1

Ubicación geográfica del sitio de estudio



3.2. Enfoque Metodológico y Tipo de Investigación

3.2.1. Enfoque

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que las variables en estudio tienen un carácter numérico como: largo de hoja, número de hojas, peso de materia verde, peso de materia seca y análisis bromatológico del pasto a un determinado tiempo.

Sánchez (2019) manifiesta que el enfoque cuantitativo trata con fenómenos que se pueden medir y procesar a través de métodos estadísticos para el análisis de los datos recogidos y obtener nueva información que permitió responder las preguntas de investigación, o probar hipótesis.

3.2.2. Tipo de Investigación

3.2.2.1. Investigación bibliográfica

Para la recolección de la información de la presente investigación se lo realizó mediante el uso de libros, revistas, artículos científicos y sitios web, etc. Esta información ayudó a corroborar con veracidad los resultados de la investigación.

3.2.2.2. Investigación experimental

Es experimental, puesto que se realizó un ensayo aplicando un diseño de bloques completos al azar (DBCA), para que todas las unidades experimentales tengan las mismas condiciones, evaluando la calidad y el efecto del purín producido en piscinas de oxidación en la producción de pasto en la hacienda “La Primavera”.

3.2.2.3. Investigación aplicada

Es aplicada, la interpretación de los resultados en la investigación sirve para obtener nuevos conocimientos, los mismos que serán aplicados en el mejoramiento de pastos en las fincas ganaderas del sector.

3.3. Definición y operacionalización de variables

3.3.1. Hipótesis o idea para defender

Alternativa. (Hi)

Los purines provenientes de piscinas de oxidación mejoran la producción de pastos.

Nula. (Ho)

Los purines provenientes de piscinas de oxidación no mejoran la producción de pastos

3.3.2. Definición de las variables.

Las variables se definieron de la siguiente manera (Tabla 2).

3.3.2.1. Variables Independientes

Purines producidos en piscinas de oxidación en hacienda la primavera, el cual se aplicará en diferentes dosis y en diferentes etapas de crecimiento de los pastos.

3.3.2.2. Variables Dependientes

Cantidad y calidad del pasto producido.

3.3.2.3. Operacionalización de variables.

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTO
V.I. Los purines provenientes de piscinas de oxidación.	Fertilización orgánica con el uso de purines, producidos en piscinas en oxidación.	-2 etapas de aplicación. -3 dosis - Tratamiento químico - Testigo absoluto	Observación, comparación y análisis	- Libros - Folletos - Visita de campo -Herramientas para pesos y medidas
V.D Cantidad y calidad de pasto producido	Cantidad de Hojas	Número de hojas por planta	Observación	-Ficha de observación. -Visita de campo. -Libreta de campo.
	Largo hojas	Largo de hojas por planta	Observación y medición	-Libreta de campo. -Visita de campo. - Escalímetro o regla
	Material verde (peso fresco)	Producción de forraje verde	Observación y pesaje.	- Libreta de campo. - Visita de campo. - Balanza electrónica
	Materia Seca (peso seco)	Producción de Materia Seca	Observación y pesaje	-Ficha de observación. -Libreta de campo -Microondas -balanza electrónica
	Valor Nutricional	Porcentaje de elementos Nutricionales contenidos.	Análisis proximal	- Laboratorio
Costos	Análisis económico de cada tratamiento.	Observación y análisis	-Ficha de observación. -Libreta de campo	

3.4. Procedimientos

3.4.1. Variables

Número de hojas por planta:

Se obtuvo las muestras de 1 metro cuadrado de cada unidad experimental, se procedió a contar el número de hojas por planta, tomando al azar cinco muestras del conjunto de plantas. Se realizó a los 30 días después de realizado el corte.

Longitud de hojas:

Se obtuvo cinco muestras de cada unidad experimental, se procedió a medirlas poniéndolas sobre una mesa de madera, tomándoles la medida con una regla (cm), midiendo de la base hasta el ápice de la hoja. Se realizó a los 30 días después de realizado el corte por tres ciclos consecutivos.

Producción de materia verde:

Se obtuvo muestras de raigrás por tratamiento, utilizando el método del metro cuadrado, usando una hoz para dejar un residual de 5cm. Luego se procedió a colocar la muestra en fundas debidamente etiquetadas para posteriormente pesar este material utilizando una balanza electrónica a los 30 días después del corte por tres ciclos consecutivos.

Contenido de materia seca:

Se obtuvo muestras de 100 gramos de materia verde de cada tratamiento y se procedió a determinar la cantidad de materia seca, mediante el método de secado con el uso de horno microondas.

Según Crespo et al. (2007), al utilizar un horno microondas como método para determinar el contenido de MS en los materiales forrajeros lanza resultados confiables, no altera los parámetros de calidad de los forrajes y reduce significativamente el tiempo de secado (6 a 8 min) tomando en cuenta el tiempo que usa una estufa de circulación forzada de aire (48 h).

Índices agronómicos del uso eficiente de los nutrientes

Son los indicadores de desempeño (Tabla 2), para analizar la productividad del sistema y su eficiencia (IPNI org, 2009).

Tabla 1.

Indicadores agronómicos del uso eficiente de los nutrientes.

INDICADOR	FÓRMULA	RELACIÓN
Eficiencia aparente de Recuperación	$ER = \frac{U - U_0}{F} = \frac{Kg_{NAb}}{Kg_{NAp}}$	Kilogramos de nutriente absorbido (Kg_{NAb}) / Kilogramos de nutriente aplicado (Kg_{NAp}).
Eficiencia Fisiológica	$EF = \frac{R - R_0}{U - U_0} = \frac{Kg_{IR}}{Kg_{NAb}}$	Kilogramos de incremento en rendimiento (Kg_{IR}) / Kilogramos de Nutriente absorbido (Kg_{NAb})
Eficiencia Interna de Utilización	$EIU = \frac{R}{U} = \frac{Kg_R}{Kg_{NAb}}$	Kg de rendimiento (Kg_R) / Kilogramos de nutriente absorbido (Kg_{NAb})
Eficiencia Agronómica	$EA = \frac{R - R_0}{F} = \frac{Kg_{IR}}{Kg_{NAp}}$ $EA = ER \times EF$	Kilogramos de incremento en el rendimiento (Kg_{IR}) / Kilogramos de nutriente aplicado (Kg_{NAp})
Factor Parcial de Productividad	$FPP = \frac{R}{F} = \frac{Kg_R}{Kg_{NAp}}$ $FPP = \frac{R_0}{F} + EA$	Kilogramos de rendimiento (Kg_R) / Kg de nutriente aplicado (Kg_{NAp})

Fuente: (IPNI org, 2009)

R : Rendimiento del cultivo con nutrientes aplicados, R_0 : Rendimiento del cultivo sin aplicación de fertilizantes, F : Dosis del nutriente, U : Absorción del nutriente de la biomasa sobre el suelo a madurez fisiológica, U_0 : Absorción de la planta sin aplicación de fertilizantes.

Valor Nutricional

Se enviaron muestras de materia verde por cada tratamiento debidamente etiquetadas a un laboratorio certificado, para determinar el porcentaje de los nutrientes que contiene cada una de las muestras. Este análisis se lo realizó después de cada corte. El método utilizado para determinar el valor nutricional fue mediante el método AOAC 978.04 que permite obtener parámetro de Nitrógeno Total Kjeldahl (N-Total). El método utilizado para la preparación de la muestra fue el "Método de Incineración seca".

Costos

Los costos se los calculó en función a los rendimientos obtenidos y el análisis de los costos involucrados de cada uno de los tratamientos.

3.4.2. Análisis Estadístico

Es un modelo de ADEVA (Tabla 3 y 4) de Diseño de Bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + n.

3.4.2.1. Factores en estudio

Factor A: Dosis (D) ($m^3 ha^{-1}$)

Niveles: d1: 60, d2: 80, d3: 100.

Factor B: Etapas de aplicación (días post – corte)

Niveles: e1: 8, e2: 15

Adicionales: Testigos absoluto (ta) y químico (tq)

Niveles: ta: 0, tq: Fertilización química ($kg ha^{-1}$)

Repeticiones: 4

Número de tratamientos: $(3 \times 2 + 2) \times 4 = 32$

Distancia entre parcelas: 1m

Área de la parcela total (Bloque): $445 m^2$

Área de la parcela neta: $40 m^2$

Área experimental Total: $1869 m^2$

Área experimental neta: $1280 m^2$

Tabla 2.

ADEVA A x B + n ($3 \times 2 + 2$).

F de V	GL
T	31
R	3
Tr	7
D	2
E	1
D x E	2
FA vs T (a y q)	1
Ta vs Tq	1
EE	24

F de V: Fuente de variabilidad, GL: Grados de libertad, T: Total, R: Repeticiones, Tr: Tratamientos, D: Dosis, E: Etapas, D x E: Dosis por Etapas, FA vs T (a y q): Factorial vs Testigo absoluto y químico, Ta: Testigo absoluto, Tq: Testigo químico, EE: Error experimental.

Tabla 3.

Contraste de Hipótesis Nula (H_0) y Alternativa (H_A).

Nula	Alternativa
$H_{0A} \equiv \tau_1 = \tau_4 = 0$	$H_{AA} \equiv \tau_1 \neq \tau_4 \neq 0$
$H_{0B} \equiv \beta_1 = \beta_3 = 0$	$H_{AB} \equiv \beta_1 \neq \beta_3 \neq 0$
$H_{0(AB)} \equiv (\tau\beta)_{ij} = 0$	$H_{A(AB)} \equiv (\tau\beta)_{ij} \neq 0$
$H_{0(AB \text{ vs } C, D)} \equiv (\tau\beta)_{ij \text{ vs } \gamma_k}, \alpha_h = 0$	$H_{A(AB \text{ vs } C, D)} \equiv (\tau\beta)_{ij \text{ vs } \gamma_k}, \alpha_h \neq 0$
$H_{0(C, D)} \equiv (\gamma, \alpha)_{kh} = 0$	$H_{A((CD)} \equiv (\gamma, \alpha)_{kh} \neq 0$

Para las fuentes de variación significativas y altamente significativas se realizará la prueba de significación estadística Tukey al 5%.

3.4.2.2. Tratamientos para evaluar

Descripción de los tratamientos de la investigación (Tabla 5)

Tabla 4.

Diseño de tratamientos.

Tratamientos	Interacciones	Descripción
T1	d1 e1	60 m ³ ha ⁻¹ + 8 días post - corte
T2	d1 e2	60 m ³ ha ⁻¹ + 15 días post - corte
T3	d2 e1	80 m ³ ha ⁻¹ + 8 días post - corte
T4	d2 e2	80 m ³ ha ⁻¹ + 15 días post - corte
T5	d3 e1	100 m ³ ha ⁻¹ + 8 días post - corte
T6	d3 e2	100 m ³ ha ⁻¹ + 15 días post - corte
T7	Ta	0 m ³ ha ⁻¹
T8	Tq	152.50 kg ₁₅₋₁₅₋₁₅ ha ⁻¹

En la presente investigación se evaluaron ocho tratamientos; correspondientes a tres tipos de dosis, dos etapas de aplicación, un tratamiento químico y un testigo absoluto, con 4 repeticiones. En el testigo absoluto no se aplicó ningún tipo de fertilización y en el tratamiento químico la dosis aplicada, fue según la recomendación del análisis de suelo y se aplicó a los 8 días después de realizado el corte. Las etapas de aplicación fueron a los 8 días después del corte (etapa 1) y a los 15 días después del corte (etapa 2).

La investigación se desarrolló en una finca ganadera, en potreros ya establecidos hace un año aproximadamente con raigrás perenne. Las unidades experimentales fueron constituidas por parcelas de 10 metros de largo x 4 metros de ancho, para cada tratamiento; en la investigación se aplicaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones, dando un total de 32 parcelas, las mismas que se identificaron con rótulos, dejando un distanciamiento de un metro por cada parcela para evitar posibles efectos de borde, el área total que se utilizó para campo experimental fue de 1280 metros cuadrados. La disposición en campo de los tratamientos se observa en la *Figura 2*.

