

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

ZOOTECNISTA



T E S I S

EFFECTO DE TRES NIVELES DE ENMIENDAS DE CAL (OXIDO DE CALCIO) Y YESO (SULFATO DE CALCIO) SOBRE LA ACIDEZ DEL SUELO, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS Y TRÉBOL BLANCO EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, CAJAMARCA.

Para obtener el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentado por la Bachiller:

BAUTISTA BARDALES GABRIELA

Asesor:

Dr. LUIS VALLEJOS FERNÁNDEZ

Cajamarca – Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS

Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
BAUTISTA BARDALES GABRIELA
DNI: 47746924
Escuela Profesional/Unidad UNC:
INGENIERIA ZOOTECNISTA
2. Asesor:
Dr. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ
Facultad/Unidad UNC:
INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"EFECTO DE LOS TRES NIVELES DE ENMIENDAS DE CAL (ÓXIDO DE CALCIO) Y YESO (SULFATO DE CALCIO) SOBRE LA ACIDEZ DEL SUELO, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ASOCIACIÓN RAÍGRAS Y TEBOL BLANCO EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, CAJAMARCA"
6. Fecha de evaluación: 03 / 07 / 2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 16 %
9. Código Documento: trn:oid::3117:471591202
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☐ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 03 / 07 / 2025

Firma y/o Sello
Emisor Constancia

LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ
Nombres y Apellidos
DNI: 26673237



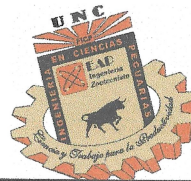
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS

Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, se reunieron en el Auditorio de la FICP, siendo las 11 horas con 10 minutos del día 13 de junio del 2025..., los siguientes Miembros del Jurado y el (los) Asesores.

- | | |
|---|-------------------|
| ➤ M.Cs. Ing. Jorge Ricardo De la Torre Araujo | Presidente |
| ➤ Mg. Sc. Ing. Lincol Alberto Tafur Culqui | Secretario |
| ➤ Ing. Erasmo Gustavo Cusma Pajares | Vocal |

ASESOR:

- Dr. M.V. Luis Asunción Vallejos Fernández

Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada:

Efecto de tres niveles de enmiendas de cal (óxido de calcio) y yeso (sulfato de calcio) sobre la acidez del suelo, comportamiento productivo y composición química de la asociación vaigra y frebol blanco en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca

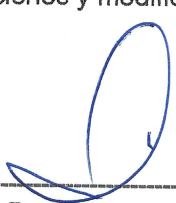
La misma que fue realizada por el (la) Bachiller *Gabriela Bautista Bardales*

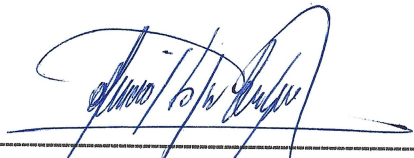
A continuación el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando al Bachiller a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el Presidente del Jurado invita a la participación de los asesores y de los asistentes.

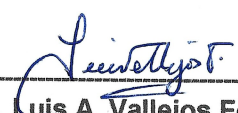
Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció *aprobar* por *unanimidad* con la nota de *catorce* (14).

Siendo las 12 horas con 30 minutos del mismo día el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando las correcciones y modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.


M.Cs. Ing. Jorge R. De la Torre Araujo
Presidente


Mg. Sc. Ing. Lincol Alberto Tafur Culqui
Secretario


Ing. Erasmo Gustavo Cusma Pajares
Vocal


Dr. M.V. Luis A. Vallejos Fernández
Asesor

EFFECTO DE TRES NIVELES DE ENMIENDAS DE CAL (OXIDO DE CALCIO) Y YESO (SULFATO DE CALCIO) SOBRE LA ACIDEZ DEL SUELO, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y COMPOSICIÓN QUIMICA DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS Y TRÉBOL BLANCO EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, CAJAMARCA.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, primero, a mi padre, cuya ausencia física no ha impedido que su amor, sus enseñanzas y su ejemplo me acompañen cada día. Su memoria ha sido faro en los momentos difíciles y su recuerdo, impulso en cada logro.

A mi madre, por ser mi fuerza silenciosa, mi apoyo constante y mi ejemplo de perseverancia. Gracias por tus sacrificios, tu amor incondicional y tu fe inquebrantable en mí.

Y a mi hijo, la razón de mis días y mi mayor motivación. Este logro también es tuyo. Que un día puedas ver en mí el reflejo de lo que eres capaz de lograr.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a todas las personas que formaron parte de este camino. A mis profesores y profesoras, por compartir sus conocimientos y enseñarme a mirar el mundo con una mirada crítica y comprometida.

Gracias por su guía, exigencia y paciencia.

A mis compañeros y compañeras de carrera, por las charlas, los desvelos compartidos, los apuntes prestados y las risas que aliviaron los momentos difíciles.

A mi familia, por estar siempre presente, incluso en la distancia o en silencio. Gracias por creer en mí cuando más lo necesité.

A mi madre, por su amor incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo con cada uno de sus actos.

A mi hijo, mi inspiración diaria, por ser mi motor y mi esperanza. Todo lo que hago es con la ilusión de dejarte un ejemplo de lucha y amor.

Y a la memoria de mi padre, por enseñarme, incluso desde su ausencia, que uno nunca deja de caminar con los que ama.

Gracias a todos los que, de alguna manera, han dejado huella en este proceso. Este logro también les pertenece.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
CAPÍTULO II.....	5
OBJETIVOS.....	5
CAPÍTULO III.....	6
HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	6
CAPÍTULO IV	7
MARCO TEÓRICO	7
CAPÍTULO V	29
METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN	29
CAPÍTULO VI	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
CAPÍTULO VII	55
CONCLUSIONES	55

CAPÍTULO VIII	55
RECOMENDACIONES.....	55
CAPÍTULO IX	57
Referencias.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos mínimos de FDN en el ganado lechero acorde la relación existente entre forraje y estado fisiológico del ganado.	22
Tabla 2: Croquis de distribución de los tratamientos en el campo experimental.	31
Tabla 3: Tratamientos con cal, yeso y testigo.	32
Tabla 4: Germinación, pureza y densidad de siembra Valores	34
Tabla 5. Resultados análisis de suelo	39
Tabla 6: Producción de forraje (kg MS/ha).....	44
Tabla 7: Altura de planta (cm).....	47
Tabla 8: Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día).....	49
Tabla 9: Composición química de raigrás – trébol blanco a los 45 días post-rebrote, según los niveles de cal y yeso.	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Producción de forraje (kg MS/ha)	44
Gráfico 2: Altura de planta (cm)	47
Gráfico 3:Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día)	50
Gráfico 4: Composición química de raigrás – trébol blanco a los 45 días post-rebrote, según los niveles de cal y yeso.	53

RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo medir el efecto de tres niveles de enmiendas de cal (óxido de calcio) y yeso (sulfato de calcio), sobre la acidez del suelo, comportamiento productivo y composición química de la asociación raigrás y trébol blanco a los 45 días post rebrote, en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca, para ello se trabajó con tres niveles de cal (óxido de calcio) y yeso (sulfato de calcio) aplicados a la asociación raigrás ecotipo cajamarquino más trébol blanco constituido en 21 parcelas organizadas en 3 bloques, la información obtenida fue sistematizada y organizada en una base de datos Excel, para luego ser analizada por el programa estadístico Infostat 2020. Los resultados mostraron que el tratamiento Cal Baja presentó el mayor incremento en el pH del suelo, alcanzando 5.07, lo que redujo la toxicidad por aluminio bajado la acidez del suelo; En cuanto al comportamiento productivo de la asociación raigrás más trébol blanco el tratamiento Cal Alta destacó con un rendimiento de (1260.93 kg/MS/ha) y una tasa de crecimiento de (28.01 kg/MS/ha/día), sin embargo el tratamiento Cal Baja tiene mejor resultado en altura de planta con (24.56 cm), finalmente con respecto a la composición química el tratamiento yeso bajo presentó mejores datos dando un contenido de proteína cruda (PC, 15.40%), fibra detergente ácida (FDN, 37.89%), cenizas (12.84%) y digestibilidad de materia seca (DIVMS, 51.45%), mientras que el tratamiento Cal bajo fue mejor en cuanto a fibra detergente neutra (FDN, 65.15%) por lo tanto, se recomienda la aplicación de enmiendas a base de cal y yeso no solo por su capacidad para mejorar las condiciones del suelo, sino también por su efecto positivo en la calidad y valor nutricional de las pasturas.

Palabras clave: Acidez del suelo, Comportamiento productivo, composición química

ABSTRACT

The main objective of this research was to measure the effect of three levels of lime (calcium oxide) and gypsum (calcium sulfate) amendments on soil acidity, productive behavior and chemical composition of the ryegrass and white clover association at 45 days post-regrowth, in the province of Santa Cruz, Cajamarca, for this purpose, we worked with three levels of lime (calcium oxide) and gypsum (calcium sulfate) applied to the Cajamarca ecotype ryegrass association plus white clover consisting of 21 plots organized into 3 blocks, the information obtained was systematized and organized in an Excel database, to then be analyzed by the statistical program Infostat 2020. The results showed that the Low Lime treatment presented the greatest increase in soil pH, reaching 5.07, which reduced aluminum toxicity by lowering soil acidity; Regarding the productive behavior of the ryegrass plus white clover association, the High Lime treatment stood out with a yield of (1260.93 kg/DM/ha) and a growth rate of (28.01 kg/DM/ha/day), however, the Low Lime treatment had a better result in plant height with (24.56 cm), finally with respect to the chemical composition, the low gypsum treatment presented better data, giving a content of crude protein (PC, 15.40%), acid detergent fiber (NDF, 37.89%), ash (12.84%) and dry matter digestibility (DIVMS, 51.45%), while the Low Lime treatment was better in terms of neutral detergent fiber (NDF, 65.15%), therefore, the application of lime and gypsum-based amendments is recommended not only for its ability to improve soil conditions, but also for its positive effect on the quality and nutritional value of pastures.

Keywords: Soil acidity, Productive behavior, Chemical composition

INTRODUCCIÓN

La agricultura en el Perú enfrenta numerosos desafíos en su búsqueda de sostenibilidad y rentabilidad, especialmente en regiones de alto andinas como la provincia de Santa Cruz, Cajamarca, pues uno de los problemas más críticos es la acidez del suelo, la cual afecta directamente la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, sumado la baja capacidad de retención de nutrientes en suelos ácidos que limita el desarrollo de cultivos forrajeros, esto repercute en la productividad del sector agropecuario, es por ello que se ha visto en la necesidad del uso de enmiendas como la cal (óxido de calcio) y el yeso (sulfato de calcio) que pretende ser una estrategia eficaz para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, favoreciendo un entorno más adecuado para el crecimiento de las pasturas.

La elección de este tema se fundamenta bajo la necesidad de mejorar las condiciones del suelo y la composición química de las pasturas, es por ello que el uso de enmiendas como cal y yeso no solo pretende mejorar la acidez del suelo, sino también el comportamiento productivo de las pasturas, y por consiguiente la calidad nutricional de los animales, lo cual se verá reflejado en mejores ingresos económicos para los productores.

Para poder alcanzar estos objetivos planteados se empleó una metodología en la cual se establecieron 21 parcelas organizadas en 3 bloques, en la cual se aplicaron tratamientos con diferentes dosis de cal y yeso, y se realizaron mediciones a los 45 días post rebrote, esta información sistematizada y analizada por estadísticas avanzadas, utilizando el programa Infostat 2020.

En tal sentido la investigación pretende desarrollar estrategias que mejoren la producción y abordar la problemática crítica sobre la acidez del suelo, comportamiento productivo y composición química de la pastura, esta investigación radica no solo en la búsqueda de soluciones prácticas, sino también en la necesidad de generar un cambio sostenible en la vida de las personas dedicadas a esta actividad agrícola y se benefician cientos de productores dedicados a la ganadería lechera.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La región Cajamarca, conocida por ser una de las cuencas lecheras de mayor producción en el país, se caracteriza por el tipo de alimentación que recibe el ganado lechero, el cual está basado en la asociación de pasturas como raigrás ecotipo cajamarquino (*Lolium multiflorum* L.) – trébol (*Trifolium repens* L.), pero la producción de estas pasturas varía por según los pisos altitudinales, mismos que afectan las características químicas del suelo, dentro de ellas el pH, valor que disminuye a medida que la altitud (msnm) es más elevada, en este sentido, el análisis de suelo es necesario para mejorar las pasturas y por ende la alimentación de los animales que se reflejara en el incremento de la producción lechera.

La asociación raigrás – Trébol blanco constituyen la base de la alimentación del ganado lechero, sin embargo, la producción y composición química de estas pasturas, no cubre las necesidades nutritivas, debido fundamentalmente a las malas prácticas de manejo en pasturas, fertilización sin un análisis de suelo y la acidez del suelo que afecta el crecimiento de la pastura, esto trae como consecuencia baja producción de leche (Olivera, 2005).