Figura 2

Disposición en campo de los tratamientos.

	R1	R2	R3	R4
1	ta	d2e1	d1e1	d3e2
2	d3e2	d3e1	ta	d1e2
3	d2e2	d2e2	d3e1	ta
4	d2e1	d1e1	tq	d2e1
5	tq	ta	d2e1	tq
6	d1e1	d1e2	d1e2	d2e2
7	d1e2	tq	d3e2	d1e1
8	d3e1	d3e2	d2e2	d3e1

3.4.2.3. Técnicas

La técnica que se utilizó para los datos cuantitativos es el registro sistemático, valido y confiable del comportamiento de las variables a través de un conjunto de categorías y subcategorías.

3.4.2.4. Instrumentos de investigación

Manejo específico

Análisis de suelo

Previo a la implementación del ensayo se realizó un análisis de suelo (*Tablas 6*) del lugar donde se implementó el estudio, tomando 20 muestras en zig-zag a una profundidad de 20cm, obteniendo una muestra general de 1kg de suelo y se envió a un laboratorio de confianza para su respectivo análisis. Los resultados del análisis fueron los siguientes:

Tabla 5.

Resultados parciales del análisis de suelo.

MACRONUTRIENTES	RESULTADOS (mg kg ⁻¹)
Nitrógeno (N)	18.2
Fosforo (P)	21.8
Potasio (K)	468
Magnesio (Mg)	94
Calcio (Ca)	346
Azufre (SO ₄ -S)	10.8

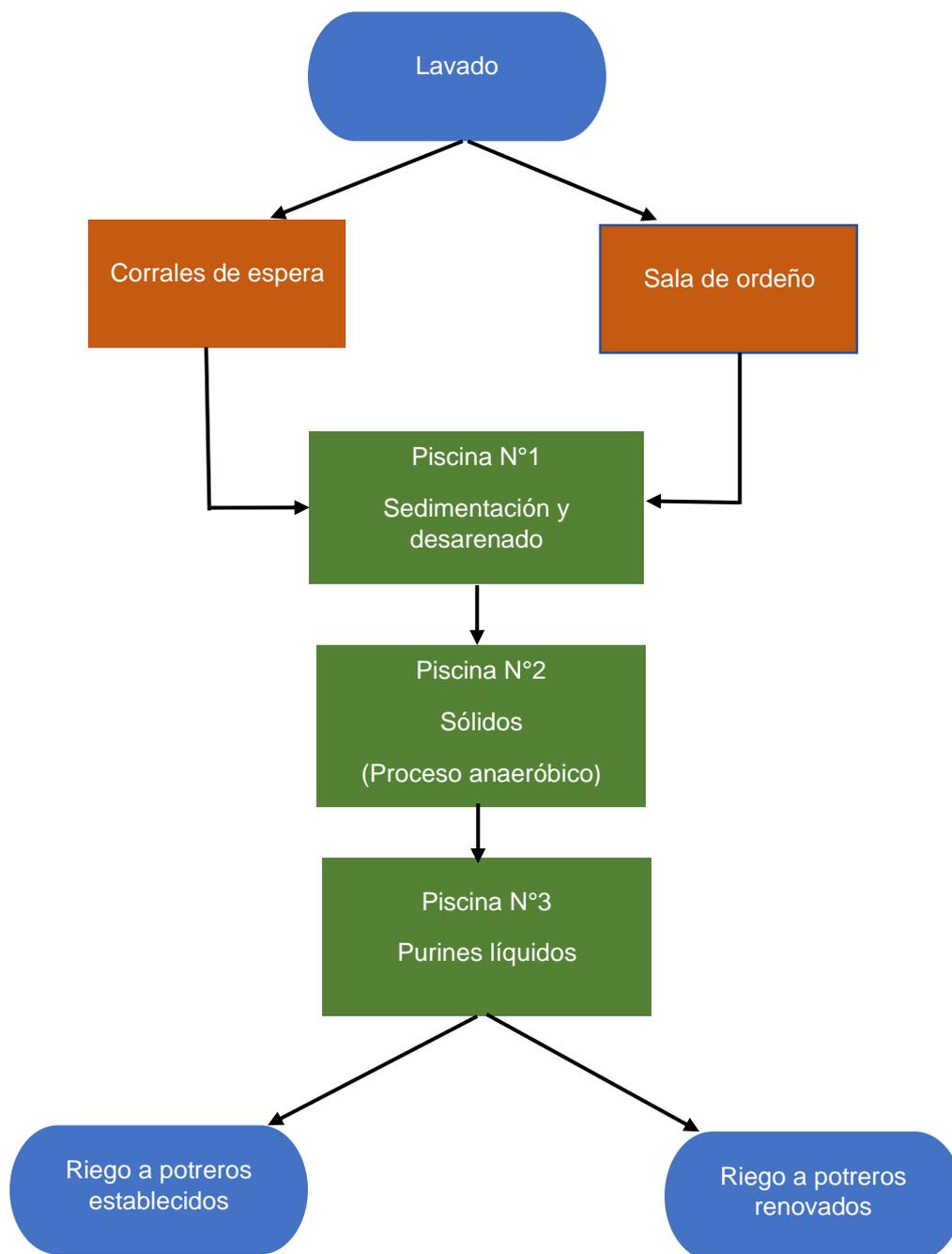
Fuente: Laboratorio Agrarprojekt, Norma ISO 17025

Análisis de purines

El purín que se utilizó es producido en la hacienda “La Primavera”, del mismo que se tomó muestras que fueron enviadas a un laboratorio certificado para su respectivo análisis en lo que respecta a su composición físicoquímico para uso en plantas, como fertilizante foliar, como se muestra en la Figura 3 en el flujograma del proceso para obtener los purines en piscina de oxidación.

Figura 3

Flujograma del proceso de obtención de purines en piscinas de oxidación



Contenido de macro y micronutrientes en mg/litro (respectivamente en ppm) en el abono líquido, nutrientes en solución, disponibles para la planta. El método utilizado para la preparación de la muestra fue mediante la utilización del pH y CE en el abono líquido- Dilución del abono líquido puro x 10 – Filtración del abono líquido con un filtro

fino para aclarar la solución y remover las partículas orgánicas sólidas. Los resultados (Tabla 7) de los análisis fueron los siguientes:

Tabla 6.

Análisis nutricional de los purines bovinos.

Análisis	Unidades	Piscina de	Piscina de	Piscina de
		oxidación 1	oxidación 2	oxidación 3
		Resultado		
pH	mS/cm	8.4	7.0	6.9
Conductividad (CE)	mg/l	4.16	1.69	1.88
Nitrato (NO ₃)	mg/l	145	1.34	131
NO ₃ -N		32.8	30.3	29.6
Amonio (NH ₄)	mg/l	363	100	112
NH ₄ -N		282	77.6	86.9
(NO ₃ +NH ₄) - N	mg/l	314	108	117
Fosfato (PO ₄)	mg/l	32.9	36.4	47.1
PO ₄ - P		10.7	11.9	15.4
Potasio (K)	mg/l	575	213	254
Magnesio (MG)	mg/l	12.1	9.1	12.1
Calcio (Ca)	mg/l	24.0	18.6	24.0

Fuente: Laboratorio Agrarprojekt, Norma ISO 17025

Análisis foliar

Se obtuvieron muestras de raigrás en zigzag de todo el lote donde se implementó el ensayo para obtener una muestra uniforme y se envió a un laboratorio para su respectivo análisis bromatológico. Los resultados de los análisis fueron, contenido de macro y microelementos (Tabla 8) en Materia Seca (macroelementos en % y microelementos en ppm equivalente a 1mg/kg). Mediante el método de incineración seca (Anexo C).

Tabla 7.*Análisis foliar de la materia seca del pasto.*

Análisis	Unidades	Resultado
Materia Seca	%	11.5
Nitrógeno Total (N)	%	4.39
Fósforo (P)	%	0.43
Potasio (K)	%	4.36
Magnesio (Mg)	%	0.18
Calcio (Ca)	%	0.34
Azufre (S)	%	0.30
Sodio (Na)	%	0.06
Hierro (He)	Ppm	212
Manganeso (Mn)	Ppm	72.2
Cobre (Cu)	Ppm	9.8
Zinc (Zn)	Ppm	44.8
Boro (B)	Ppm	24.8

Fuente: Laboratorio Agrarprojekt, Norma ISO 17025

Corte de igualación

Se realizó un corte de igualación mecánica con guadaña, dejando un residual de la planta de 5 cm aproximadamente, luego se procedió a trazar y delimitar las unidades experimentales y se sorteó para ubicar los tratamientos a evaluar (Anexo C).

Aplicación de purines

Teniendo distribuido los tratamientos debidamente señalados se procedió a realizar la aplicación de los purines a los ocho y quince días después del corte de igualación de acuerdo con el etiquetado de cada parcela, esta aplicación se la realizó con una regadera hecha con una caneca con orificios de tal forma que la aplicación quede uniforme en la parcela (Anexo C).

Aplicación de fertilizante químico

Para el tratamiento químico, se aplicó a los ocho días después del corte de igualación tomando en cuenta los resultados que se obtuvieron del análisis de suelo para calcular la cantidad requerida por el raigrás (Anexo B).

IV. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis de los resultados

Se realizó una transformación de datos utilizando Log_{10} para que su relación sea aditiva y no multiplicativa; para las variables cuyo método de muestreo incide en la variabilidad de los datos. Así se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8.

ADEVA para la variable número de hojas (N°), Tulcán 2021.

F de V	GL	SC	CM	F cal.		F Tab.		
						0.05	0.01	valor - p
T	31	2.71						
R	3	0.89	0.30	5.27	* *	3.01	4.72	0.0062
Tr	7	0.46	0.07	1.17	NS	2.43	3.50	0.3559
D	2	0.01	0.01	0.10	NS	3.40	5.61	0.9037
E	1	0.13	0.13	2.39	NS	4.26	7.82	0.1350
D x E	2	0.17	0.09	1.55	NS	3.40	5.61	0.2337
FA vs T (a y q)	1	0.07	0.07	1.31	NS	4.26	7.82	0.2632
Ta vs Tq	1	0.07	0.07	1.19	NS	4.26	7.82	0.2859
EE	24	1.35	0.06					
n:		32	\bar{x}:	2.93	CV %:	8.12		

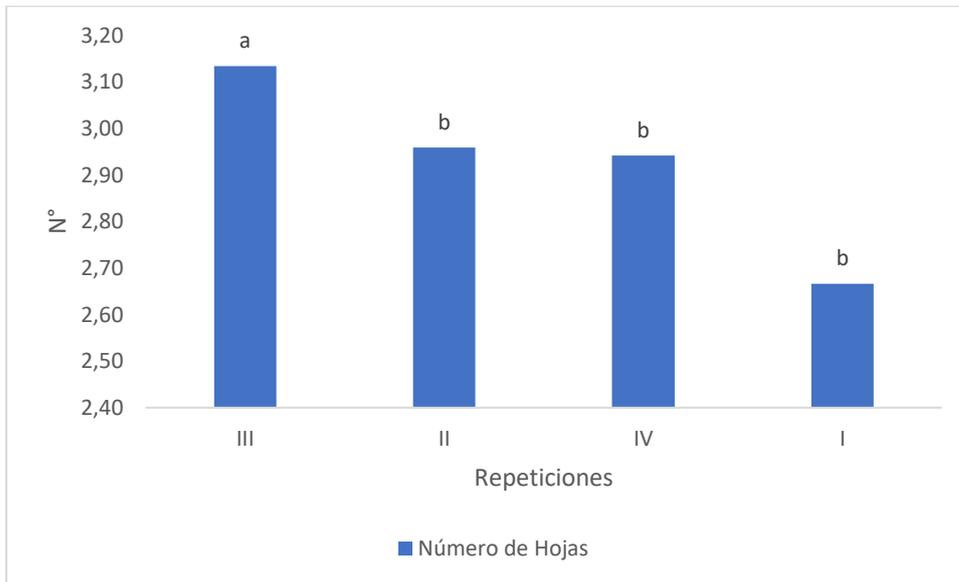
F de V: Fuente e variación, *GL:* Grados de Libertad, *SC:* Sumatoria de cuadrados, *CM:* Cuadrado medio, *F cal:* Valor Fisher calculado, *F Tab:* Valor Fisher tabulado, *valor - p:* Valor de probabilidad, *T:* Total, *R:* Repeticiones, *Tr:* Tratamientos, *D:* Dosis, *E:* Etapas, *D x E:* Dosis por Etapas, *FA vs T (a y q):* Factorial versus Testigo absoluto y químico), *Ta vs Tq:* Testigo absoluto versus Testigo químico, *EE:* Error experimental, *n:* número de datos, *\bar{x} :* media general, *CV%:* Coeficiente de variación.

En la Tabla 9 se observa que las fuentes de variación (F de V) tratamientos (Tr), dosis (D), etapas de aplicación (E) y dosis por etapas (D x E), factorial versus testigos absoluto y químico [FA vs T (a y q)], testigo absoluto versus testigo químico (Ta vs Tq), resultaron no significativas, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) de medias iguales. Para la F de V, Repeticiones (R) resultó altamente significativa (< 0.01), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de medias iguales.

La media general de 2.93 hojas de un total de 32 datos registrados y el coeficiente de variación fue de 8.12 %; que es aceptable para esta investigación.

Figura 4

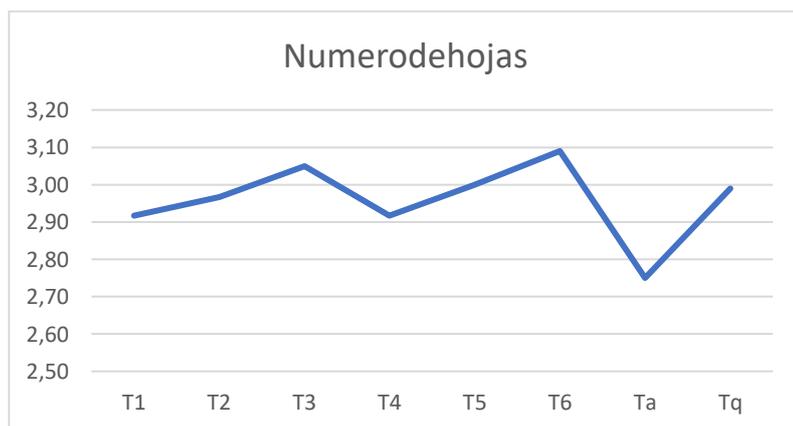
Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable número de hojas (N° hojas), Tulcán 2021.



En la Figura 4, se puede observar que el mayor rango de significación obtuvo la repetición III y los rangos de menor significación fueron las repeticiones I, II y IV.

Figura 5

Variable número de hojas (N° hojas), Tulcán 2021.



En la figura 5 se identifica que el T6 fue el que mayor número de hojas obtuvo de todos los tratamientos evaluados y el tratamiento absoluto fue el que menos resultados los obtuvo.

Tabla 9.

ADEVA para la variable longitud de hojas (cm), Tulcán 2021.

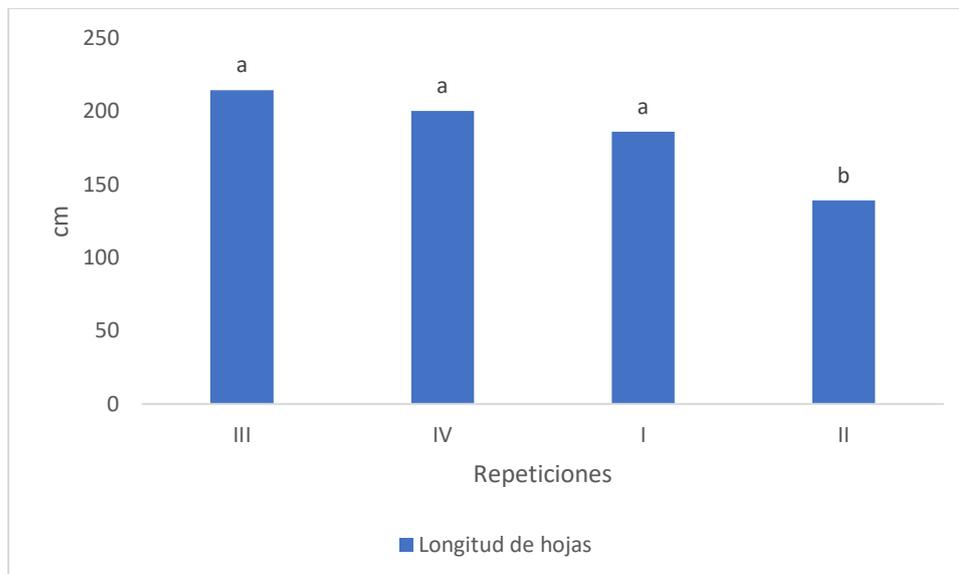
F de V	GL	SC	CM	F cal.		F Tab.		
						0.05	0.01	valor - p
T	31	54352.12						
R	3	25616.94	8538.98	11.84	* *	3.01	4.72	0.0001
Tr	7	11426.91	1632.42	2.26	NS	2.43	3.50	0.0641
D	2	2593.68	1296.84	1.80	NS	3.40	5.61	0.1872
E	1	190.58	190.58	0.26	NS	4.26	7.82	0.6119
D x E	2	1124.12	562.06	0.78	NS	3.40	5.61	0.4700
FA vs T (a y q)	1	917.92	917.92	1.27	NS	4.26	7.82	0.2704
Ta vs Tq	1	6600.62	6600.62	9.15	* *	4.26	7.82	0.0058
EE	24	17308.27	721.18					
	n:	32	x:	184.69		CV %:	14.54	

En la Tabla 10 se observa que las fuentes de variación (F de V) tratamientos (Tr), dosis (D), etapas de aplicación (E) y dosis por etapas (D x E), factorial versus testigos absoluto y químico [FA vs T (a y q)], resultaron no significativas, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H0) de medias iguales. Para las F de V Repeticiones (R) y testigo absoluto versus testigo químico (Ta vs Tq) resultó altamente significativa (< 0.01), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de medias iguales.

La media general de 184.60 cm de un total de 32 datos registrados y el coeficiente de variación fue de 14.54 %; que es aceptable para esta investigación.

Figura 6

Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable longitud de hoja (cm), Tulcán 2021.



En la Figura 6, se observa que el mayor rango de significación, obtuvieron las repeticiones I, III y IV y el rango de menor significación fue la repetición II.

En la Figura 7, se observa que, en los testigos adicionales, el testigo químico (Tq) se destacó con el rango más alto y el testigo absoluto (Ta), con el rango menor de significancia.

Figura 7

Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, de los tratamientos adicionales para la variable longitud de hoja (cm), Tulcán 2021.

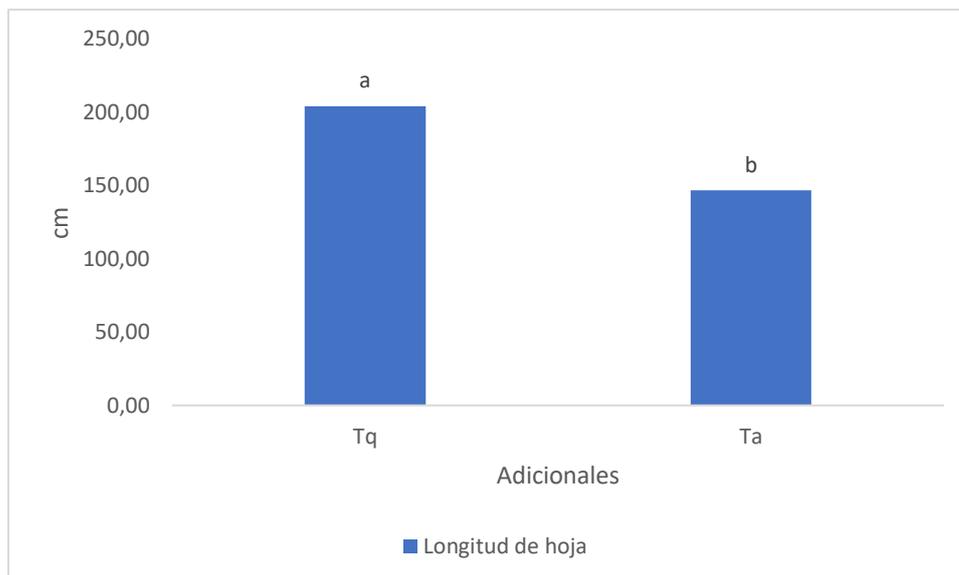
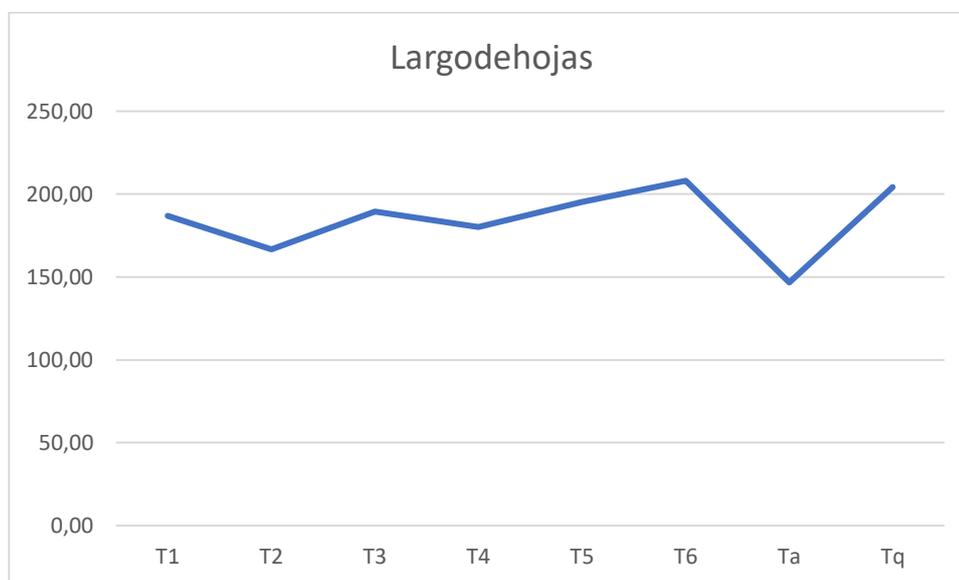


Figura 8

Variable longitud de hojas en mm, Tulcán 2021.



En la figura 8 se muestra que el T6 y el tratamiento químico obtuvieron el mayor largo de hojas en mm

Tabla 10.

ADEVA para la variable materia verde o peso fresco ($Kg\ ha^{-1}$), Tulcán 2021.