La acidez de suelo se corrige mediante la aplicación sales básicas como la cal (óxido de calcio), insumo el cual neutraliza la acidez, la cal agrícola es un excelente aliado para mantener el suelo en buenas condiciones, pues controla el nivel de pH y modifica la acidez del suelo, un pH adecuado es esencial para el crecimiento y la salud de las plantas. Si el suelo es demasiado ácido, las plantas pueden sufrir deficiencias nutricionales y no crecer adecuadamente, por lo tanto, el uso de la cal agrícola puede ser clave para lograr un pH adecuado en el suelo (Agronet, 2023).

El yeso es una buena fuente de calcio (Ca) y azufre (S), nutrientes esenciales para obtener buenos rendimientos en los cultivos, contribuye a una mejor absorción de agua, nutrientes y oxígeno en el suelo, así mismo reduce la erosión, debido a la mejora de la estructura del suelo, también inhibe la absorción de aluminio y promueve el enraizamiento más profundo de las plantas, ayudando a absorber más agua y nutrientes, incluso durante los períodos más secos. El calcio en el yeso participa en la floculación de partículas, principalmente arcillas, que permiten la agregación y estructuración, también aumentan la disponibilidad de nutrientes como fósforo y potasio, promoviendo condiciones favorables para el crecimiento del sistema radicular en las capas superficiales del suelo (Intagri, 2024).

El aluminio es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre, y aproximadamente el 50 % de la superficie cultivable del planeta tiene suelos ácidos, a pesar de que el aluminio no es un nutriente esencial, tiene una importancia agronómica ya que se considera tóxico para las plantas, pues afecta negativamente a las plantas reduciendo considerablemente la calidad y rendimiento de los cultivos. (Encina, 2016)

Bajo esta problemática la presente investigación propone evaluar el efecto de tres niveles de cal y yeso sobre la acidez del suelo, así como también ver el comportamiento productivo y la composición química de la asociación raigrás – trébol de la frecuencia de corte, cal (óxido de calcio), yeso (sulfato de calcio), comportamiento productivo y composición química de la asociación raigrás y trébol blanco en la provincia de Santa Cruz. Además, esta investigación tiene la necesidad de brindar información que aporte de forma positiva a los ganaderos de la provincia de Santa Cruz.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del óxido de calcio y sulfato de calcio, sobre la acidez del suelo, comportamiento productivo y composición química de la asociación raigrás y trébol blanco, en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca?

1.3. Justificación e importancia

El presente trabajo realizado, se justifica debido a la importancia del uso de (cal y yeso) que contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, rendimiento de pastura y el incremento de la producción de leche.

Así también, la investigación propuesta busca brindar un gran aporte al conocimiento al abordar de forma científica como controlar la acidez del suelo mediante la aplicación de insumos, los cuales reduzcan de manera significativa el aluminio causante de la acidez.

Por otro lado, esta investigación es conveniente por el aporte técnico, al brindar una información importante, que puede ser utilizada por profesionales dedicados al rubro ganadero y agrícola, así como también por productores dedicados a la ganadería lechera, pues este estudio busca solucionar los bajos rendimientos de las pasturas generado por la acidez del suelo sumado a una alta concentración de aluminio que impide la absorción de nutrientes del suelo a la planta con el uso de cal y yeso, reduciendo el aluminio y la acidez del suelo, mejorando así la producción de las pasturas y por ende mayor producción de leche.

Por último, esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto tres niveles de la cal y yeso sobre la acidez del suelo, el comportamiento productivo y composición química de la asociación forrajera, raigrás y trébol blanco en la provincia de Santa Cruz.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del óxido de calcio y sulfato de calcio, sobre la acidez del suelo, comportamiento productivo y composición química de la asociación raigrás y trébol blanco en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

2.2. Objetivos específicos

Determinar el efecto de tres niveles de cal y yeso, sobre la acidez del suelo (pH), en pasturas asociadas raigrás y trébol blanco, en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

Determinar el efecto de tres niveles de cal y yeso, sobre el comportamiento productivo (rendimiento, altura, tasa de crecimiento), en pasturas asociadas raigrás y trébol blanco, en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

Determinar el efecto de tres niveles de cal y yeso, sobre la composición química de la pastura (proteína (PC), Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), Digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS), cenizas (CEN)), en pasturas asociadas raigrás y trébol blanco, en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis de investigación

La aplicación de cal y yeso en sus tres niveles reducirá la acidez del suelo y mejorará el comportamiento productivo y composición química en las pasturas asociadas raigrás y trébol blanco, a los 45 días post rebrote, en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

3.1.2. Hipótesis estadística

Hipótesis Nula

Ho: La aplicación de cal y yeso en sus tres niveles no tendrá efecto significativo en la acidez del suelo ni en el comportamiento productivo y composición química en las pasturas asociadas raigrás y trébol blanco, a los 45 días post rebrote, en la provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

Hipótesis alternativa

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

3.2. Variables

Variable Independiente:

- El óxido de calcio(cal)
- El sulfato de calcio(yeso)

Variables Dependientes:

- **Acidez del suelo**
 - ✓ pH
- **Comportamiento productivo**
 - ✓ Rendimiento
 - ✓ Altura de planta
 - ✓ Tasa de crecimiento
- **Composición Química**
 - ✓ Proteína cruda (PC)
 - ✓ Fibra de detergente neutro (FDN)
 - ✓ Fibra de detergente ácido (FDA)
 - ✓ Cenizas (CEN)
 - ✓ Digestibilidad invitro de materia seca (DIVMS)

CAPITULO IV MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes Internacionales

En relación a los antecedentes de nivel internacional se presentan los siguientes; en Paraguay, una investigación realizada por Duarte et al. (2019), denominada “Producción de maíz - soja y alteraciones de parámetros químicos del suelo por aplicación de yeso con cal agrícola”, con el objetivo de evaluar la producción de maíz-soja en sucesión y las alteraciones de algunos parámetros químicos del suelo, por aplicación de yeso y cal agrícola, para lo cual se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, dispuestos en parcelas divididas, en cuatro bloques, donde el factor A correspondió a la cal agrícola, con y sin aplicación (0 y 2.000 kg ha⁻¹), el factor B a las dosis de yeso agrícola (0, 150, 300, 450 y 600 kg ha⁻¹), así mismo cada unidad experimental tuvo una dimensión de 6 m de largo por 6 m de ancho (36 m²), siendo el total del área utilizada de 1.440 m²; el sembrado de maíz en marzo de 2018 y soja en noviembre de 2018, después de la cosecha de los cultivos fueron colectadas las muestras de suelos, en el caso del cultivo de maíz fueron evaluadas altura de planta, altura de inserción de mazorca, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud y diámetro de espigas, peso de mil granos, peso hectolítrico y rendimiento de granos, para el caso del cultivo de soja, altura de planta, número de vainas por planta, peso de mil granos, peso hectolítrico y rendimiento de granos, así mismo las muestras del suelo fueron colectadas de las camadas de 0-10, 10-20 y 20-40 cm para análisis de pH H₂O, pH SMP, Al³⁺, H+Al, disponibilidad de Ca²⁺, Mg²⁺, S, P y K⁺, saturación por bases y saturación por Al³⁺, finalmente los resultados obtenidos mostraron que los parámetros de crecimiento y componentes de productividad del maíz y soja no fueron influenciados por la aplicación del yeso y cal agrícola, excepto en la altura de planta de soja, donde hubo incremento de 7,47 cm con la aplicación de cal, por otro lado a los 5 meses posterior a la aplicación del yeso se observó incremento en los tenores de S en el suelo 0-10 y 10-20 cm, pero a los 12 meses

posteriores no hubo efecto, con respecto al pH, la cantidad de P, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , H^{+}Al , saturación por bases y saturación por Al no fueron afectados por la aplicación del yeso y cal agrícola, excepto el pH y Ca^{+2} que fueron alterados por la cal en el suelo 0-10, y por último la cantidad de K^{+} fueron influenciados por el yeso agrícola en el suelo 0-10 cm a los 5 meses, pero no hubo efecto significativo a los 12 meses posteriores.

Otra investigación fue realizada en Tungurahua – Ecuador por (Rivera, 2014), con el objetivo de evaluar la producción primaria forrajera en el estado de prefloración, de la especie promisorio naturalizada *Arrhenatherum elatius* y las especies introducidas, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, con la aplicación de enmiendas, utilizando el carbonato de calcio (CaCO_3) en una cantidad de 1250 kg/ha en los tres tratamientos. La investigación conto con un área total de 1200 m², establecidas en tres unidades experimentales, cada una con un área de 400m²(20 m x 20 m), constituida por 3 lotes de 133,33m², que representan las 3 repeticiones por tratamiento, las cuales fueron evaluadas bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Determinándose que el T2 (*Arrhenatherum elatius* + CaCO_3) mostro los mejores resultados con un porcentaje de enraizamiento de 95,59%, seguido del T0 (pradera artificial + CaCO_3) con un valor de 87.38 % y el T1 (especies introducidas + CaCO_3) con 49.97 %, con respecto al tiempo de ocurrencia a la prefloración de 51,67 días, producción de forraje verde 5.87 Tn/ha/corte, materia seca 2,09 Tn/ha/corte, vigor de la planta de 9.04 y 9.00 a los 30 y 45 días respectivamente para el T2, producción de forraje verde 4.94 Tn/ha/corte, materia seca 1.7 Tn/ha/corte, vigor de la planta de 8.13 y 7.00 a los 30 y 45 días respectivamente para el T1, producción de forraje verde 3.02 Tn/ha/corte, materia seca 1.01 Tn/ha/corte, vigor de la planta de 6.99 y 6.94 a los 30 y 45 días respectivamente para el T0. Esto muestra que el tratamiento 2 tiene una resistencia a la sequía alta y tolerancia a enfermedades según la escala excelente, mostrando similar

comportamiento en las tres unidades experimentales. Obteniendo un beneficio/costo de 1.94; por lo que se recomienda utilizar el *Arrhenatherum elatius* + Ca CO_3 , 1250 kg/ha.

Así mismo otro estudio fue realizado en Bolívar – Ecuador por (Rosero, 2022), realizó la investigación “Efecto de la granulometría de enmienda mineral en la productividad de raigrás anual (*Lolium Multiflorum*) Bolívar – Carchi”, con el objetivo de evaluar el efecto de la granulometría de enmienda mineral en la productividad de raigrás anual (*Lolium multiflorum*) en el Cantón Bolívar- Carchi; Frente a eso se ha optado en efectuar el uso de una enmienda mineral a base de: sulfato de calcio, silicato de calcio, carbonato de calcio y magnesio con relación a tres tipos de aperturas de mallas: fina 200 (0.075 mm), media 100 (0.15 mm) y gruesa 40 (0.45 mm), todo esto como alternativa de reducción de acidez intercambiable del suelo y de la misma manera liberar los nutrientes disponibles, para que sean asimilables por las plantas y sea de manera más rentable y eficiente, para el cual se utilizó el diseño experimental que bloques completos al azar con medidas repetidas (DBCA), cubriendo un área total de 323 m², para hacer los respectivos análisis estadísticos se utilizó software InfosStat versión año 2020 en donde se analizó los datos paramétricos logrando un análisis de varianza (ADEVA), para las variables altura de la planta, desarrollo de la raíz, peso de la raíz, macollamiento, índice de área foliar, materia verde y materia seca. Tomando en cuenta que para las variables de contenido nutricional del suelo y de la planta se elaboró tablas comparativas. Obteniendo como resultado que la granulometría media 100 (0.15mm) siendo la más influyente obteniendo mayores porcentajes en todas las variables. A modo de ejemplo se obtuvo un pH inicial de 5.8 pero con la aplicación de la granulometría media se logró un incremento del pH a 6.8.

Otro estudio a nivel internacional realizado en Riobamba – Ecuador, por (Rivera, 2014), realizó una investigación denominada “ Regeneración de

la pradera artificial con la aplicación de enmiendas e incorporación de especies forrajeras nativas-naturalizadas e introducidas”, con el objetivo de evaluar la producción primaria forrajera en el estado de prefloración, de la especie promisorio naturalizada *Arrhenatherum elatius* y las especies introducidas, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, con la aplicación de enmiendas, utilizando el carbonato de calcio (CaCO_3) en una cantidad de 1250 kg/ha en los tres tratamientos, la investigación conto con un área total de 1200 m², establecidas en tres unidades experimentales, cada una con una área de 400m²(20 m x 20 m), constituida por 3 lotes de 133,33m², que representan las 3 repeticiones por tratamiento, las cuales fueron evaluadas bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), determinándose que el T2 (*Arrhenatherum elatius* + CaCO_3) mostro los mejores resultados con un porcentaje de prendimiento de 95,59%, tiempo de ocurrencia a la prefloración de 51,67 días, producción de forraje verde 5,87 Tn/ha/corte, materia seca 2,09 Tn/ha/corte, vigor de la planta de 9,04 y 9,00 a los 30 y 45 días respectivamente. Una resistencia a la sequía alta y tolerancia a enfermedades según la escala excelente, mostrando similar comportamiento en las tres unidades experimentales. Obteniendo un beneficio/costo de 1,94; por lo que se recomienda utilizar el *Arrhenatherum elatius* + Ca CO_3 , 1250 kg/ha.