F de V	GL	SC	CM	F cal.	F Tab.			
					0.05	0.01	valor - p	
T	31	1.34						
R	3	0.59	0.20	10.07	* *	3.01	4.72	0.0002

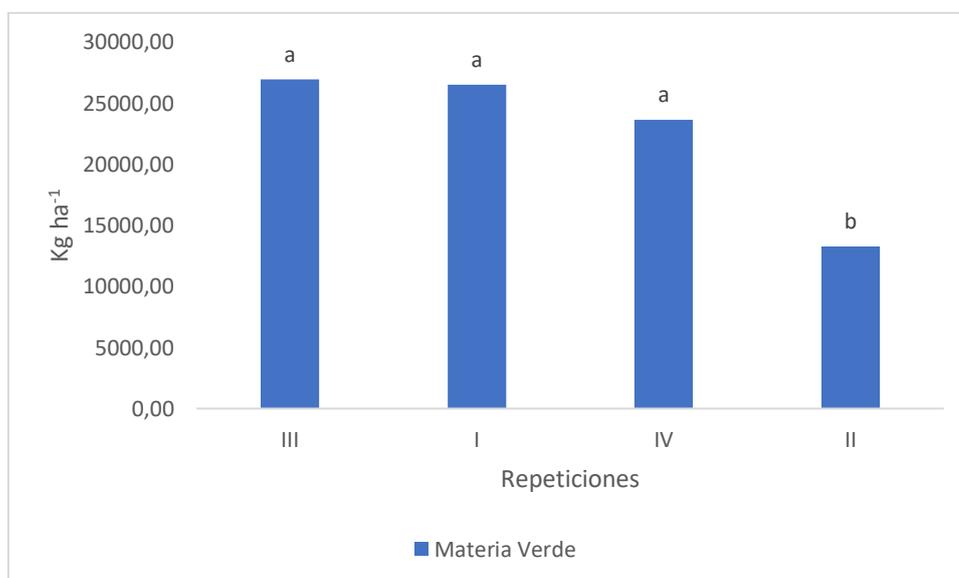
Tr	7	0.27	0.04	1.97	NS	2.43	3.50	0.1015
D	2	0.04	0.02	1.01	NS	3.40	5.61	0.3775
E	1	0.01	0.01	0.67	NS	4.26	7.82	0.4228
D x E	2	0.01	0.00	0.14	NS	3.40	5.61	0.8676
FA vs T (a y q)	1	0.02	0.02	0.89	NS	4.26	7.82	0.3554
Ta vs Tq	1	0.20	0.20	9.94	* *	4.26	7.82	0.0043
EE	24	0.47	0.02					
n:	32		x̄:	4.31		CV %:	3.25	

En la Tabla 11 se observa que las fuentes de variación (F de V) tratamientos (Tr), dosis (D), etapas de aplicación (E) y dosis por etapas (D x E), factorial versus testigos absoluto y químico [FA vs T (a y q)], resultaron no significativas, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) de medias iguales. Para las F de V Repeticiones (R) y testigo absoluto versus testigo químico (Ta vs Tq) resultó altamente significativa (< 0.01), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de medias iguales.

La media general de 20417.38 (\log_{10}^{-1} 4.31) kg ha^{-1} de un total de 32 datos registrados y el coeficiente de variación fue de 3.25 %; que es aceptable para esta investigación.

Figura 9

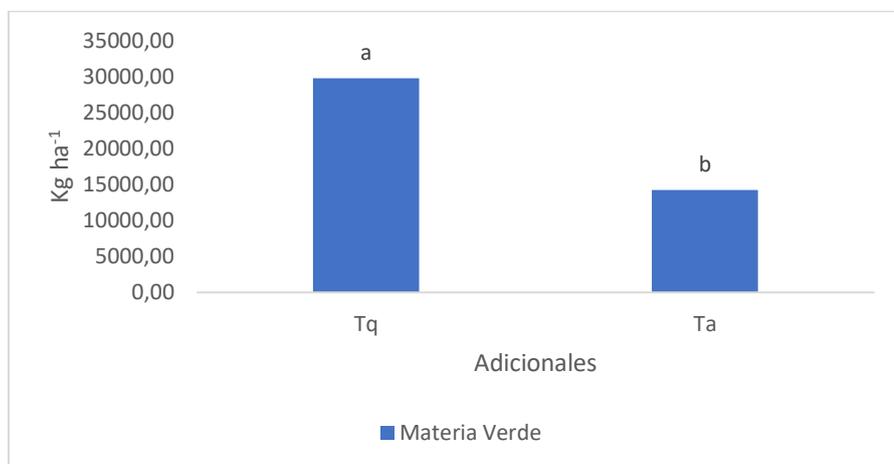
Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable cantidad de materia verde (Kg ha^{-1}), Tulcán 2021.



En la Figura 9, se observa que el mayor rango de significación, obtuvieron las repeticiones I, III y IV y el rango de menor significación fue la repetición II.

Figura 10

Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, de los tratamientos adicionales para la variable cantidad de materia verde (Kg ha⁻¹), Tulcán 2021.



En la Figura 10, se observa que, en los testigos adicionales, el testigo químico (Tq) se destacó con el rango más alto y el testigo absoluto (Ta), con el rango menor de significancia.

Figura 11

Cantidad de materia verde (Kg), Tulcán 2021.



En la Figura 11 se resalta que el testigo químico obtuvo los valores más altos en materia verde seguido del tratamiento.

Tabla 12.

ADEVA para la variable materia seca (%), Tulcán 2021.

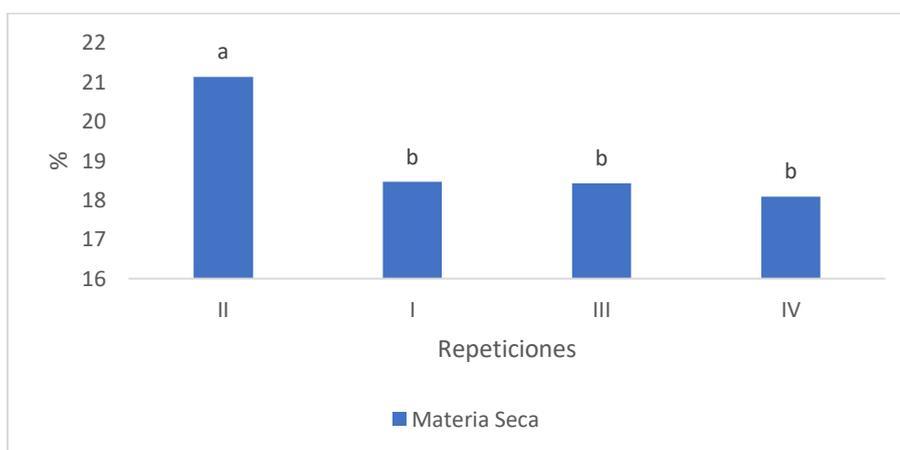
F de V	GL	SC	CM	F cal.	F Tab.			
					0.05	0.01	valor - p	
T	31	85.76						
R	3	47.90	15.97	11.04	* *	3.01	4.72	0.0001
Tr	7	3.15	0.45	0.31	NS	2.43	3.50	0.9416
D	2	0.18	0.09	0.06	NS	3.40	5.61	0.9411
E	1	0.17	0.17	0.12	NS	4.26	7.82	0.7372
D x E	2	0.36	0.18	0.12	NS	3.40	5.61	0.8832
FA vs T (a y q)	1	2.45	2.45	1.69	NS	4.26	7.82	0.2055
Ta vs Tq	1	0.00	0.00	0.00	NS	4.26	7.82	1.0000
EE	24	34.71	1.45					
n:		32		x̄:	19.02	CV %:		6.32

En la Tabla 12 se observa que las fuentes de variación (F de V) tratamientos (Tr), dosis (D), etapas de aplicación (E) y dosis por etapas (D x E), factorial versus testigos absoluto y químico [FA vs T (a y q)], testigo absoluto versus testigo químico (Ta vs Tq), resultaron no significativas, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H0) de medias iguales. Para la F de V, Repeticiones (R) resultó altamente significativa (< 0.01), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de medias iguales.

La media general de 19.02 % de un total de 32 datos registrados y el coeficiente de variación fue de 6.32 %; que es aceptable para esta investigación.

Figura 12

Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable materia seca (%), Tulcán 2021.



En la Figura 12, se observa que el mayor rango de significación obtuvo la repetición II y los rangos de menor significación fueron las repeticiones I, III y IV.

Tabla 13.

ADEVA para la variable materia seca (Kg ha⁻¹), Tulcán 2021.

F de V	GL	SC	CM	F cal.		F Tab.		valor - p
						0.05	0.01	
T	31	1.71						
R	3	0.85	0.28	12.29	* *	3.01	4.72	0.0000
Tr	7	0.31	0.04	1.96	NS	2.43	3.50	0.1038
D	2	0.04	0.02	0.91	NS	3.40	5.61	0.4146
E	1	0.01	0.01	0.58	NS	4.26	7.82	0.4556
D x E	2	0.01	0.00	0.18	NS	3.40	5.61	0.8351
FA vs T (a y q)	1	0.03	0.03	1.27	NS	4.26	7.82	0.2705
Ta vs Tq	1	0.22	0.22	9.68	* *	4.26	7.82	0.0048
EE	24	0.55	0.02					
n:		32		x̄:	4.04	CV %:		3.75

En la Tabla 13 se observa que las fuentes de variación (F de V) tratamientos (Tr), dosis (D), etapas de aplicación (E) y dosis por etapas (D x E), factorial versus testigos absoluto y químico [FA vs T (a y q)], resultaron no significativas, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H₀) de medias iguales. Para las F de V Repeticiones (R) y testigo absoluto versus testigo químico (Ta vs Tq) resultó altamente significativa (< 0.01), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de medias iguales.

La media general de 10964.78 (log₁₀⁻¹ 4.04) kg ha⁻¹ de un total de 32 datos registrados y el coeficiente de variación fue de 3.75 %; que es aceptable para esta investigación.

En la Figura 13, se observa que el mayor rango de significación, obtuvieron las repeticiones I, III y IV y el rango de menor significación fue la repetición II.

En la Figura 14, se observa que, en los testigos adicionales, el testigo químico (Tq) se destacó con el rango más alto y el testigo absoluto (Ta), con el rango menor de significancia.

Figura 13

Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, para la variable cantidad de materia seca (Kg ha⁻¹), Tulcán 2021.

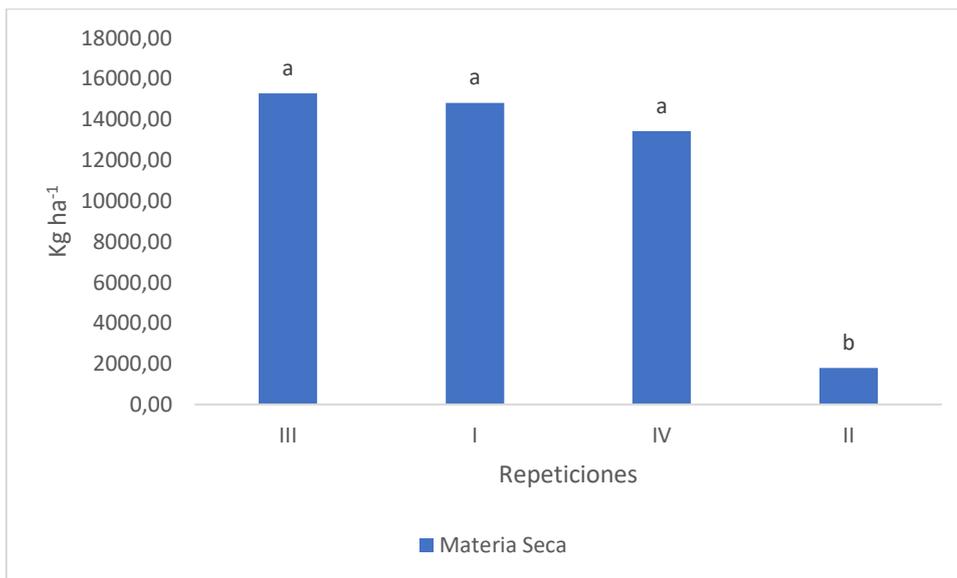


Figura 14

Análisis funcional Tukey al 0.05 de significancia estadística, de los tratamientos adicionales para la variable cantidad de materia seca (Kg ha⁻¹), Tulcán 2021.