Nacionales

En el marco de los antecedentes nacionales a continuación se mencionan algunos, en Perú, Vallejos et al. (2020), realizó una investigación denominada “Comportamiento productivo y valor nutricional de 22 genotipos de raigrás (*Lolium* spp.) en tres pisos alto andinos del norte de Perú” con el objetivo de evaluar el rendimiento de biomasa, tasa de crecimiento, altura de planta, Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y Energía metabolizable (EM) de 22 genotipos de *Lolium* spp. en tres pisos alto andinos (PA) (PA I: 2300 - 2800, PA II: 2801 - 3300 y PA III: 3301 - 3800

msnm) del norte del Perú, como resultados se obtuvo que la mejor biomasa (7 662 kg materia seca (MS) ha/año) y tasa de crecimiento (21,0 kg MS ha/día) mostró el PA I para *Lolium perenne* L., en cambio el PA III destacó en rendimiento (9041 kg MS ha/año) y tasa de crecimiento (24,8 kg MS ha/día) para *Lolium multiflorum* L. La EM promedio fue de 2,61 Mcal kg/MS y 2,43 Mcal kg/MS para *L. perenne* y *L. multiflorum* respectivamente, esto indica que estos valores nutricionales de ambas variedades son adecuados para la alimentación del ganado al pastoreo en la sierra. Así mismo, los genotipos que mostraron mejor desempeño deben usarse en un plan de mejora de pasturas.

Otra investigación es la realizada en Ocos – Ayacucho, por (Palomino, 2022), la cual se denominó “Evaluación de la producción del cultivo asociado de leguminosas y gramíneas forrajeras en la comunidad de Jacaspampa, Ocos-Ayacucho”, con el objetivo de evaluar la producción asociada de leguminosas y gramíneas forrajeras y optimizar rentabilidad económica, para ello se utilizó el método de investigación fue experimental, de observación directa e indirecta para registro de datos de campo y laboratorio; el diseño estadístico utilizado fue Diseño de Bloques Completos Aleatorios (DBCA), siete tratamientos, tres bloques, 21 unidades experimentales, con comparación media Tukey ($\alpha = 0,05$), los resultados fueron: altura de la planta (cm) mayor altura el tratamiento Vicia + Avena, 134 cm., menor altura tratamiento pasto natural 29.67 cm.; área foliar (cm²) sobresalió el tratamiento Vicia + Avena, 21.23 cm², y menor área foliar el tratamiento pasto natural 6.27 cm²; biomasa el máximo valor tratamiento Vicia + Avena y Avena + Trébol rojo + raigrás 4799.67 gr/m² y mínimo el tratamiento pasto natural con valor 870.67 gr/m²; el mayor rendimiento forrajero se obtuvo con el tratamiento Vicia + Avena y Avena + Trébol rojo + raigrás 47.996 kg/ha-1, menor rendimiento el tratamiento pasto natural 8.71 kg/ha-1; el índice de rentabilidad de los tratamientos/ha-1 fueron; Vicia + Avena 47,997, Vicia + Avena + Trébol Blanco + *Dactylis* 32,773, Trébol rojo + raigrás 27,300, Avena + Trébol

Rojo + raigrás 46,153, Vicia + Avena + Trébol rojo + raigrás 34,947, Vicia + Avena + Trébol rojo + raigrás + Alfalfa 44,240, Pasto natural 8,707. Se concluye que el mayor rendimiento de forrajes húmedos fue Vicia + Avena 47.997 Tm/ha-1, y el mayor índice de rentabilidad por hectárea se obtuvo con Trébol rojo + raigrás (68.22 %).

Por otro lado, otra investigación fue realizada en Chota – Cajamarca, por (Villegas, 2020), la cual realizó la investigación denominada “Comparación de la performance productiva de dos asociaciones de raigrás – trébol blanco en época de lluvia y estiaje en Cajamarca” con el objetivo de determinar la producción en las asociaciones raigrás – Trébol Blanco, la composición florística y química del forraje, el cultivo se instaló en el caserío de Lascán distrito de Conchán – Chota – Cajamarca; evaluándose el rendimiento en 08 cortes a los 35 días y en dos épocas de año (estiaje y lluvia), en los resultados los mayores rendimientos de forraje verde y materia seca corresponden a la asociación de Ecotipo Cajamarquino más trébol blanco durante la época estiaje que fue de 23669.17 Kg FV /ha y lluvia de 5663.23 Kg MS /ha respectivamente, en lo referente a la asociación gramínea leguminosa en las dos épocas del año fue superior el porcentaje (97,5%) de la variedad raigrás Delish en el periodo de lluvias al raigrás Ecotipo Cajamarquino (95,02 %); en cuanto al porcentaje de trébol blanco es mayor en época de estiaje para las dos asociaciones forrajeras fue de (16 % y 18,52 %) respectivamente, la Proteína total, en la asociación Delish – trébol blanco es mayor en la época de estiaje (13,33%) frente a la estación de lluvia (11,94 %) y en la asociación Ecotipo Cajamarquino – Trébol Blanco son muy cercanos para ambas épocas (12,42 % y 13,47 %), el porcentaje de fibra cruda de las asociaciones raigrás Delish - Trébol blanco son casi similar en ambas épocas (17,16 % y 17,86 %); sin embargo, la asociación raigrás Ecotipo Cajamarquino – Trébol, es superior en la época de estiaje (21,61 %). El extracto etéreo es mayor en estiaje para ambos tratamientos (5,57 % y 5,11 %) frente a la época de lluvia (2,65 % y 2,98 %), el Extracto Libre de

Nitrógeno, en la asociación raigrás Delish- trébol blanco es superior en la estación de lluvia (50,96 %) y en la asociación raigrás Ecotipo Cajamarquino – Trébol blanco son muy similares (41,06 % y 41,47 %) y en cenizas la asociación raigrás Delish- Trébol blanco, son ligeramente superiores en las dos épocas (9,10 % y 10,00 %) a la asociación raigrás Ecotipo Cajamarquino – Trébol blanco (8,96 % y 9,25 %). Por lo tanto, se debe difundir el cultivo de estas asociaciones forrajeras entre los productores agropecuarios de la Región.

Otro antecedente realizado en el valle de Cajamarca, por (Vallejos Fernandez, 2019), el cual realizó la investigación denominada “Rendimiento y composición química de la asociación raigrás Ecotipo Cajamarquino-Trébol blanco de 30, 40, 50 y 60 días de crecimiento, en el Valle de Cajamarca”, con el objetivo de evaluar el rendimiento y composición química del raigrás “Ecotipo cajamarquino”-trébol blanco durante la época de estiaje en el valle de Cajamarca, para ello se utilizaron parcelas de 30, 40, 50 y 60 días de crecimiento, distribuidas en tres predios, bajo un diseño completamente al azar (DCA), como resultado no se encontró diferencia significativa ($P>0,05$) para rendimiento (kg/ha), plantas por m, número de macollos/planta, por otro lado con respecto a la altura fue mayor ($P<0,05$) a 50 y 60 días de crecimiento, esto en relación a la composición florística ($P>0,05$), se observa una tendencia a incrementarse el porcentaje de raigrás, conforme se prolongan los días de crecimiento de las pasturas, en el caso de las malezas ocurre lo contrario, es decir se reduce el porcentaje, así mismo también el raigrás presenta un mayor porcentaje de proteína a 30 y 60 días (15.84 %) frente a 45 días (9.58 %), la fibra cruda tiende a incrementarse conforme la planta madura y la proteína cruda fue mayor en trébol blanco (24.24 %) que en raigrás (15.84 %) y superior a 30 días (24.24 %) que a 60 días (18.73 %), estos resultados resaltan la necesidad de incrementar el porcentaje de trébol en las pasturas asociadas de Cajamarca para incrementar la producción láctea.

Locales

En el marco de los antecedentes locales se presenta solo uno, realizado en el distrito de Pulan – Santa Cruz, por Vallejos et al. (2024), los cuales realizaron la investigación denominada “Uso de correctores de pH en suelos ácidos y su efecto sobre el rendimiento en pasturas asociadas del distrito de Pulán - Santa Cruz”, con el objetivo de evaluar el efecto del Óxido de calcio y Sulfato de calcio sobre el rendimiento de la asociación raigrás (*Lolium multiflorum* L. ecotipo cajamarquino) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en dos pisos altitudinales (PA) de la provincia de Santa Cruz, para ello el experimento se implementó sobre pasturas establecidas, seleccionando el área según su homogeneidad de altura y composición botánica, donde se designaron al azar veintiún parcelas de 20m² (5 m x 4 m) por piso altitudinal (PA), bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) distribuidas tres repeticiones. Como resultados se obtuvo que el mayor rendimiento ($p < 0,05$) lo obtuvo el PA I (2800 a 3300 m.s.n.m.) con 4565,5 kg MS ha⁻¹, sobre el PA II (3301 a 3800 m.s.n.m) con 3274,7 kg MS ha⁻¹, y en el caso de PA II se obtuvieron los mejores rendimientos ($p < 0,05$), a favor del uso de yeso alto y yeso bajo; el menor rendimiento correspondió al uso de cal baja, así mismo es importante mencionar que la información obtenida se ha basado en evaluaciones sobre dos cortes, debido a las intensas lluvias; a pesar de ello se debe resaltar la tendencia positiva que estaría generando el uso de Sulfato de calcio sobre el Óxido de calcio, como mejorador del rendimiento de pasturas asociadas.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Muestreo de suelos

Según, Brandy et al. (2017), hacen referencia a aquella cantidad de tierra compuesta por varias porciones de igual tamaño (submuestras), obtenidas de diversos puntos del área que se desea analizar y mezcladas en forma homogénea, donde dentro de cada

unidad de muestreo se toma una muestra de suelo que es en realidad una “muestra compuesta”, es decir, una muestra de suelo se compone de varias submuestras tomadas aleatoriamente en el campo

Así mismo, Bernier (2004), menciona que el equipo básico de muestreo incluye un balde limpio, bolsas plásticas, palana (jardinera o recta), para la selección de las herramientas que se utilizarán debe considerarse la textura del suelo, ya que algunas de las herramientas señaladas no pueden ser empleadas, por ejemplo en el caso de encontrar suelos muy arenosos o muy arcillosos; por otro lado cabe mencionar que una muestra representativa es aquella que mejor refleja las condiciones de fertilidad de esa área específica, pero para que exista representatividad, la muestra de suelo debe ser compuesta de varias submuestras de igual tamaño. El número de submuestras por muestra está dado por la variabilidad que presenta el nutriente más móvil dentro de los que se desea analizar, para ello el primer paso para proceder al muestreo es subdividir el área en unidades de suelos homogéneos (cartografía), en esta subdivisión se debe considerar el tipo de suelo, topografía, vegetación e historia del manejo previo; así mismo los suelos se pueden diferenciar por su color, textura, profundidad, topografía y otros factores, si todos estos factores fueran homogéneos, pero en el caso exista una parte del área que haya sido fertilizada, ésta última debe ser muestreada por separado, finalmente las unidades de muestreo deben separarse y representarse mediante un croquis de ubicación del predio, teniendo en cuenta características tales como pendiente, cultivos o manejos anteriores, textura, laboreo, antecedentes históricos, características del drenaje, etc.

Tobón (1980), menciona que una vez que se han definido los límites de cada unidad se procede a tomar las submuestras y para ello se hace un recorrido sobre el terreno en zig-zag, tomando submuestras en cada vértice donde se cambie la dirección del recorrido.

Así mismo Bernier (2004), menciona que en cada sitio de muestreo se recomienda remover las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm) de un área de 40 cm x 40 cm, y luego introducir el barreno o pala a la profundidad, para el muestreo con pala se debe efectuar una excavación en forma de “V “, de 15 a 20 cm. de profundidad, impidiendo que el suelo se desmorone y se saca una tajada de 3 cm de espesor y se corta un trozo de aproximadamente 3 cm de ancho por todo el largo de la tajada, en el sector central de la pala, eliminando los bordes laterales mediante una espátula o cuchillo y posteriormente se deposita dentro del balde para ser mezclada con las otras submuestras.

Entre otros Osorio (2005), menciona que la profundidad del suelo a la cual se toma la submuestra es también variable, pues en general se recomienda una profundidad de 20 cm para la gran mayoría de cultivos agrícolas, pues esto coincide con la mayor concentración de raíces en el suelo y para pasturas la profundidad es un poco menor, 10-15 cm parecen ser suficientes; en cualquiera de los casos, se debe remover piedras, raíces gruesas, lombrices e insectos del suelo, estas porciones del suelo se desmenuzan con la mano y al final las submuestras se van mezclando en el balde hasta completar el número total de submuestras deseado y posteriormente se transfiere 1 kg de suelo a una bolsa plástica limpia, donde la bolsa debe cerrarse y marcarse con el nombre o número del terreno muestreado o con un código que escoja el muestreador.

Finalmente, como punto importante, Bernier (2004), menciona que se debe tener especial cuidado de no muestrear cerca de acequias, drenes o sectores inundados, cerca de la entrada de potreros o de construcciones, sectores en que se han acumulado residuos vegetales, tales como silos, parvas, etc., así mismo menciona no coleccionar muestras sobre residuos fecales o manchas de orina, por ello es recomendable distanciarse unos 10 metros de cercos vivos, árboles u otras barreras.

4.2.2. Uso de enmiendas en agricultura

Según Basaure (2011), manifiesta que en la agricultura se conoce por "enmiendas" aquellas sustancias que se incorporan a los suelos las cuales actúan principalmente sobre la textura de éste, corrigiendo problemas de compactación o exceso de soltura y actuando sobre las reacciones químicas y/o biológicas, estimulándolas en diversas formas, por otro lado las enmiendas es todo material cuya acción fundamental es el mejoramiento de las condiciones químicas del suelo, particularmente la acidez del mismo, esto refiere a todo material capaz de prevenir o corregir la acidez del suelo y se conoce como cal principalmente al carbonato de calcio proveniente de rocas calizas o mármol y dolomitas, pero actualmente se utilizan una gran variedad de rocas ultra básicas que algunos las denominan "harinas de roca" para encalar y por eso se habla mejor de enmiendas o correctivos para el suelo.

4.2.3. Uso de la cal en suelos ácidos

Según Rodríguez et al. (1993), es recomendable aplicar cal (CaCO_3) e incorporarla al suelo cuando la acidez total ($\text{Al} + \text{H}$) indiquen limitación en la producción de los diferentes cultivos que el agricultor tenga que establecer en su rotación de cultivos.

La cantidad de Cal necesaria para la corrección de la acidez está directamente relacionada con el cambio de pH necesario para dejar al suelo sin limitaciones nutricionales y evitar toxicidad de aluminio, la cantidad de Cal necesaria para alcanzar el pH deseado dependerá básicamente de la magnitud del cambio necesario y del tipo de suelo, los cuales poseen diferencias apreciables en la resistencia a modificar la acidez del suelo. La dosis de Cal puede estimarse conociendo el poder tampón del suelo.

En general se puede indicar que para cambiar el pH del suelo en 0.1 unidad es necesario incorporar 800 a 1000 kg de Cal por hectárea en suelos trumaos, y de 500 a 600 kg en rojos arcillosos y de transición, así mismo como regla general y cuando la acidez no es limitante es necesario aplicar 1500 a 2000 kg de cal cada cuatro años cuando se usan fertilizantes amoniacales en las dosis recomendadas.

4.2.4. Uso de yeso en el suelo

Según Intagri (2014), el uso de yeso tiene sus grandes beneficios en la acidez del suelo ya que es bien conocido que la acidez del suelo tiene efectos perjudiciales en el crecimiento de las plantas, en particular los altos niveles de aluminio intercambiable (Al^{3+}) que incrementan cuando el pH del suelo disminuye, esta acidez impide que las raíces exploten los nutrientes y agua en los horizontes del subsuelo, comúnmente la acidez se corrige con la incorporación de cal agrícola, la cual actúa principalmente en la zona de incorporación, mientras que las aplicaciones de yeso en la superficie del suelo pueden afectar las propiedades físicas y químicas del suelo en la profundidad gracias a su mayor solubilidad, así mismo cabe mencionar que esta mejora en la respuesta del cultivo al uso de yeso en suelos ácidos no es debido a un cambio en el pH, ya que el yeso es una sal neutra y no un agente de encalado. El efecto del yeso para modificar el pH de la

superficie o del subsuelo es relativamente modesto, sin embargo, el yeso puede mejorar las condiciones fitotóxicas derivadas del exceso de aluminio soluble por reacción con Al^{3+} , de modo que puede expulsarlo de la solución del suelo, al reducir los efectos tóxicos del aluminio las plantas son capaces de enraizar a mayor profundidad y se incrementa la tasa de absorción de agua y nutrientes por las plantas, esto es especialmente importante en la estación seca de las zonas áridas.

4.2.5. Importancia del pH del suelo en la nutrición de las plantas

Según Sierra (1982), la importancia del pH del suelo es decisiva para el crecimiento de las plantas, sin embargo, el efecto de la acidez o alcalinidad del suelo no afecta directamente la producción, sino que tiene un efecto indirecto, con excepción de casos extremos de acidez o alcalinidad; en las tierras de cultivo con pH entre 4,0 y 5,0 presentan una gran cantidad de manganeso y aluminio muy activos, además de bajos contenidos de calcio, magnesio y fósforo, donde la actividad de las bacterias del suelo se ve disminuida en relación con la actividad de los hongos, que encuentran un medio propicio para su desarrollo, hay grupos de bacterias que son muy importantes en la nutrición nitrogenada de las plantas, pues la actividad biológica del suelo se ve disminuida a medida que el pH es menor (mayor acidez), mientras en el otro extremo estaría un suelo de reacción alcalina, en este caso el suelo tiene mucho calcio y magnesio, sin problemas de toxicidad de aluminio y/o manganeso; con un pH mayor de 8,0 se afecta la disponibilidad de hierro, manganeso, cobre, zinc y fósforo, por último una tercera situación se presenta en un suelo de reacción débilmente ácida (pH 6,5 y 7,0), pues esta parece ser la más satisfactoria para el crecimiento de la gran mayoría de las plantas, ya que los agentes químicos y biológicos están en equilibrio, donde

la asimilación de nutrientes y la actividad de los microorganismos, parecen ser más satisfactorios bajo estas condiciones.

4.2.6. Efectos tóxicos del aluminio y manganeso en los cultivos

Según Bohn et al. (1993), los problemas de crecimiento de cultivos en relación con la penetración deficiente de las raíces en los subsuelos ácidos, con frecuencia se asocian con las altas concentraciones de aluminio o manganeso solubles, estos iones son tóxicos para la mayoría de los cultivos.

4.2.7. El aluminio en las plantas

Según Zapata (2004), el ión aluminio, es el catión predominante en los suelos ácidos y el principal responsable de la acidez del suelo, pues el aluminio obstaculiza la translocación de nutrientes a la parte aérea, los cuales se manifiestan como deficiencias nutricionales principalmente de P, Ca y Mg; (Pérez 1986), recomienda que la cantidad de cal (CaCO_3), debería ser añadida a los suelos ácidos en cantidades equivalentes para lograr la neutralización del (Al) intercambiable.

Alam (1979), menciona que los altos niveles de saturación de aluminio en el suelo reducen el crecimiento de las raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo, consecuentemente reduciendo la absorción de agua y nutrientes, (Zapata, 2004), también menciona que el aluminio influye en el crecimiento longitudinal de la raíz principal, la que se reduce y favorece el crecimiento y proliferación de las raíces laterales, que, con el tiempo, también acaban inhibidos en su crecimiento, pues en conjunto el sistema radicular presenta un color pardusco, con raíces cortas, engrosadas y muy ramificadas.

4.2.8. Efectos tóxicos del aluminio en las plantas

Gallardo et al. (2006) mencionan que el principal efecto de la toxicidad del aluminio e hidrogeno, es la restricción del desarrollo radical, por lo cual la planta reduce el volumen de suelo que puede explorar, disminuyendo de este modo la absorción de nutrientes, de agua y reduciendo la producción de materia seca total.

Por otro lado (Molina, 1998) menciona que cuando el aluminio e hidrógeno se acumulan en el suelo en cantidades elevadas, puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas poco tolerantes a su presencia, pues el exceso de aluminio e hidrogeno en la solución del suelo interfiere en la división celular, reduciendo el crecimiento de las raíces, también menciona el aluminio se acumula en la raíz impidiendo la absorción del agua y nutrientes en forma libre, así como el traslado del potasio y calcio a la parte aérea de la planta, la toxicidad del aluminio y del manganeso, así como la deficiencia del calcio, magnesio y fósforo son las responsables del bajo rendimiento.

Así mismo, Navarro (2003), menciona que el efecto del aluminio en las plantas:

- Afecta directamente al proceso metabólico (fisiología) durante la división celular, afecta la figura mitótica debido a la sensibilidad de los mecanismos.
- Raíces cortas, gruesa y poco ramificadas, pardas, pierde turgidez, (abortadas).
- Altera la nutrición normal.
- Hojas pequeñas extremadamente cortas.
- Follaje oscuro.
- Coloración purpura (deficiencia de fósforo).
- Precipita al fósforo o lo fija.

4.2.9. Ventajas de la asociación gramíneas y leguminosas

Según, Valverde (2011) la asociación de gramíneas y leguminosas tienen múltiples ventajas como:

- Mayor diversidad de nutrientes: Cada especie aporta diferentes nutrientes y características al forraje, lo que enriquece la dieta del ganado y mejora su salud.
- Mejor cobertura del suelo: La mezcla de diferentes especies crea una cobertura más densa y uniforme del suelo, lo que reduce la erosión y mejora la infiltración del agua.
- Control de malezas: La competencia entre las diferentes especies de pastos ayuda a controlar el crecimiento de malezas, lo que reduce la necesidad de herbicidas.

4.2.10. Valor nutricional de los pastos

Según Montalván (2018), un pasto se considera de muy buena calidad si reúne tres condiciones básicas como

- Es altamente palatable para el animal.
- Su digestibilidad es excelente.
- La proporción de nutrientes esenciales es balanceada

En la Tabla 1, explicada por Montalván (2018), puede apreciarse los requerimientos mínimos de fibra detergente neutro (FDN) expresados en base al porcentaje total de materia seca (% MS), en el ganado lechero, dada la relación inversa que existe entre el forraje y la producción de ácidos grasos, y la relación directa del forraje y el flujo de saliva del ganado

Tabla 1: Requerimientos mínimos de FDN en el ganado lechero acorde la relación existente entre forraje y estado fisiológico del ganado.

contenidos óptimos de FDN en las raciones de pasto según el nivel de producción o estado fisiológico del ganado bovino lechero

Vacas lactantes	FDN (%MS)
Muy alta > 45 kg por día	26
alta producción 32 - 45 kg por día	28
mediana producción 20 a 32 kg por día	32
baja producción < 20 kg por día	39
inicio lactación (3 - 4 semanas)	36
vacas secas	50
novillas menos de 180 kg	34
novillas de 180 - 364 kg	42
novillas de 364 - 545 kg	50

Fuente: (Montalván, 2018)

4.2.11. Rendimiento nutricional del (raigrás)

Según Bogdan, (1997), las gramíneas raigrás, Sudán y Bermuda son el principal recurso forrajero durante el verano e invierno en los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado, México; donde la estacionalidad es la principal razón por la que el pastoreo se reduce a un máximo de 120 días, existiendo restricción en la disponibilidad de pasturas en el periodo restante del año, pues un monocultivo perenne disminuiría esta época crítica, pues el pasto kikuyo, gramínea tropical C4 de origen africano, ha sido propuesto como una alternativa para crecer en el valle de Mexicali en los últimos años; su adaptabilidad a climas tropicales y mediterráneos radica en su capacidad para foto sintetizar en un amplio rango de temperaturas y se ha reportado que en zonas desérticas extremas su supervivencia alcanza un 100% a temperaturas de - 9°C

4.3. Definiciones conceptuales

4.3.1. Suelo

El suelo se compone por organismos diminutos de vegetales y animales, materia orgánica, minerales, agua y aire. Su formación es muy lenta, debido a la desintegración de rocas superficiales por acciones del viento, temperatura y agua, dando así el origen de una capa delgada. La materia orgánica surge por descomposición de restos vegetales o animales por los microorganismos, y esto se mezcla con el suelo (Fajardo, 2019).

4.3.2. Enmiendas

Las enmiendas del suelo o enmiendas agrícolas es una mezcla de varios productos que se agregan al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas o biológicas, entre ellas se tiene enmiendas orgánicas, inorgánicas o minerales, biológicas y químicas (Agrofertas, 2023).

4.3.3. Cal

La cal tiene como finalidad neutralizar la acidez del suelo mediante la incorporación de elementos como el calcio y magnesio, mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo a un óptimo desarrollo y crecimiento de las plantas (Tuanama, 2019).

4.3.4. Yeso

Las propiedades químicas del suelo se mejoran con la aplicación de yeso. La magnitud de la acidez del suelo y la toxicidad por aluminio. Favoreciendo al enraizamiento y capacidad de la planta para absorber adecuadamente agua y nutriente durante periodos de sequía y como mejorador de suelos sádicos (Intagri, 2014).

4.3.5. Acidez del suelo

La acidez de los suelos es proporcional al contenido de aluminio también una elevada concentración de aluminio y manganeso lo

cual ocasiona problemas en la planta, debido a las particularidades provocadas por las condiciones de zonas húmedas (Tuanama, 2019).

4.3.6. Comportamiento productivo

Se refiere a cómo se comportan las plantas de pasto en función de su edad, la proporción de pared celular y la relación tallo-hoja Jumbo et al. (2020).