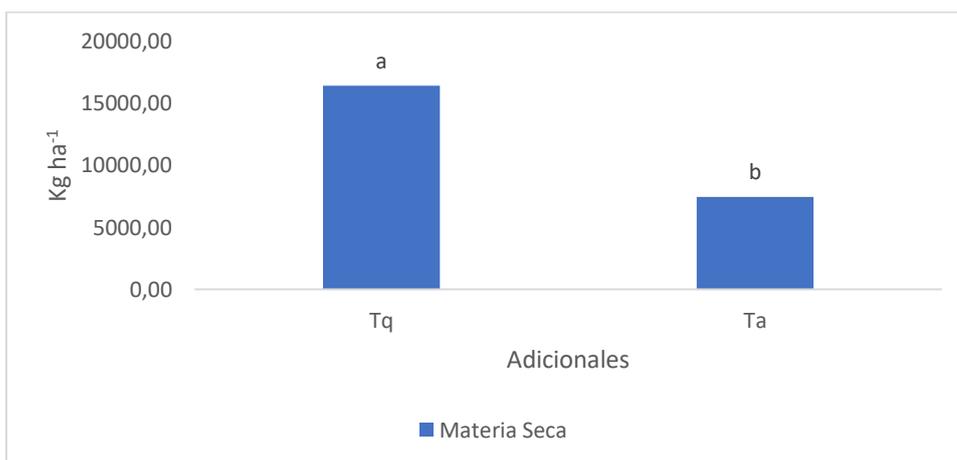
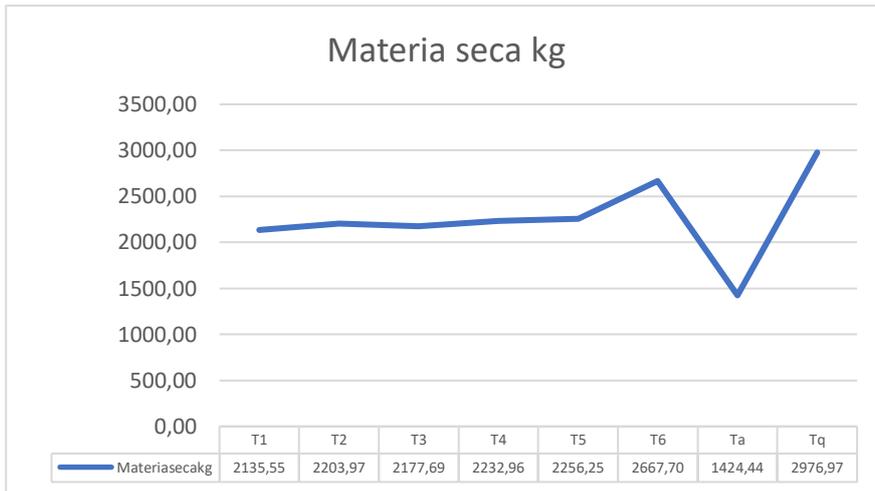


Figura 15

Variable materia seca en Kg



En la figura 15 se muestra que el testigo químico tiene mayor cantidad de materia seca en Kg seguido del tratamiento 6.

Del análisis de los índices agronómicos de eficiencia de uso de los nutrientes contenidos en el purín bovino con el aporte del fertilizante aplicado, se obtuvo lo siguiente:

Los índices de eficiencia de recuperación, de eficiencia fisiológica y de eficiencia interna de utilización

Los índices de eficiencia agronómica y para el factor parcial de productividad

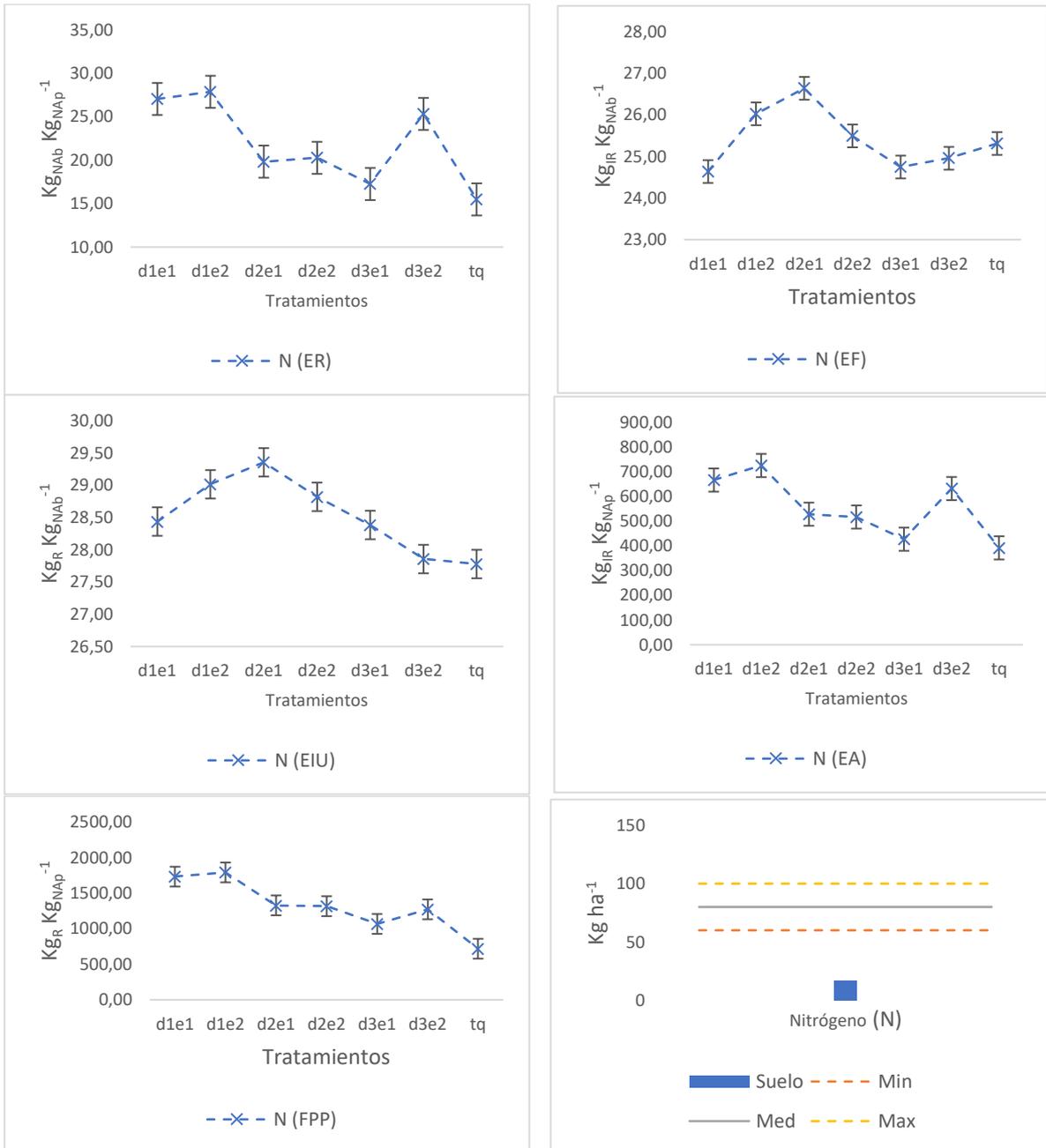
De acuerdo con la Figura 16, se observa que el mayor índice de eficiencia de recuperación (ER) para el Nitrógeno (N), fue la interacción t2, con 27.88 kg de N absorbido por cada kg de N aplicado.

De acuerdo con la Figura 16, se observa que el mayor índice de eficiencia fisiológica (EF) para el Nitrógeno (N), fue la interacción t2, con 26.64 kg de incremento del rendimiento de biomasa por cada kg de N absorbido.

De acuerdo con la Figura 16, se observa que el mayor índice de eficiencia interna de utilización (EIU) para el Nitrógeno (N), fue la interacción t3, con 29.35 kg de rendimiento de biomasa por cada kg de N absorbido.

Figura 16

Índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Nitrógeno (N), Tulcán 2021.



De acuerdo con la Figura 16, se observa que el mayor índice de eficiencia agronómica (EA) para el Nitrógeno (N), fue la interacción t2, con 725.55 kg de incremento del rendimiento de biomasa por cada kg de N aplicado.

De acuerdo con la Figura 16, se observa que el mayor índice para el factor parcial de productividad (FPP) en Nitrógeno (N), fue la interacción t2, con 1788.85 kg de rendimiento de biomasa por cada kg de N aplicado.

De acuerdo con la Figura 17, se observa que el mayor índice de eficiencia de recuperación (ER) para el Fósforo (P), fueron las interacciones t1, con 5.36 kg de P absorbido por cada kg de P aplicado.

De acuerdo con la Figura 17, se observa que el mayor índice de eficiencia fisiológica (EF) para el Fósforo (P), fueron las interacciones t2 y t4 con 217.39 kg de incremento del rendimiento de biomasa por cada kg de P absorbido.

De acuerdo con la Figura 17, se observa que el mayor índice de eficiencia interna de utilización (EIU) para el Fósforo (P), fueron las interacciones t2 y t4 con 217.39 kg de rendimiento de biomasa por cada kg de P absorbido.

De acuerdo con la Figura 17, se observa que el mayor índice de eficiencia agronómica (EA) para el Fósforo (P), fue la interacción t2, con 972.68 kg de incremento del rendimiento de biomasa por cada kg de P aplicado.

De acuerdo con la Figura 17, se observa que el mayor índice para el factor parcial de productividad (FPP) en Fósforo (P), fue la interacción t2, con 2398.17 kg de rendimiento de biomasa por cada kg de P aplicado.

De acuerdo con la Figura 18, se observa que el mayor índice de eficiencia de recuperación (ER) para el Potasio (K), fueron las interacciones t1, con 25.16 kg de K absorbido por cada kg de K aplicado.

De acuerdo con la Figura 18, se observa que el mayor índice de eficiencia fisiológica (EF) para el Potasio (K), fueron las interacciones t6 con 32.28 kg de incremento del rendimiento de biomasa por cada kg de K absorbido.

De acuerdo con la Figura 18, se observa que el mayor índice de eficiencia interna de utilización (EIU) para el Potasio (K), fueron las interacciones t6 con 29.94 kg de rendimiento de biomasa por cada kg de K absorbido.

De acuerdo con la Figura 18, se observa que el mayor índice de eficiencia agronómica (EA) para el Potasio (K), fue el testigo químico (tq), con 472.32 kg de incremento del rendimiento de biomasa por cada kg de K aplicado.

De acuerdo con la Figura 18, se observa que el mayor índice para el factor parcial de productividad (FPP) en Potasio (K), fue la interacción t2, con 1024.59 kg de rendimiento de biomasa por cada kg de K aplicado.

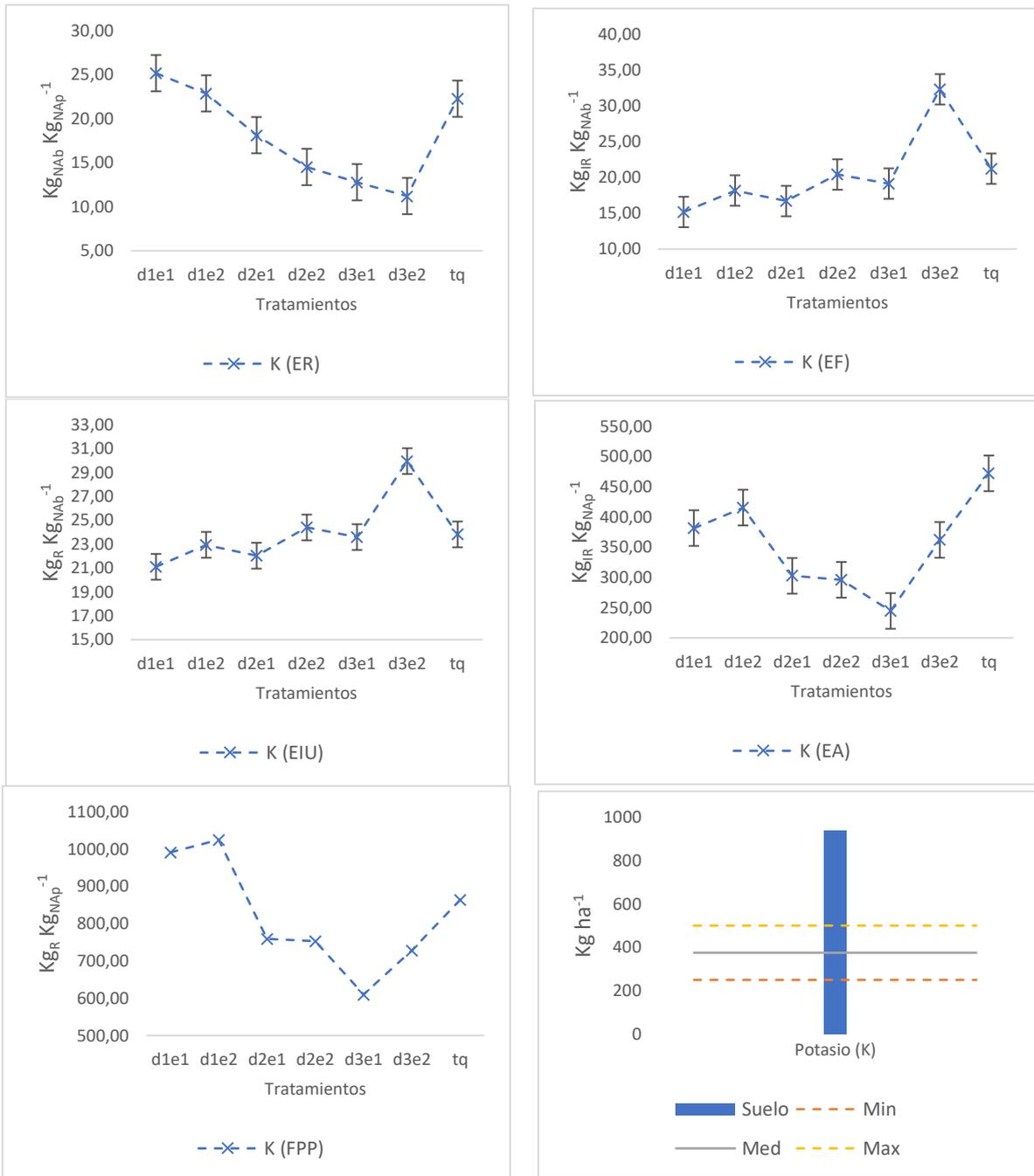
Figura 17

Índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Fósforo (P), Tulcán 2021.



Figura 18

Índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Potasio (K), Tulcán 2021.



En la Tabla 14, se observa el contenido de nutrientes de la muestra tomada antes del ensayo, comparado con los tratamientos y las necesidades minerales normales y tolerables, así como los valores (subrayados) máximos obtenidos en cada tratamiento, para el análisis respectivo.

Tabla 11.

Comparativo del contenido de nutrientes de tratamientos con las necesidades minerales de bovinos.

Análisis	Unidades	CNAE	Tr1 d1e1	Tr2 d1e2	Tr3 d2e1	Tr4 d2e2	Tr5 d3e1	Tr6 d3e2	Tr7 Ta	Tr8 Tq	NMB	NMTB
MS	%	11.5	18.17	18.08	18.83	18.08	18.53	18.67	<u>15.50</u>	<u>18.50</u>	-	-
NT	%	4.39	3.52	3.45	3.41	3.47	3.52	3.59	3.18	<u>3.60</u>	-	-
P	%	0.43	<u>0.51</u>	0.46	0.47	0.46	0.48	0.49	0.46	<u>0.51</u>	1.00	1.00
K	%	4.36	<u>4.74</u>	4.36	4.54	4.10	4.24	3.34	3.58	4.20	0.70	3.00
Ca	%	0.34	<u>0.24</u>	0.27	0.25	0.27	0.25	0.22	0.23	<u>0.33</u>	2.00	2.00
Mg	%	0.18	0.18	0.19	0.20	0.17	0.17	0.17	0.19	<u>0.23</u>	0.20	0.40
S	%	0.3	0.22	0.22	0.25	0.30	0.29	0.28	0.19	<u>0.33</u>	0.15	0.40
B	mg kg ⁻¹	24.8	22.00	<u>24.80</u>	23.20	23.60	22.80	24.00	20.80	21.20	-	-
Cu	mg kg ⁻¹	9.8	<u>9.20</u>	7.30	8.00	7.50	6.60	8.80	7.90	8.30	10.00	100 - 115
Fe	mg kg ⁻¹	212	110.00	103.00	102.00	101.00	97.20	106.00	76.00	<u>145.00</u>	50.00	1000.00
Mn	mg kg ⁻¹	72.2	46.60	45.20	40.40	46.80	45.60	44.40	<u>53.40</u>	52.80	40.00	1000.00
Zn	mg kg ⁻¹	44.8	22.80	25.20	26.00	23.20	22.40	22.60	20.40	<u>26.60</u>	30.00	500.00
Na	%	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	<u>0.08</u>	0.07	0.06	0.01	1.00

CNAE: Contenido de nutrientes antes del ensayo, t₁₋₈: Tratamientos, NMB: Necesidades minerales de Bovinos, NMTB: Necesidades minerales tolerables en Bovinos, MS: Materia seca, NT: Nitrógeno Total. : Valores máximos obtenidos.

En la Tabla 15 y Figura 19, se observa el análisis económico de los tratamientos de los costos involucrados, tasa beneficio/ costo y rentabilidad, para ser analizado en la toma de decisiones del sistema productivo agropecuario.

Tabla 12.

Análisis económico de los tratamientos de la investigación, Tulcán 2021.

Tratamientos	Descripción	D m ³ ha ⁻¹	E DPC	Unidad	Dosis	Biomasa Kg ha ⁻¹	B USD* ¹
Tr1	d1e1	1	1	m ³ ha ⁻¹	60	12091.25	2351.08
Tr2	d1e2	1	2	m ³ ha ⁻¹	60	12504.06	2431.35
Tr3	d2e1	2	1	m ³ ha ⁻¹	80	12357.50	2402.85
Tr4	d2e2	2	2	m ³ ha ⁻¹	80	12250.00	2381.94
Tr5	d3e1	3	1	m ³ ha ⁻¹	100	12408.75	2412.81
Tr6	d3e2	3	2	m ³ ha ⁻¹	100	14797.50	2877.29
Tr7	ta	-	-	m ³ ha ⁻¹	0	7432.50	1445.21
Tr8	tq	-	-	kg ¹⁵⁻¹⁵⁻¹⁵ ha ⁻¹	152.50	16400.00	3188.89

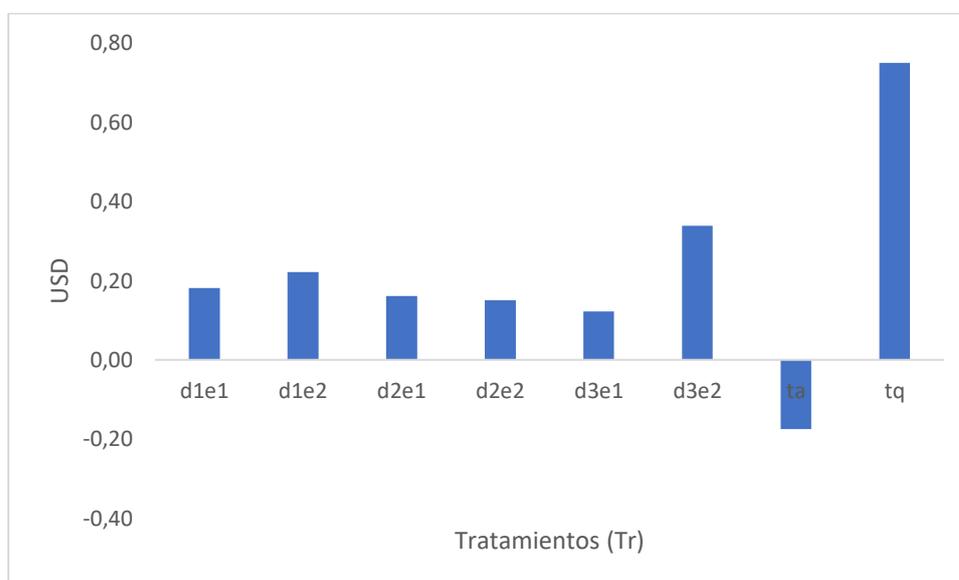
Tratamientos	Descripción	CF	CV	CT	U	Tasa	R
--------------	-------------	----	----	----	---	------	---

		USD	USD	USD	USD	B / C	USD*
Tr1	d1e1	1750	240	1990.00	361.08	1.18	0.18
Tr2	d1e2	1750	240	1990.00	441.35	1.22	0.22
Tr3	d2e1	1750	320	2070.00	332.85	1.16	0.16
Tr4	d2e2	1750	320	2070.00	311.94	1.15	0.15
Tr5	d3e1	1750	400	2150.00	262.81	1.12	0.12
Tr6	d3e2	1750	400	2150.00	727.29	1.34	0.34
Tr7	ta	1750	0	1750.00	-304.79	0.83	-0.17
Tr8	tq	1750	73.20	1823.20	1365.69	1.75	0.75

D: Dosis, E: Etapa de aplicación, B: Beneficio, CF: Costo Fijo, CV: Costo Variable, CT: Costo Total, U: Utilidad, B/C: Tasa Beneficio Costo, R: Rentabilidad.

Figura 19

Análisis económico de la rentabilidad (R) los tratamientos de la investigación, Tulcán – 2021.



V. DISCUSIÓN

5.1. Análisis de la discusión

Del análisis de varianza para las variables número de hojas, longitud de hojas, materia fresca, materia seca y porcentaje de materia seca las fuentes de variación de interés no resultaron significativas, que pudo deberse a que el contenido de nutrientes en el suelo como el K, Mg, Fe, Mn, Zn se encuentran sobre los niveles óptimos para pastos en cultivo intensivo, que incidieron en los procesos metabólicos de la planta, que se expresaron en la fenología de la planta, por lo cual no se esperaría respuesta metabólica en las variables analizadas; al aplicar los tratamientos, por lo expuesto por INPOFOS org (2003) el K juega un papel importante en la fotosíntesis y en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos en la planta, el Mg activa el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas que inciden en la biomasa, el Fe importante en la transferencia de energía, el Mn conjuntamente con el Fe interviene en la síntesis de clorofila, el Zn importante en los proceso de crecimiento y afecta la elongación de las plantas, el exceso de fertilizante, puede provocar sobrefertilizaciones y acumulaciones nocivas de elementos, que puede provocar daños metabólicos en la planta o reacciones negativas en los animales que la consumen. Mientras que en las fuentes de variación bloques (Figura 4, 6, 9, 12, 13) o repeticiones (R) en las variables estudiadas resultaron altamente significativas, que pudo deberse a la variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en el suelo de la parcela de investigación, por lo expuesto por Ciarlo, *et al.* (2020) la variación espacial de las propiedades físico – químicas del suelo como el contenido de carbono orgánico (COS), contenido de agua, contenido de macro y micro nutrientes, pH, conductividad eléctrica (CE), está influenciadas por el tipo de uso del suelo, sistemas de labranza, prácticas agrícolas, fertilización y enmiendas orgánicas. En la fuente de variación factorial vs los adicionales testigo absoluto y químico (FA vs ta, tq) (Figura 7, 10 y 14) de la variable longitud de hojas, se destacó el testigo químico (Tq), sobre el testigo absoluto (Ta), por el efecto del tratamiento aplicado en Tq; que produjo esta respuesta.