4.3.6.1. Rendimiento de pastura

Los rendimientos de los pastos se indican en peso de materia seca (MS) por hectárea (ha) por año, siendo un parámetro importante al momento de elegir el tipo de pasto que se va a establecer o a utilizar, para garantizar el nivel de abastecimiento en un sistema de producción y alimentación animal (Jiménez , 2019).

a. Materia seca: La materia seca es toda la materia vegetal que consumen los bovinos sin contenido de agua ya que en esta proporción es donde se encuentra la concentración de nutrientes que un animal necesita para sus diferentes funciones, además de recalcar que el consumo apropiado de materia seca ayuda a los rumiantes a mantener una mejor flora intestinal por lo que favorece a la digestión de alimento, Escobar et al. (2020).

4.3.6.2. Altura de planta: La altura de planta se refiere a la medición vertical de la superficie del suelo hasta la mayor población de hojas. También es una medida importante que puede variar ampliamente dependiendo del tipo de

forraje, su edad y las condiciones de crecimiento (Camino, 2012).

4.3.6.3. Tasa de crecimiento: La tasa de crecimiento de los pastos involucra procesos tales como la aparición de hojas, las características del suelo y el clima, tiene gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Valencia, 2019).

4.3.7. Pastos y forrajes

Al pasto se define como plantas herbáceas que se desarrollan en el potrero y sirven para la alimentación del ganado, mientras que el forraje son cosechados para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado (heno, ensilaje, rastrojo, sacharina, amonificación). Entre los nutrientes que contienen figuran ceniza bruta, proteínas, aminoácidos, grasa bruta como lisados de éter, fibra cruda como celulosa y lignina y otros componentes distintos de los anteriores, los cuales favorecen a una mejor producción del ganado (Agrorural, 2020).

4.3.7.1. Gramínea

Las gramíneas forrajeras tienen las hojas largas y delgadas, su tallo es cilíndrico y presentan una especie de nudos distribuidos a lo largo, donde sus hojas no crecen a la par, sino alternadas y su base se envuelve en el tallo, su floración, por lo general, es en forma de espiga. Se conocen comúnmente como pastos, a diferencia de las leguminosas, estas aportan la fibra necesaria para el buen funcionamiento del rumen y contienen gran cantidad de carbohidratos que proporcionan energía, sin embargo, su aporte de proteína es bajo (8-18%) (Club Ganadero, 2022).

a. El raigrás (*Lolium multiflorum*)

Es una especie anual, en sus condiciones de origen, cuyas plantas crecen en matorrales y en grupos aislados con numerosos macollos de crecimiento erguido, así mismo dicen que sus características más resaltantes son: Tallos o cañas cilíndricas, medianamente comprimidos y huecos, su inflorescencia es una espiga terminal dística; flor hermafrodita, (Parodi y Chamblé, 1963,1964).

4.3.7.2. Leguminosas

Las leguminosas forrajeras son plantas con flores, conformadas con tres o más hojas anchas y redondeadas, la importancia de las leguminosas para la alimentación bovina reside en que proporcionan una mayor eficiencia alimenticia. Producen menos materia seca, sin embargo, contienen un 15 a 30% de proteína cruda, son bajas en fibra lo que aumenta su digestibilidad y son ricas en minerales como el calcio, fósforo y magnesio (Club Ganadero, 2022).

a. Trébol blanco (*Trifolium repens*): Es una planta de corta vida que se adapta a suelos mal drenados con condiciones ácidas a moderadamente alcalinas, además presenta baja tolerancia a la sequía, pero soporta bastante bien el pastoreo frecuente y resiste durante el invierno, así mismo manifiesta una digestibilidad cercana al 85% y un contenido de proteína cruda de 21% (Club Ganadero, 2022).

4.3.7.3. Asociación forrajera

La asociación de pasturas, gramíneas (raigrás, pasto ovillo y avena) y leguminosas (Alfalfa, trébol y vicia) son

un alimento equilibrado entre proteínas y carbohidratos para el ganado, Ordoñez et al. (2019).

4.3.8. Valor Nutricional o composición química

El valor nutricional o composición química de los forrajes se refiere a la capacidad de los pastos para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales, mantener niveles productivos y reproductivos, la calidad de los alimentos y forrajes depende de varios factores, entre ellos su contenido de agua y su estado de madurez. Las pasturas y otros tipos de forrajes muestran gran variación en calidad en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta (hoja, tallo, fundamentalmente) (INIA, 2018).

4.3.8.1. Proteína cruda (PC)

Es la proteína total contenida en un ingrediente o dieta, medida como la concentración de nitrógeno (N) multiplicada por el factor 6.25, con base en que se considera que la concentración de N de una molécula de proteína es el 16% ($1/0.16 = 6.25$), Villar et al. (2024).

4.3.8.2. Fibra detergente neutra (FDN)

Es la pared celular total, los valores de la FDN son importantes, este refleja la cantidad de forraje que puede consumir el animal, a medida que aumenta el % de la FDN, la ingesta de la materia seca por lo general se reduce, con el análisis de FDN en el alimento terminado o forraje, se determina Hemicelulosa, Celulosa y Lignina (Altamirano, 2023).

4.3.8.3. Fibra detergente ácida (FDA)

La fibra detergente ácida es un buen indicador de la digestibilidad, pues el valor de la FDA hace referencia a

las porciones de la pared celular del forraje que están compuestos de celulosa y lignina, estos valores son importantes porque tienen que ver con la capacidad de un animal para digerir el forraje, a medida que la FDA aumenta, se reduce la capacidad de digerir o la digestibilidad del forraje. El análisis de FDA en el alimento terminado o forraje, se determina Celulosa y Lignina (Altamirano, 2023).

4.3.8.4. Cenizas (CEN)

Se define como el contenido mineral total del forraje y se compone de minerales contenidos dentro de la planta, es decir, cenizas internas, externas y contaminación del suelo. La ceniza interna es un mineral natural que se encuentra en las plantas, algunos de los cuales tienen valor nutricional para el ganado, por ejemplo, calcio, potasio, fósforo, magnesio y cobre. La ceniza externa no proporciona valor nutricional a los animales y está asociada con la contaminación del suelo que se salpicó sobre la superficie de la planta mientras estaba en el campo o se recogió durante la cosecha (SIP, 2023)

4.3.8.5. Materia seca digestible (DIVMS)

Es una técnica de laboratorio que mide la calidad de los alimentos. Es una prueba que se utiliza para estimar la cantidad de materia seca que los animales pueden digerir (Barrios, 1999)

CAPITULO V METODOLOGIA

5.1. Metodología

5.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el distrito de Pulan, que se encuentra ubicado en la provincia de Santa Cruz de la región Cajamarca el cual se encuentra el Norte del país, a Continuación, se presenta la ubicación del estudio y los datos Climatológicos

Figura 1: Mapa provincia de santa Cruz, muestra en círculo rojo el distrito donde se realizó el estudio



El clima del distrito de Pulan es árido y semicálido, el cual presenta lluvias constantes durante el verano, (diciembre-abril) y lluvias esporádicas en los demás meses.

- Altitud Media: 3200 m s. n. m
- Latitud: 06° 38' 30"
- Longitud: 78° 52' 01"
- Humedad Relativa: 78 %
- Temperatura media anual 16 ° C

Fuente: Santa Cruz et al. (2019)

5.1.2. Población y muestra

Población: La población del estudio estuvo constituido por 21 subparcelas, organizadas en tres bloques, ubicados en el distrito de pulan, provincia de santa Cruz, en la región Cajamarca.

Muestra: Para determinar los indicadores productivos, se realizó un corte de 0.25 m² en cada parcela.

5.1.3. Diseño estadístico

Para la presente investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). con 7 tratamientos y 3 bloques en el estudio, haciendo un total de 21 unidades experimentales en la evaluación. Para la prueba de significancia, se utilizó la prueba de tukey con el 5% de significancia.

Tabla 2: Croquis de distribución de los tratamientos en el campo experimental.

BI	BII	BIII
Cal Baja	Yeso Bajo	Testigo
Yeso Alto	Cal Media	Yeso Bajo
Cal Media	Cal Baja	Cal Alta
Yeso Bajo	Testigo	Yeso Medio
Cal Alta	Yeso Alto	Cal Baja
Testigo	Yeso Medio	Cal Media
Yeso Medio	Cal Alta	Yeso Alto

El área total utilizada para el trabajo de investigación fue de 420 m² y los tratamientos fueron de 5 x 4 m (20 m²).

El tipo de estudio que se utilizó en la investigación fue experimental, donde las unidades experimentales se distribuyeron bajo un diseño estadístico en Bloques completamente al azar, considerando el modelo lineal matemático.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación de la variable respuesta del tratamiento con el i-ésimo nivel de A, el j-ésimo nivel de B y la repetición K-ésima.

μ = Parámetro, efecto medio

T_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ϵ_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la i,j

Tratamientos.

Se describen a continuación los tratamientos con cal, yeso y testigo.

Tabla 3:Tratamientos con cal, yeso y testigo.

Tratamientos	Denominaciones	kg/hectárea	kg/20 m ² /subparcela
T0	SIN ENMIENDAS	0	0
T1	CAL BAJA:	1000	2
T2	CAL MEDIA:	2000	4
T3	CAL ALTA	3000	6
T4	YESO BAJO	350	0.7
T5	YESO MEDIO	500	1
T6	YESO ALTO	650	1.3

5.1.4. Análisis e interpretación de datos

Los datos obtenidos de campo fueron ordenados y clasificados usando el programa Microsoft de Excel. Luego se realizó las pruebas para verificar los supuestos de normalidad, usando el test de (Shapiro - Wilk) y la homogeneidad de varianzas, mediante el test de (Levene). Para comparar las diferencias entre los tratamientos se realizó un análisis de varianzas (ANAVA) mediante el modelo lineal general (GLM) teniendo como fuentes de variación los tratamientos y los bloques, para la comparación entre tratamientos se realizará la prueba de diferencia significativa (HSD) de Tukey ($p < 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software InfoStat que permitió una interpretación

robusta de los resultados y facilitó la visualización de las diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

5.1.5. Diseño metodológico

5.1.5.1. Instalación del experimento

a. Duración del experimento

La investigación tuvo una duración de 07 meses desde el mes de enero hasta el mes de julio del 2024

b. Elección del terreno

El terreno que se utilizó era un terreno libre donde se acostumbraba a cultivar pasturas naturales.

c. Caracterización del suelo

Se realizó el análisis de suelo con la finalidad de conocer las condiciones de fertilidad, para tal propósito se obtuvo muestras representativas de un kilo a una profundidad de 20 a 30 centímetros de la superficie del suelo de cada sub parcela, las cuales se enviaron al laboratorio de suelos y plantas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

d. Preparación del suelo

La preparación del terreno se realizó en el mes de enero con el uso de la (yunta), luego se realizó dos pasadas (arado y cruce) con la finalidad de eliminar todas las malezas y dejar bien mullido el terreno, posteriormente se dividió el terreno en 21 parcelas para cada tratamiento.

e. Poder germinativo y densidad de siembra

Antes de proceder con la siembra, se realizó la prueba de germinación de las semillas raigrás y trébol blanco.

Pasos que se realizó para la germinación.

- Se tomaron muestras de 100 semillas de cada especie.
- Seguidamente se colocó las semillas en papel filtro, sobre una bandeja y se echó agua hasta humedecer las semillas.
- Se mantuvo las semillas húmedas hasta que estén germinadas en su totalidad (8 días).
- Transcurrido este tiempo se contó las semillas para ver cuántas han sido germinadas y finalmente se procedió a calcular el porcentaje.

Tabla 4: Germinación, pureza y densidad de siembra
Valores

SEMILLAS	Germinación (%)	Pureza (%)
Raigrás ecotipo cajamarquino	41	92.45
Trébol blanco	96	100

f. Enmiendas utilizadas

Las enmiendas utilizadas para los cultivos fueron Cal y Yeso, según las dosis recomendadas para la evaluación baja, media y alta, esta aplicación se realizó al voleo a inicio de la siembra.

g. Siembra

La siembra se realizó en enero del año 2024, en un área total de 420 m², la siembra fue al voleo aplicando una

densidad de 45 kg/ha de raigrás y 3 kg/ha de trébol blanco, por ello se utilizó 1900 gr de raigrás y 125 gr trébol blanco, en la proporción de 70 % y 30 % respectivamente.

h. Corte de uniformidad

El corte de uniformidad fue realizado a los 70 días después de haber realizado la siembra.

i. Cortes a los 45 días

Posteriormente, se realizaron cortes para la obtención de datos a los 45 días después del corte de uniformidad. Este procedimiento se llevó a cabo en tres repeticiones.

5.1.5.2. Parámetros evaluados

a. Acidez del suelo

- **pH:** Para la determinación de este parámetro se realizó un análisis de suelo para ver el efecto de la cal y yeso en los tratamientos.

b. Comportamiento productivo

- **Rendimiento en materia seca Kg/ha:** Para determinar el contenido porcentual de materia seca de los forrajes, por cada tratamiento en estudio se llevaron muestras de materia verde al laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza Chachapoyas, seguidamente se hizo el pesado respectivo y se sometió a la estufa a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 24 horas, pasado ese tiempo se retiraron las muestras e inmediatamente se

determinó el contenido de materia seca expresado en unidades de porcentaje.

$$\% H^{\circ} = \frac{PMH - PMD}{PMH} \times 100$$

$$\% MS = 100 - \% H^{\circ}$$

Donde:

H ° = Humedad

PMH = Peso de la muestra húmeda

PMD = peso de la muestra desecada

MS = Materia seca

- **Altura de planta:** Se realizó antes de cada corte a los 45 días, midiendo desde la base del tallo hasta dónde llega la mayor cantidad de hojas, debido a que es ahí cuando se tiene mayor crecimiento de una planta y cuando los carbohidratos producidos por la fotosíntesis superan a los utilizados para el crecimiento y respiración, las plantas tienen la habilidad de almacenarlos como fuente de energía para ser utilizado en el rebrote después de una defoliación cuando el balance energético de la planta es negativo (Cripín, 2020)
- **Tasa de crecimiento:** Se realizó en kg/ha/día y se obtiene dividiendo el rendimiento (kg/ha) entre los días transcurridos.
 - ✓ TC= Rendimiento/días transcurridos.

c. Composición química de la pastura

De las muestras obtenidas en campo, se enviaron 200 g, al Laboratorio de la Universidad Nacional

Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, para la determinación de la concentración de nutrientes: proteína cruda (PC), cenizas(CEN); fibra detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA) y Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS).

5.2. Materiales e insumos

5.2.1. Materiales de escritorio

Los materiales de escritorio empleados fueron: Lapiceros, lápices, libreta de apuntes, calculadora y laptop para el procesamiento de datos.

5.2.2. Materiales de campo

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó: balanza de precisión $\pm 0.1\text{g}$, cuadrante 0.25 m^2 , regla centimetrada, Wincha, Hoces, bolsas de polietileno y papel, libreta de campo, lápiz y cámara fotográfica.

5.2.3. Materiales de laboratorio

Se utilizó balanza de precisión $\pm 0.1\text{g}$ y una estufa MRC para determinar la materia seca.

5.2.4. Insumos

Para el estudio se utilizó semillas como raigrás masa trébol blanco, así mismo se utilizó cal y yeso

CAPITULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos en la presente investigación, en las tablas se presentan y discuten los resultados obtenidos durante la conducción del experimento. en estas se detallan los resultados del análisis estadístico de las variables en estudio.

6.1. Resultados de acidez del suelo

En la tabla 5, se presentan los resultados del análisis de suelo con respecto a la acidez del suelo se presentan enfocándose al pH, y la forma en la que intervienen los cationes como el Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Aluminio (Al) e Hidrogeno (H).

Para empezar se describirá los resultados del tratamiento testigo donde, antes de aplicar la enmiendas, el pH era de 4.28, un valor muy ácido que puede causar toxicidad por aluminio, perjudicando el crecimiento de raigrás más trébol blanco, pero después de colocar las enmiendas el análisis mostro que el pH alcanzo un valor de 4.30 el cual muestra que no hubo un cambio significativo ya que no se aplicó ningún tipo de enmiendas , en cambio el calcio disminuyo de 4.41 a 2.16 cmol(+)/kg, esto indica un problema ya que el calcio ayuda a neutralizar la acidez del suelo, por otro lado el aluminio redujo de 2,22 a 1.58 cmol(+)/kg, esto indica un dato positivo ya que aluminio en menor cantidad tiene menor riesgo de toxicidad, junto con el hidrogeno que bajo a 0.29 cmol(+)/kg, indicándonos un pH acido.

Tabla 5. Resultados análisis de suelo

EFECTO	TRAT.	TIPO DE MUESTRA	pH	Materia Orgánica	Ca	Mg	Al	H
				M.O.	Calcio	Magnesio	Aluminio	Hidrógeno
			01:01	%	CAMBIABLES		Cmol(+)/kg	
Antes de las enmiendas	T0	SUELO F 0	4.28	1.97	4.41	0.821	2.22	0.78
	T1	SUELO-CAL-BAJA	4.31	5.24	4.51	1.012	1.455	0.72
	T2	SUELO-CAL-MEDIA	4.22	1.21	2.01	0.375	4.013	1.013
	T3	SUELO-CAL-ALTA	4.44	1.06	2.98	0.58	1.268	0.158
	T4	SUELO-YESO-BAJO	3.87	1.44	1.57	0.268	2.34	1.335
	T5	SUELO-YESO-MEDIO	4.82	1.21	4.21	1.135	0.48	0.12
	T6	SUELO-YESO-ALTO	3.92	2.13	2.36	0.45	2.378	1.898
Después de las enmiendas	T0	SUELO F 0	4.3	2.43	2.16	0.412	1.583	0.293
	T1	SUELO-CAL-BAJA	5.07	3.26	2.65	0.788	0.653	0.323
	T2	SUELO-CAL-MEDIA	4.97	2.81	2.74	0.643	0.36	0.015
	T3	SUELO-CAL-ALTA	4.32	1.44	1.65	0.303	0.465	1.485
	T4	SUELO-YESO-BAJO	4.31	2.88	1.87	0.334	1.973	0.053
	T5	SUELO-YESO-MEDIO	4.85	3.72	2.68	0.529	1.478	0.023
	T6	SUELO-YESO-ALTO	4.29	5.01	2.33	0.775	0.428	0.023

Con respecto a los tratamientos a base de cal, el T1(Cal baja), antes de la aplicación de enmiendas presentó un pH de 4.31, y después de la fertilización fue de 5.07, acercándose al rango ideal para el raigrás 5.5 a 7.8 según Vallejos et al. (2020), lo que nos indica que la acidez del suelo ha disminuido considerablemente, sin embargo el calcio disminuyó de 4.51 a 2.65 cmol(+)/kg, lo que impide al suelo la capacidad de neutralizar el suelo, por otro lado el aluminio disminuyó de 2.22 a 1.58 cmol(+)/kg y el hidrógeno bajo a 0.29 cmol(+)/kg, esto nos indica que ha dado positivo indicando un pH menos ácido.

En el T2 (Cal media), el suelo antes de la colocación de enmiendas presento un pH de 4.22, pero después de ello presento un pH de 4.97, lo que nos indica que la acidez del suelo ha disminuido, mientras tanto el calcio se mantuvo estable, pero el magnesio aumento de 0.38 a 0.64 cmol(+)/kg, valor importante que ayuda a neutralizar la acidez, por otro lado el aluminio disminuyo de 1.46 a 0.65 cmol(+)/kg y el hidrogeno bajo a 0.32 cmol(+)/kg, esto nos indica que ha reducido la acidez del suelo.

En el T3 (Cal Alta), el análisis de suelo antes de la colocación de enmiendas presento un pH de 4.44, y después de ello el pH presento un valor de 4.32, esto nos indica que la acidez del suelo se mantiene, mientras que el calcio disminuyo de 2.98 a 1.65 cmol (+)/kg lo que puede afectar la acidez del suelo debido a que la presencia de aluminio se mantiene, por último el aluminio se redujo de 1.27 a 0.47 cmol (+)/kg y el hidrogeno aumento a 1.48 cmol(+)/kg.

Con respecto a los tratamientos a base de yeso, se presenta el T4(yeso bajo), donde el suelo antes de la colocación de enmiendas presento un pH de 3.87, pero después de ello presento un pH de 4.31, lo que nos indica que la acidez del suelo ha disminuido, sin embargo el calcio aumentó de 1.57 a 1.87 cmol(+)/kg, lo que ayuda a neutralizar la acidez del suelo, por otro lado el aluminio disminuyo de 2.34 a 1.97 cmol(+)/kg y el hidrogeno bajo a 0.05 cmol(+)/kg, esto nos indica que ha reduce la toxicidad del suelo.

En el T5 (yeso medio), el suelo antes de la colocación de enmiendas presento un pH de 4.82, y después de ello presento un pH de 4.85, lo que nos indica que la acidez del suelo se mantiene no hubo diferencia significativa, mientras tanto el calcio se mantuvo estable, pero el magnesio aumento de 1.14 a 0.53 cmol(+)/kg, lo cual es beneficioso, por otro lado el aluminio disminuyo de 0.48 a 1.48 cmol(+)/kg y el hidrogeno bajo a 0.02

cmol(+)/kg, esto nos indica que ha reducido la toxicidad por aluminio pero el pH no ha cambiado.

En el T6(Yeso Alto), el análisis de suelo antes de la colocación de enmiendas presento un pH de 3.92, y después de ello el pH presento un valor de 4.92, esto nos indica que la acidez del suelo bajo considerablemente, pero este pH sigue siendo ácido para el raigrás y el trébol blanco, así mismo el aluminio se disminuyó de 2.38 a 0.43 cmol (+)/kg y el hidrogeno bajo a 0.02 cmol(+)/kg, lo cual es beneficios para evitar la toxicidad.

Así mismo en la tabla 5, se puede observar que el T1 (Cal Baja) fue el más efectivo debido a que presento su pH (5.07) más elevado y niveles adecuados de calcio, por otro lado, con respecto a los tratamientos a base de yeso el mejor fue el T5 (Yeso Medio), ya que mostro mejor equilibrio en todos sus nutrientes, aunque con un pH más bajo a diferencia del tratamiento a base de Cal, en general el tratamiento con cal parece ser más efectivo para mejorar el pH y reducir la toxicidad por aluminio.

Por otro lado, estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Duarte, Fatecha, Rasche, y Leguizamón, 2019), quienes en su estudio reportaron un incremento en el pH del suelo, especialmente en la capa superficial de (0 – 0.1 m) a los cinco y doce meses después de la aplicación de cal, lo que evidencia un aumento significativo del pH con el uso de cal, así mismo la aplicación de yeso no mostró efecto significativo manteniéndose en niveles similares a los del tratamiento testigo, estos resultados son similares a los nuestros ya que nos indica que el yeso puede mejorar otros parámetros químicos del suelo, pero no afecta al pH de manera directa, finalmente la relevancia de estos resultados en la productividad ha sido similar en ambos estudios ya que tanto como Duarte et al. (2019) y el nuestro reflejan la capacidad de la cal para elevar el pH y reducir la toxicidad por aluminio.

6.2. Resultados de comportamiento productivo

6.2.1. Producción de forraje (kg MS/ha)

Los resultados encontrados para el indicador producción de forraje (kg MS/ha) del raigrás a los 45 días son relativamente inferiores a los reportados en el trabajo de Vallejos et al. (2024), registrando los siguientes valores en los tratamientos (testigo 3768.2 kg MS/ha, cal baja 5840.1 kg MS/ha, cal media 3902.8 kg MS/ha, cal alta 4785.6 kg MS/ha, yeso bajo 3928.8 kg MS/ha, yeso medio 3036.4 kg MS/ha y yeso alto 6696.4 kg MS/ha), respectivamente, a diferencia de los resultados que se muestran en la tabla 6, la cual analiza el efecto de diferentes tratamientos de fertilización sobre la producción de forraje, expresada en (kg MS/ha), donde se observa que la producción de forraje del tratamiento sin enmiendas generó un rendimiento de 1083.38 Kg MS/ha, esto nos indica que aunque las pasturas pueden crecer sin fertilización, su producción se ve limitada.

El T1 (Cal Baja) alcanzó un rendimiento de 1229.16 Kg MS/ha, evidenciando que una baja dosis de cal puede mejorar significativamente la producción de forraje, a diferencia del T2 (Cal Media) presento un rendimiento de 1087.96 Kg MS/ha, lo que es ligeramente superior al de sin enmiendas, pero inferior al T1 (Cal Baja), por otro lado el T3 (Cal Alta) mostró el rendimiento más alto de todos los tratamientos con un rendimiento de 1260.93 Kg MS/ha, estos nos indica que una dosis alta de cal es altamente eficaz para maximizar la producción de forraje.

En cuanto a los tratamientos de yeso en la tabla 6, indica que el T4 (yeso bajo) presento un rendimiento de 789.51 Kg MS/ha, pues es el más bajo de todos los tratamientos, esto nos indica que el yeso en una dosis baja no es adecuado para mejorar la producción de forraje, mientras tanto el T5 (Yeso medio) mostró un rendimiento de

1018.51 Kg MS/ha, que es una mejora en comparación con el T4 (Yeso bajo), pero este resultado aun es inferior a los tratamientos en los cuales se aplicó cal, finalmente, el T6 (yeso alto) presento el rendimiento más bajo, con un rendimiento de 651.38 Kg MS/ha, lo que indica que una dosis alta de yeso no es beneficiosa para la producción de forraje.

Así mismo la tabla 6, indica el **p-valor de (0.5867)** este valor indica que las diferencias observadas en el rendimiento de forraje entre los tratamientos no son estadísticamente significativas, esto destaca que las variaciones en la producción de forraje pudieron ser al azar y no a un efecto real de las enmiendas, además, el error estándar (EE) de **253.54** indica una considerable variabilidad en las mediciones de la producción de forraje, este valor nos indica que aunque los promedios son representativos, existe una dispersión significativa en los datos, lo que podría influir en la interpretación de los resultados.