En el análisis de los índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Nitrógeno (Figura 16) la mayor eficiencia de recuperación (ER), eficiencia fisiológica (EF), eficiencia agronómica (EA) y factor parcial de productividad (FPP), se logró con la interacción d1e2 [dosis $60\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ + 15 días post – corte (DPC)], la etapa 2 es importante para estos indicadores, porque se encuentran en el tiempo de absorción del N orgánico del purín que se comporta como quelato orgánico de aminoácidos más proteínas; que son de rápida asimilación por la planta, por lo expuesto por Padilla (2016) los residuos orgánicos sean en forma líquida o sólida de baja relación Carbono/ Nitrógeno (C:N), quedan sometidos a una descomposición rápida; dejando disponibles sus elementos unidos a moléculas orgánicas (quelatos orgánicos), que en el caso del N pueden ser absorbidos en menos de 12 minutos y activan el metabolismo fisiológico de las plantas.

Para el indicador eficiencia interna de utilización (EIU) en N (Figura 16); fue la interacción d2e1 (dosis $80\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ + 8 DPC), la respuesta en el indicador EIU se debe a que los niveles de N en suelo según el análisis (*Anexo A*) se encontraron bajos, por lo tanto, hubo respuesta en este indicador a esta dosis, que relaciona el rendimiento de biomasa por cantidad de fertilizante aplicado y por el tiempo de traslocación de los carbohidratos no estructurales (CNE) en la etapa dos (15 DPC), por lo expuesto por, (Méndez, Barraco y Berone, 2016) la fertilización con base a nitrógeno permite incrementar la producción de biomasa y cambiar la distribución del forraje; por su alta movilidad en suelo y dentro de la planta en la cual influye mucho el fenómeno físico de flujo de masas en el cual este nutriente se mueve por el movimiento del agua en el suelo y por la transpiración de la planta, complementando por lo expuesto por INPOFOS org (2003) los CNE se almacenan en raíces, rizomas, estolones y coronas; sirviendo como reservas, cuando la planta los utiliza se tralocan a los puntos de crecimiento como fuente de nutrientes y energía en el desarrollo vegetativo después del corte o después del pastoreo. Para el caso de la interacción d3e1 y d3e2, se hubiera esperado mayor respuesta en los indicadores, pero se puede observar que la etapa dos es importante, por que hay una mayor respuesta que la etapa uno, pero por la dosis de $100\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$, esta también está acompañada por los elementos que están en exceso en el análisis de suelo, lo que se podría resultar en un antagonismo entre nutrientes que inhibieron la respuesta, por lo expuesto por Marshner (2012) un desequilibrio en

la nutrición del suelo puede provocar antagonismos en nutrientes, es decir que el aumento de los niveles de uno o varios nutrientes puede inhibir la absorción del otro u otros; que inciden sobre la fisiología vegetal, para lo cual se recomienda considerar los niveles o concentraciones de los nutrientes en el suelo en los programas de fertilización.

En el análisis de los índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Fósforo (Figura 17) todos respondieron en la interacción d1e1 y d1e2, hay que tomar que este nutriente en el suelo se encontró sobre el nivel mínimo, por lo cual, la respuesta no fue tan marcada como en el N, porque hay reservas de P disponible en el suelo y se complementan con la cantidad de nutriente de las dosis de 60 y 80 m³ ha⁻¹ del purín, así mismo por las características químicas de P en forma orgánica (quelato orgánico), facilitó su absorción a diferencia del testigo químico (tq) donde el P se encuentra en forma de sal mineral, por lo que necesita mayor tiempo para ser absorbido por la planta, también por el movimiento lento del P en el suelo como sal y el fenómeno físico – químico diferente al N que se denomina difusión que responde a gradientes de concentración del nutriente en la rizosfera y que se facilita al adicionar fuentes solubles o líquidas; para poder ingresar a la planta, por lo expuesto por Marshner (2012) para que se produzca el efecto de difusión es necesaria la interacción de una zona de alta concentración y una de baja concentración de nutrientes minerales, que se agiliza al adicionar una fuente de alta solubilidad para promover el movimiento y que el nutriente sea absorbido fácilmente, así los contenidos del nutriente sean altos, también por lo expuesto por Padilla (2016) las formas quelatadas orgánicas de los nutrientes son de fácil asimilación en el caso del P el tiempo de absorción del 50% de P; puede ser menor a dos horas, dependiendo de las características fisicoquímicas del suelo

En el análisis de los índices agronómicos de eficiencia del uso de nutrientes para el Potasio (K) (Figura 18), es importante considerar que el K en el suelo se encontró sobre los niveles óptimos, es decir, estuvo en exceso, por lo tanto, en la interacción d1e1 (60m³ ha⁻¹ + 8 DPC) el indicador ER tuvo la eficiencia más alta kg de K absorbido por cada kilogramo de K aplicado, a esta dosis y etapa, al igual que el indicador FPP con la interacción d1e2 (60 m³ ha⁻¹ + 15 DPC) kg de rendimiento por cada kg de K aplicado, la forma de K orgánico (quelato orgánico) fue importante, mientras que, para las interacciones restantes donde se hubiera

esperado mayor respuesta, los antagonismos con otros nutrientes, por exceso de K en el suelo y el pH 5.3, medio ácido, la respuesta fue baja. Por lo expuesto, por Padilla (2016) en pH ácido la absorción del K se ve limitada porque no es disponible fácilmente. En el caso del indicador EF la interacción d3e2 (100m³ ha⁻¹ + 15 DPC) tuvo la más alta eficiencia de kg de incremento del rendimiento de biomasa por cada kg de K absorbido, la planta al absorber el K también ingresaron los otros micronutrientes del purín que estimularon la fisiología vegetal, las características orgánicas del purín (quelato orgánico) fueron importantes para su absorción en menor tiempo, por lo expuesto por Marshner (2012) la absorción del K como catión univalente es altamente selectiva, muy relacionada a la actividad metabólica de la fisiología vegetal y alta movilidad en las plantas (entre células, tejidos, transporte vía floema y xilema), por lo tanto, que incide sobre la biomasa vegetal.

Para el indicador EA para el K, resultó la mayor eficiencia el testigo químico (tq), debido a que el tiempo de absorción es corto como sal en el suelo a diferencia del P y el contenido de K fue mayor que en el purín, por lo tanto, su absorción fue mayor, que incidió sobre el incremento de rendimiento de la biomasa, por lo expuesto por Rodriguez (2023) el K es el catión más abundante en el citoplasma, primordial para el potencial osmótico de células y tejidos, se encuentra en cloroplastos y vacuolas; facilitando el elongamiento celular y turgencia; que incide directamente sobre la biomasa vegetal; como sal en el suelo puede ser absorbido el 50% de K; dependiendo de las características fisicoquímicas del suelo alrededor de cuatro días.

En cuanto al valor nutricional del pasto, de la Tabla 14, para los macronutrientes, se puede observar las necesidades minerales en bovinos (NMB) y las necesidades minerales tolerables en bovinos (NMTB) comparado con los contenidos de nutrientes de los tratamientos evaluados, en el caso del P el mayor contenido de este nutriente fue en el tratamiento uno (t1) que igualó al contenido de P en el testigo químico (tq) y que están dentro del rango normal (1%) y tolerable en bovinos (1%), en el caso del K el mayor contenido de este nutriente fue en t1 que sobrepasa al contenido normal (0.70%) y tolerable (3.00 %), sumado a esto que los niveles de K en el suelo (Anexo A) sobrepasaron los niveles mínimos a máximos recomendados para pastos, que puede traer efectos negativos en la

salud animal bovina al consumirlo, en este caso de acuerdo al análisis de suelo la relación K:Mg resultó en cinco que es considerado alto, porque el nivel recomendado para pastos, se debe procurar que sea menor o igual a tres, por lo expuesto por Doncel, *et al.* (2021) los desbalances nutricionales en pastos por el suelo, pueden provocar efectos adversos en la salud animal como es la hipomagnesemia (tetania de los pastos), esta enfermedad se presenta en forma general en vacas de 24 – 48 horas después del parto, es inducida por la falta de Mg en pastos tiernos fuertemente fertilizados con N y K. Por lo tanto el nivel de K similar al NMTB sería el tratamiento seis (t6) con 3.34 % de K.

En el caso de los nutrientes secundarios el aporte mineral de N, P, K del tq, permitió que los niveles de Ca, Mg y S del suelo puedan ser absorbidos por el pasto y se encuentren dentro de los rangos tolerables para bovinos; destacándose el tq; con el mayor contenido de estos nutrientes.

En el caso de los micronutrientes Cu, Fe, Mn, Zn y Na los niveles se encontraron dentro de los rangos tolerables bovinos, con lo cual no se esperaría problemas de deficiencia en la dieta nutricional.

De la Tabla 15 y Figura 19, correspondiente al análisis económico se tomaron en cuenta los costos de inversión del experimento, el costo potencial de las dosis de purín utilizadas y su proceso de obtención, el beneficio económico de la biomasa seca en caso ser negociada, para tener un panorama de la rentabilidad potencial que se podría obtener, donde el tratamiento ocho (t8) con 0.75 USD por cada dólar invertido, correspondiente al testigo químico (tq) obtuvo la mayor rentabilidad, pero por el contenido que excede las necesidades de k en bovinos; se lo descartaría, siendo el tratamiento seis correspondiente a la interacción d3e2 ($100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} + 15 \text{ DPC}$) donde el contenido de K es similar a las necesidades minerales en bovinos y obtuvo una rentabilidad de 0.34 USD por cada dólar invertido y el testigo absoluto (ta) resultó con una rentabilidad negativa; por lo tanto no es viable económicamente.

VI. CONCLUSIONES

- La calidad nutricional de los purines produjo respuesta positiva en los indicadores agronómicos de eficiencia de nutrientes, por su contenido de macro y micronutrientes; por lo que se convierten en un recurso orgánico como bioinsumo; importante en el sistema productivo pecuario.
- A pesar de que las etapas de aplicación y las dosis del purín bovino no resultaron significativas, su naturaleza similar a los quelatos orgánicos les convierte en un complejo fertilizante de fácil asimilación y rápida respuesta fisiológica en los pastos. Así se muestra que el tratamiento 6 con una dosis de 100 m³/ha de purín a los 15 días después del corte resultó el mejor después del testigo químico con relación a cantidad de materia seca y materia verde producida por hectárea.
- A pesar de que la rentabilidad de la fertilización química resultó mayor, también se obtuvo resultados positivos con el uso del purín bovino, la ventaja comparativa con la fertilización química es que se puede ahorrar recursos económicos y obtener rentabilidad con el uso de los propios insumos de la finca; que es beneficioso para la sostenibilidad y sustentabilidad del sistema productivo.