Haciendo un comparativo entre los tratamientos de cal y yeso nuestros resultados indican que los tratamientos a base de cal son más efectivos para incrementar el rendimiento de materia seca (MS) en comparación con los tratamientos de yeso, pues el T3 (Cal Alta) fue el más exitoso, destacándose con (1260.93 kg MS/ha), seguido del T1 (Cal baja)(1229.16 kg MS/ha), mientras que los tratamiento a base de yeso útiles en otros aspectos no lograron rendimientos aceptables, es por ello que estos resultados resaltan la importancia de la cal en la colocación de enmiendas a suelos para maximizar la producción agrícola.

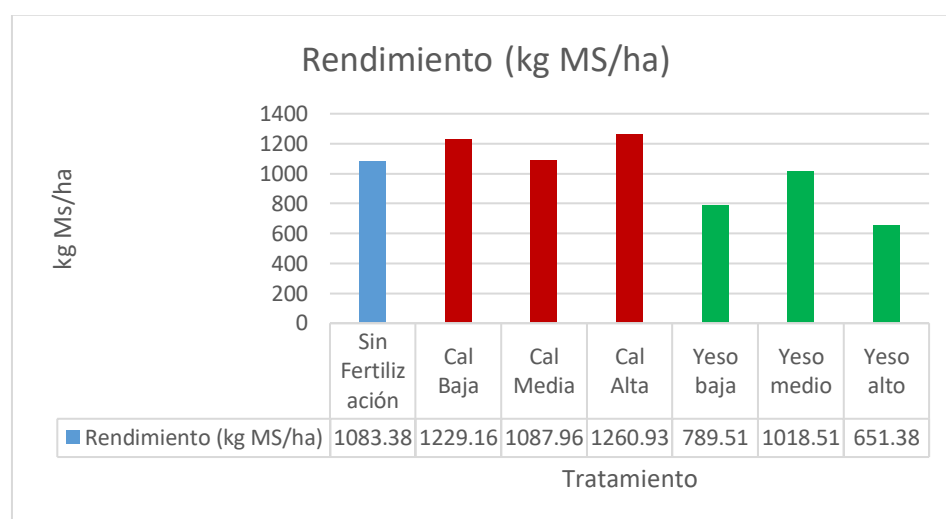
Estos resultados, muestran un efecto positivo del uso de cal sobre la producción de forraje, donde el T3 (cal Alta) mostró un rendimiento de 1260.93 Kg/MS/ha, aunque son significativamente inferiores a los reportados por Vallejos, Cayotopa y Martos (2024),

quienes encontraron rendimientos de 3886.8 kg/MS/ha con la misma aplicación de cal, por otro lado, el rendimiento con T5 (yeso medio) fue de 1018.51 kg/ms/ha, que es significativamente menor que el rendimiento de 4158.6 kg/ms/ha que obtuvo Vallejos et al. (2024), estos nos indica que el yeso puede tener un efecto positivo en suelos ácidos, pero su efectividad depende de la cantidad aplicada y las diferentes condiciones del suelo, estos estudios indican que los correctores de cal y yeso, pueden mejorar el rendimiento de las pasturas, sin embargo los resultados reportados por Vallejos et al. (2024), son mejores que los de la presente investigación posiblemente debido a las condiciones del suelo y otras factores ambientales.

Tabla 6:Producción de forraje (kg MS/ha)

Tratamientos	Fertilización	Rendimiento (kg MS/ha)
T0	Sin Fertilización	1083.38
T1	Cal Baja	1229.16
T2	Cal Media	1087.96
T3	Cal Alta	1260.93
T4	Yeso baja	789.51
T5	Yeso medio	1018.51
T6	Yeso alto	651.38
	EE	253.54
	P-valor	0.5867

Gráfico 1: Producción de forraje (kg MS/ha)



6.2.2. Altura de planta (cm)

Los resultados encontrados para el indicador altura de planta (cm) del raigrás a los 45 días son relativamente inferiores a los reportados en el trabajo de (Villegas, 2020), realizados en el distrito de Conchán - Chota a una altitud de (2253m.s.n.m), registrando valores promedio de altura de planta en diferentes etapas, en época de estiaje se observó una altura de planta de (24.26 – 38.54 cm) y en la época de lluvia (31.46 y 46.65 cm), con corte a los 35 días y sin fertilización alguna, respectivamente, a diferencia de los resultados que se muestran en la tabla 7, la cual analiza el efecto de diferentes tratamientos de enmiendas sobre la altura de las plantas, expresada en centímetros, donde se observa que la altura promedio más baja corresponde al tratamiento sin enmiendas, con 14.78 cm, lo que indica que la ausencia de nutrientes limita significativamente el crecimiento, por lo contrario en el T1(Cal Baja) el cual alcanzo la altura más alta de 24.56 cm, indicando que una dosis baja de cal es altamente beneficiosa para el desarrollo vegetal.

Por otro lado, los tratamientos de Cal Media indicaron un valor de (17.56 cm) y Cal Alta (20 cm), para el caso de yeso se observó que,

el T4 (Yeso bajo) obtuvo una altura de 19 cm, donde el mejor fue el T5 (Yeso medio), donde se observó una altura de 19.56 cm, y finalmente el T3 (Yeso alto) obtuvo una altura de 16.78 cm, estos valores muestran alturas intermedias, lo cual indica que, aunque estos tratamientos indican cierto crecimiento, no alcanzan la efectividad del tratamiento donde se aplicó la Cal Baja.

Así mismo la tabla 7, indica el **p-valor de (0.0001)** este destaca la significancia estadística de los resultados, lo que indica que las diferencias observadas entre las alturas de los distintos tratamientos no son aleatorias, sino que reflejan un efecto real de la fertilización, además, el error estándar (EE) de **3** indica la variabilidad en las alturas, lo que nos indica que las diferencias entre los tratamientos son claras y no están influenciadas por variaciones aleatorias de los datos, estos resultados destacan la importancia de la fertilización especialmente con cal baja, para el crecimiento de las plantas.

Haciendo un comparativo entre los tratamientos de cal y yeso nuestros resultados indican que los tratamientos a base de cal son más efectivos para promover el crecimiento de las pasturas (cm) en comparación con los tratamientos de yeso, pues el T1 (Cal baja) fue el más representativo, destacándose con (24.56 cm), , mientras que los tratamientos a base de yeso presentaron alturas promedio de (19, 19.56 y 16.78 cm) respectivamente, aunque el T5 (yeso medio) tuvo la mejor altura entre todos los tratamientos de yeso, ninguno alcanza los niveles de crecimiento observados en los tratamientos de cal, en resumen el tratamiento T1(cal baja) fue el más efectivo para aumentar la altura de las pasturas, superando a los tratamientos a base de yeso.

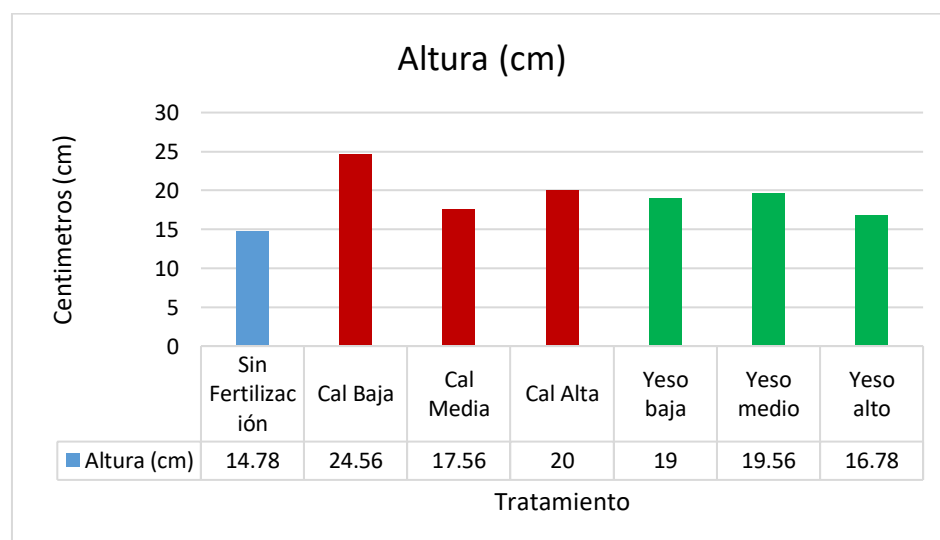
Estos resultados, muestran un efecto positivo del uso de cal sobre la altura de las pasturas, donde T1 (cal baja) mostró una altura de

24.56 cm, mientras que los tratamientos de yeso se mantuvieron entre 16.78 cm y 19.56 cm, pero estos resultados son significativamente inferiores a los reportados por Villegas (2020), quienes obtuvieron alturas de (46.65 cm) en la época de lluvia sin aplicación de enmiendas, esto podría deberse a factores ambientales y practicas adecuadas de fertilización

Tabla 7: Altura de planta (cm)

Tratamientos	Enmiendas	Altura (cm)
T0	Sin Enmiendas	14.78 ^a
T1	Cal Baja	24.56 ^a
T2	Cal Media	17.56 ^a
T3	Cal Alta	20 ^a
T4	Yeso baja	19 ^a
T5	Yeso medio	19.56 ^a
T6	Yeso alto	16.78 ^a
EE		3
P-valor		0.3993

Gráfico 2: Altura de planta (cm)



6.2.3. Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día)

La tabla 8, muestra los resultados encontrados para el indicador tasa de crecimiento del raigrás a los 45 días la cual analiza el efecto de diferentes tratamientos con enmiendas sobre la tasa de crecimiento del raigrás más trébol blanco, expresada en (Kg MS/ha/día), en función a diferentes tratamientos de fertilización, donde se observa que el tratamiento sin enmiendas mostró una tasa de crecimiento promedio de 24.08 kg MS/ha/día, lo que indica que la ausencia de nutrientes limita el desarrollo de las plantas.

La tabla 8, también muestra que el T1 (Cal Baja) alcanzó una tasa de 27.31 kg Ms/ha/día, mientras que el T2 (Cal Media) fue ligeramente inferior, con 24.18 kg MS/ha/día, por otro lado, el T3 de (Cal Alta) fue el que presentó la tasa de crecimiento más alta, con un 28.01 kg MS/ha/día, indicando que los tratamientos con cal en dosis altas pueden ser muy efectiva.

En cuanto a los tratamientos de yeso, el T4 (Yeso bajo) mostró la tasa más baja de 17.41 kg MS/ha/día, seguida por el T5 (yeso medio) con 22.63 kg MS/ha/día, y el T6 (yeso alto) con solo 14.49 kg MS/ha/día, esto nos indica que las tasas de crecimiento están marcadas con la letra (a), lo que indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos que comparten la misma letra, pero el T3(Cal Alta) se destaca por su tasa superior.

Así mismo la tabla 8, indica el **p-valor de (5.63)** este valor indica que las diferencias observadas con respecto a las tasas de crecimiento entre los tratamientos no son estadísticamente significativas, esto nos indica que, aunque algunas tasas de crecimiento son más altas que otras, estas variaciones podrían deberse al azar y no a un efecto real de los tratamientos, además el error estándar (EE) de 0.5873 refleja la variabilidad en los resultados observados en la tasa de crecimiento, esto significa que

los promedios reportados son representativos del rendimiento real, con poca dispersión en los datos observados, pues estos resultados destacan la importancia de la aplicación de la cal en dosis altas, tiende a mejorar la tasa de crecimiento.

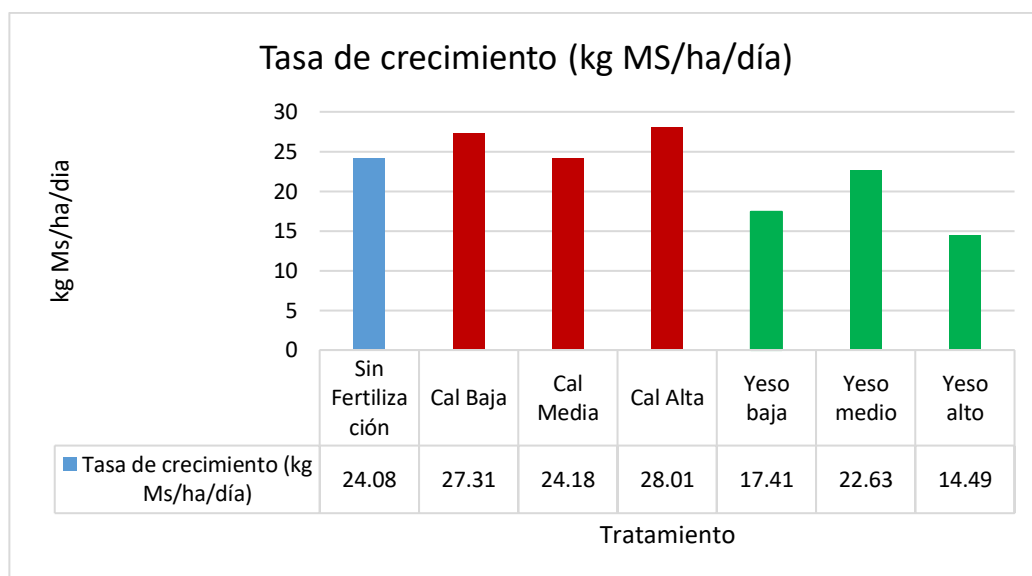
Haciendo un comparativo entre los tratamientos de cal y yeso nuestros resultados indican que los tratamientos a base de cal son más efectivos al tener la mayor tasa de crecimiento, en comparación con los tratamientos de yeso, pues el T3 (Cal alta) se destacó con (28.01 kg MS/ha/día), seguido de cerca por el T1 (cal Baja) con (27.31 kg MS/ha/día), mientras que los tratamiento a base de yeso presentaron tasas de crecimiento más bajas, donde el mejor fue el T5 (Yeso medio) con (22.63 kg MS/ha/día), aunque son inferiores a los tratamiento a base de Cal.