VII. RECOMENDACIONES

- Capacitar a los productores sobre la utilidad de los bioinsumos líquidos, por las ventajas en la facilidad de absorción por parte la planta y respuesta fisiológica comparativa con relación al uso de los purines en una dosis de 100 m³/ha aplicado a los 15 días después del pastoreo, para perseguir una ganadería sostenible y sustentable.
- Socializar a los productores sobre la importancia económica de los bioinsumos obtenidos por el manejo adecuado de los efluentes en piscinas de oxidación.
- Impulsar el manejo adecuado de los purines cumpliendo las normativas vigentes, especialmente las de Buenas prácticas, con las que se obtiene bonificación económica por litro de leche vendido a las industrias.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocalidad. (2012). *Manual de alternativas de tratamiento de purines*. Quito: Agrocalidad. Obtenido de <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/ManualTratamientoPurines.pdf>
- Agrocalidad. (2013). *Guía de buenas prácticas pecuarias en ganadería de leche para pequeños productores*.
- Amangandi Sinchip, O., Román, F., & Ruiz, C. (2023). Valor nutricional y producción de los principales cultivos forrajeros en el cantón Guaranda –Bolívar - Ecuador. *TESLA*, 3(2), 192. doi:<https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e192>
- Arteaga, D. V.-G. (2019). EFICIENCIA AGRONÓMICA DE NITRÓGENO Y PRODUCCIÓN DE *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. EN FUNCIÓN DE DOS FRECUENCIAS DE CORTE. . *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(3), 251-260. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000405>
- Barrios, E. A. (2006). Utilización de *Plantago lanceolata* en la alimentación de corderos en la estación estival. *PRODUCCIÓN DE CARNE OVINA DE CALIDAD*, 63-70.
- Casasola, F., & Villanueva, C. (2015). *Buenas prácticas para la mitigación al cambio climático de los sistemas de producción*. Costa Rica: Catie.
- CEPAL. (2023). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.
- Ciarlo, E., María del Pilar, M., Peralta, N., Comparín, M., Gregorini, F., Cipriotti, P., & Giuffrè, L. (2020). Variabilidad espacial de propiedades del suelo: efecto del uso y tipo. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo - AACCS ar*, 1-13. Obtenido de http://www.suelos.org.ar/publicaciones/Volumen38n2/5-625_Variabilidad_espacial_W.pdf
- Crespo, R. J., Castaño, J. A., & Capurro, J. A. (2007). Secado de Forraje con el Horno Microondas: Efecto Sobre el Análisis de Calidad. *Agricultura Técnica*, 67(2). <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000200013>
- Doncel, B., Puentes, J., Caffarena, R., Correa, F., Costa, R., & Giannitt, F. (2021). Hypomagnesemia in beef cattle. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 1-11. doi: 10.1590/1678-5150-PVB-6826
- Durand Villegas, P. J. P. (2018). *Producción de biol utilizando mezcla de heces vacunos y cuy, para mejorar la producción de alfalfa (Medicago sativa) Pariacoto, 2018*. Universidad César Vallejo.

- EGL co. (2013). *Gramíneas forrajeras para ganado*. Bogotá: Printer Colombiana.
- Elizondo, J., & Espinoza, H. (2021). Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. *Nutrición Animal*, 15(2). doi:<https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.48001>
- FAO. (2006). *La Larga Sombra del ganado, problemas ambientales y opciones*. Roma: FAO.
- FAO. (2010). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. Lima: IPES.
- FAO. (2018). *Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es/>
- FAO. (2019). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028*. Paris: FAO. doi:<https://doi.org/10.1787/7b2e8ba3-es>
- Fernández, J. (2020). Caracterización físico-química de biofertilizantes producidos a partir de la fermentación anaeróbica de residuos en establos lecheros. *UCE ec*, 1-71. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.dspace.uce.edu.ec%2Fbitstream%2F25000%2F22428%2F1%2FT-UC-0004-CAG-281.pdf&clen=2993109
- FNPL cl. (10 de 09 de 2020). *Análisis producción de leche*. Obtenido de Análisis producción de leche en América Latina y el Caribe: <https://www.fedeleche.cl/ww4/index.php/noticias/todas-las-noticias/5626-analisis-produccion-de-leche-en-america-latina-y-el-caribe#:~:text=En%20l%C3%ADneas%20generales%2C%20se%20distingue,con%20el%2015%2C6%25.>
- Gil, M. J., & Utrilla, V. (2022). Evaluación de la calidad nutricional en pasturas de gramíneas perennes relacionada con el estado fenológico y el ambiente en el Sur de Santa Cruz. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 104–118. doi:<https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v14.n2.883>
- Gutierrez, F., Estrella, A., Irazábal, E., Quimiz, V., Portilla, A., & Bonifaz, N. (2018). MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE LA PROTEINA DE LOS PASTOS EN BOVINOS DE LECHE UTILIZANDO CUATRO FORMULACIONES BALANCEADAS. *La Granja*, 25-32. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lgr/v28n2/1390-3799-lgr-28-02-000115.pdf>
- INIAP. (2011). *GUIA DE MANEJO DE PASTOS PARA LA SIERRA SUR ECUATORIANA*. Cuanca.
- INPOFOS org. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Ottawa, Canadá: Instituto de la Potasa y el Fósforo - INPOFOS.

- INTA. (2016). *Manual del Protagonista, Pastos y Forrajes*. Nicaragua: Inatec.
- IPNI org. (2009). *Uso eficiente de nutrientes*. Washington - USA: International Plant Nutrition Institute - IPNI.
- Jurado Lara, F. A. (2019). *Evaluación del efecto de varias dosis de purín de lombriz y de cortes en el desarrollo del pasto Brachiaria brizhanta (Marandú) en el cantón Cumandá, provincia de Chimborazo* [Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12538>
- León, C., & David, C. (2010). Tratamiento de residual vacuno utilizando microalgas,. *Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 155-177.
- León, R., Bonifaz, N., & Gutierrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas*. Quito: Editorial Universitaria Abya-Yala .
- MAGAP. (2020). *Seis ejes de política convertirán al agro en el motor de la economía*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/seis-ejes-de-politica-convertiran-al-agro-en-el-motor-de-la-economia/>
- MAGAP ec. (2019). *Base de datos STRA*. Tulcán: MAGAP - STRA.
- Marshner, P. (2012). Plant - Soil Relationships. En P. Marshner, *Mineral Nutrition of Higher Plants* (págs. 315-328). Adelaide au, Australia: University of Adelaide.
- Martín, G., Milera, M., Simón, L., Hernández, D., Hernández, I., Iglesias, J., & González, E. (2000). La Agroforestería para la producción animal. Un enfoque a la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". *EEPF - IH*, 1-12. Obtenido de <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=941&path%5B%5D=443>
- Méndez, D., Barraco, M., & Berone, G. (2016). Fertilización nitrogenada de pasturas de festuca y agropiro. *INTA ar*, 1-2. Obtenido de https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/89/INTA_CRBsAsNorte_EEAGraVillegas_mendez_fertilizacion_pasturas.pdf?sequence=2
- MGAP . (2016). *Manual para manejo de efluentes en el tambo*. Uruguay.
- MGAP, P. P. (2008). *Manual para el manejo de efluentes en el tambo*. Uruguay: Fundación Julio Ricaldoni.
- Montenegro, J. (2018). Balance de nitrógeno en un sistema de producción de leche especializado. *Alcances tecnológicos*. Obtenido de <https://doi.org/10.35486/at.v9i1.49>
- Nestle. (2020). *Manual del Proveedor de leche*. Ecuador: Nestle.
- Ordoñez-Vargas, W. F., Posada-Ochoa, S. L., & Rosero-Noguera, R. (2023). Emisiones de gases de efecto invernadero por aplicación de excrementos bovinos al suelo. *Información Tecnológica*, 34(1), 101–116.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642023000100101>

- Padilla, W. (2016). Memorias del tercer curso internacional de manejo de agua y fertilizantes en cultivos intensivos. *AGROBIOLAB ec*, 40-54.
- Percy, C. (2010). *Cultivo de pastos*. Lima: Swisscontact.
- Pezo, D., & García, F. (2018). *Uso eficiente de fertilizante en pasturas*. Turrialba, Costa Rica: ISBN. Obtenido de http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/9227/Uso_eficiente_de_fertilizantes_en_pasturas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pino, S. H. (2018). Aportes del sector agropecuario. Analisis crítico de su evolución años 200-2016. *Espa*, 39, 7-15. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p07.pdf>
- RCR cr. (23 de Enero de 2012). DECRETO SOBRE USO DE PURINES DE GANADO BOVINO, COMO MEJORADOR DE SUELOS. San José, Costa Rica.
- Salazar, F. (2016). *Manual de manejo y producción de purines de lechería*. Chile: Osorno.
- Salcedo, G. (2005). Estimación de excretas en sistemas de producción de leche basados en el aprovechamiento de forrajes. *Dpto. de Tecnología Agraria del IES "La Granja" 39792, Heras*. Obtenido de http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/22/cys22_Produccion_de_leche.pdf
- Salcedo, G., Martínez, L., Tejero, I., & Rico, C. (2007). Composición química del purin en explotaciones lecheras de Cantabria y su relación con la nutrición. *La Granja*(20), 36-42. Obtenido de http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/20/20-bov-Composicion-quimica-purin.pdf
- Sierra, J. (2015). *Fundamentos para el establecimiento pasturas y cultivos forrajeros*. Antioquia: Colombiana editoriales.
- Szogi, A. (2014). Aprovechamiento y manejo ambiental de los residuos de la producción animal intensiva. *Servicio de Investigación Agrícola*, 1-6.
- Tambo Laime, D., Céspedes Paredes, R., & Esprella Viorel, B. (2016). Evaluación del efecto de biol bovino en la producción y calidad de cebada (*Hordeum Vulgare L.*) en época de invierno en la estación experimental choquenaira, Viacha- La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(1), 55–66.
- Taverna, M., Charlón, V., García, K., & Walter, E. (2013). UNA PROPUESTA INTEGRAL DE MANEJO DE EFLUENTES. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 40-50.

Villegas, D., & Valbuena, N. &. (2019). Evaluación de modelos aplicados a la producción de materia seca de *Brachiaria brizantha* en el periodo lluvioso. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 33-45.
doi:<https://doi.org/10.22267/rcia.193601.96>

Yenen, V. (2014). *Buenas prácticas en Ganadería*. Maracaibo: Astro Data, S.A.

IX. ANEXOS

Anexo A. Análisis de suelo de la parcela de investigación.



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.
Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
Tel: 02-2490573/02-2482148/0984-034148
info@agrarprojekt.com
www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt:

WIM-291220

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Información Adicional:	Finca La Primavera
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Pastos
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Lote Tesis

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

Análisis		Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Pastos - Cultivo Intensivo	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	3 - 13	22.6
	Acidez Intercambiable	meq/100g	-	< 0.5	0.77
	Aluminio Intercambiable	meq/100g	-	< 0.3	0.20
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0.2 - 0.3	0.16
	pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	-	6.4
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5.5 - 7.3	5.3
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	10.2
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	8.0
	(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	30 - 50	18.2
	Fósforo (P) - Olsen	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	20 - 35	21.8
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	125 - 250	468
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	45 - 90	94.0
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1200	346
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 20	10.8
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	20 - 50	590
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	4 - 20	24.5
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1.3 - 5.0	2.3
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	2.3 - 10	7.1
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0.15 - 0.60	0.17
Riesgo de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	9.0
	Cloruro (Cl)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	16.1
	Salos Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	132

* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohíbe la reproducción total o parcial de los resultados. No proceda copia.

Karl Sponagel

Agrarprojekt S.A.
Dr. Karl Sponagel
Director del Laboratorio

Anexo B. Análisis foliar de la materia seca del pasto.

Análisis	Unidades	Resultado
Materia Seca	%	11.5
Nitrógeno Total (N)	%	4.39
Fósforo (P)	%	0.43
Potasio (K)	%	4.36
Magnesio (Mg)	%	0.18
Calcio (Ca)	%	0.34
Azufre (S)	%	0.30
Sodio (Na)	%	0.06
Hierro (He)	Ppm	212
Manganeso (Mn)	Ppm	72.2
Cobre (Cu)	Ppm	9.8
Zinc (Zn)	Ppm	44.8
Boro (B)	Ppm	24.8

Fuente: Laboratorio Agrarprojekt, Norma ISO 17025

Anexo C. Registro fotográfico de ensayo.

- Preparación del terreno para ensayo



- Estableciendo área de parcelas.



- Piscinas de oxidación con efluentes del lavado de corrales



- Purin utilizado en los diferentes tratamientos



- Aplicación de purines en las parcelas



- Aplicación de fertilizante químico en la parcela testigo



- Medición de área para toma de muestras



- Toma de muestras



- Toma de datos de longitud y cantidad de hojas



- Toma de datos de materia verde y materia seca



- Corte de igualación para el siguiente ciclo de toma de datos.