Estos resultados, muestran un efecto positivo del uso de cal sobre la producción de forraje, donde el T3 (cal Alta) mostró una tasa de crecimiento de (28,01 Kg/MS/ha/día), seguido del T1 (cal baja) con (27,31 Kg/MS/ha/día) aunque son significativamente inferiores a los reportados por Vallejos, Cayotopa y Martos (2024), quienes reportaron tasas de crecimiento de (86,37 Kg/MS/ha/día) con la misma aplicación de cal, por otro lado, la tasa de crecimiento con yeso medio fue de (22,63 Kg/MS/ha/día), que es significativamente menor a la tasa de crecimiento de (92,41 Kg/MS/ha/día) con yeso alto, que obtuvo Vallejos et al. (2024) el cual tuvo mejores resultados con los tratamiento a base yeso, estas diferencias en las tasas de crecimiento puede deberse a diferentes factores ambientales, características del suelo y variaciones en las especies utilizadas.

Tabla 8: Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día)

Tratamientos	Enmiendas	Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)
T0	Sin Enmiendas	24.08 ^a
T1	Cal Baja	27.31 ^a
T2	Cal Media	24.18 ^a
T3	Cal Alta	28.01 ^a
T4	Yeso baja	17.41 ^a
T5	Yeso medio	22.63 ^a
T6	Yeso alto	14.49 ^a
	EE	0.5873
	P-valor	0.5877

Gráfico 3:Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día)



6.3. Resultados de composición química

En la tabla 9, se observa los resultados del análisis de composición química del raigrás más trébol blanco, donde se analizó 05 parámetros como son porcentaje de proteína cruda (PC), Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente acida (FDA), Digestibilidad de materia seca (DIVMS) y Cenizas.

En cuanto a la PC, el tratamiento sin enmiendas mostró un 14 % de aporte proteico, mientras que con el T1 (Cal Baja), el contenido de PC fue de 13.32 %, valor ligeramente inferior al tratamiento sin enmiendas, en cambio el T2 (Cal Media) presento un valor de 14.16 %, indicando un mejor porcentaje a comparación con el T1 (Cal baja), pero el peor resultado lo presento el T3 (Cal Alta) con un valor de 12.95 %, estos datos nos indican una relación inversa con los tratamientos a base de yeso, donde el T4 (Yeso Bajo) alcanzo un 15.4 % de PC, el T5 (Yeso Medio) alcanzó un valor de 14.51 % y el mejor tratamiento que se tuvo para el caso de Pc fue el T6 (Yeso Alto) con un 15.63 %, bueno esto nos indica que la aplicación de yeso es más efectiva que la cal en términos de aporte proteico.

En relación a la FDN, los resultados mostraron variaciones significativas entre los diferentes tratamientos, donde el tratamiento sin enmiendas tuvo un contenido de FDN de (59.57 %), mientras que T2 (Cal Media) y T3(Cal Alta) alcanzaron los valores de (61.68%) y (61.91%) respectivamente, bajo esta base se observa que el T1 (Cal Baja) aumento notablemente el FDN a 65.15 %, esto indica que el aumento de FDN podría afectar la digestibilidad, mientras que en el caso de los tratamientos con Yeso, el T4 (yeso bajo) presento un FDN de (60.17 %), T5 (Yeso Medio) (57.9%) y T6 (Yeso Alto) (59.31%) , esto nos indica que el uso de yeso es más favorable para la digestibilidad del forraje, entre los tratamiento Yeso Medio.

Con respecto a la FDA, los valores que se observan en la tabla 9, fueron más homogéneos, donde el tratamiento sin enmiendas alcanzo un valor de 38.53 %, lo que nos indica un nivel alto en fibra, después de ellos los tratamientos T1 (Cal baja) (37.86%), T2 (Cal Media) (37.57%), T4 (Yeso bajo) (37.89%), T5(Yeso Medio) (37.34%) y T6(Yeso alto) (37.86%) fueron muy homogéneos a diferencia de los T3 (Cal Alta) (36.97 %) y T6 (Yeso Alto) (36.57 %) que mostro un menor FDA con 36.97 %, lo que nos indica una mejor digestibilidad de la fibra.

En la digestibilidad de materia seca se presentó variaciones, donde el tratamiento sin enmiendas alcanzó un valor de 49.46 %, mientras que el T1 (Cal baja) presento un valor de (46.86%), T2 (Cal Media)(49.04%) y T1 (cal baja) (48.00 %), esto no indica que los tratamiento con cal no siempre son beneficiosas en la digestibilidad de la materia seca, a diferencia de los tratamiento con yeso que presentaron los siguientes resultados en el cual el T4(Yeso bajo) tuvo un DIVMS de (51.45%), T5(Yeso Medio) (50.51%) y finalmente el T6 (Yeso Alto) presento mayor digestibilidad de materia seca con un valor de 52.51 %, esto no indica que los tratamientos con yeso son más efectivos para aumentar la digestibilidad de la materia seca en los forrajes.

En el análisis de cenizas, el tratamiento sin enmiendas mostró un porcentaje de (11.80 %), pero el tratamiento que presento menor contenido de cenizas fue el T1 (Cal Baja) (11.05 %), mientras que los tratamientos a base de yeso presentaron valores altos donde el T4 (Yeso bajo) alcanzo un (12.84 %), T5(Yeso medio) (12.05 %) y T6(Yeso Alto) (12.92%), esto nos hace referencia que los tratamientos con cal también aumentan la proporción de materia inorgánica.

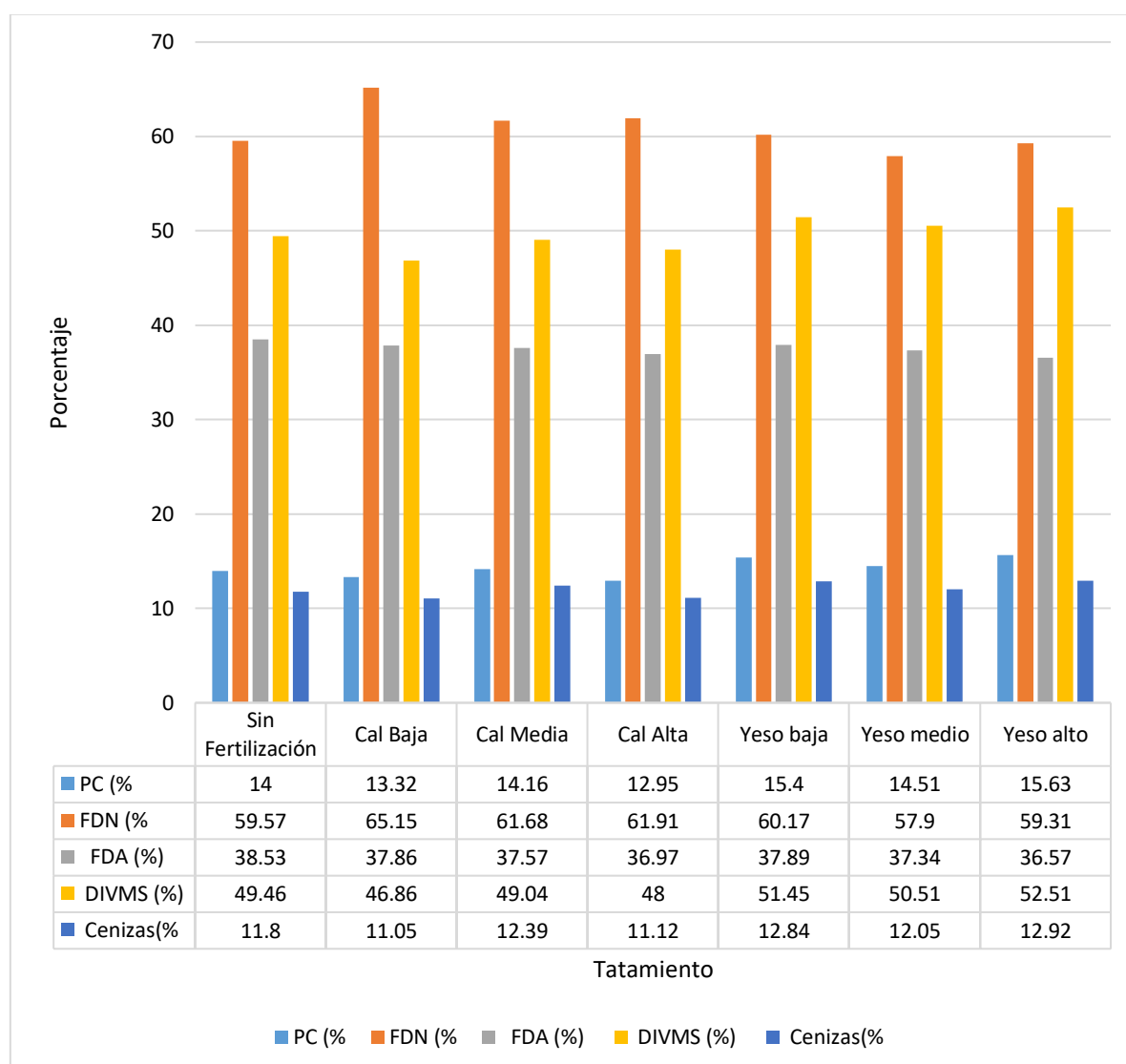
Haciendo un comparativo entre los tratamientos de cal y yeso nuestros resultados indican que el T6(yeso alto) fue el más efectivo sobre la composición química de las pasturas, a diferencia del T1 (cal baja) que mostro un contenido de proteína cruda (PC) de 13.32 %, el T6(yeso alto) alcanzo un 15.63 %, siendo el mayor valor alcanzado, sin embargo el T1(cal baja) presento un 65.15 % de fibra detergente neutra (FDN), superior al 59.3 % del T6(yeso alto), esto indica que el forraje donde se usó yeso es más digestible, en cuando a la digestibilidad invitro de materia seca (DIVMS), el T6(yeso alto) registro un 52.51 %, comparado con el 46.86 % del T1(cal baja), estos resultados resaltan la importancia del uso de yeso para mejorar la calidad del forraje.

Estos resultados, muestran un efecto positivo del uso de cal sobre la composición química de las pasturas a los 45 días, en cuanto a la proteína cruda (PC), los tratamientos con yeso, especialmente el T6 (yeso alto) presento un valor de (15.63 %), sin embargo, estos valores siguen siendo inferiores a los reportados por Vallejos et al. (2019), que presento valores por separado pero superiores donde en trébol alcanzo un 19.86 % PC y el rye grass un 9.58 % PC, respecto a las cenizas los valores están entre 11.05 % y 12.92 %, siendo más elevados en tratamientos con yeso, lo que indica una mayor concentración de minerales en el forraje, posiblemente por la mejora en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, a diferencia de los valores obtenidos por Vallejos et al. (2019), que fueron más bajos de (7.5 % a 11.76 %), lo que indica una mayor proporción de materia orgánica, estos resultados indican que los correctores de acidez como la cal y el yeso pueden mejorar la composición química y el rendimiento de las pasturas, pero los resultados obtenidos por vallejos et al. (2019) son superiores, posiblemente debido a mejores condiciones de suelo u otros factores ambientales.

Tabla 9: Composición química de raigrás – trébol blanco a los 45 días post-rebrote, según los niveles de cal y yeso.

Tratamientos	Enmiendas	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)	Cenizas (%)
T0	Sin Enmiendas	14	59.57	38.53	49.46	11.8
T1	Cal Baja	13.32	65.15	37.86	46.86	11.05
T2	Cal Media	14.16	61.68	37.57	49.04	12.39
T3	Cal Alta	12.95	61.91	36.97	48	11.12
T4	Yeso baja	15.4	60.17	37.89	51.45	12.84
T5	Yeso medio	14.51	57.9	37.34	50.51	12.05
T6	Yeso alto	15.63	59.31	36.57	52.51	12.92

Gráfico 4: Composición química de raigrás – trébol blanco a los 45 días post-rebrote, según los niveles de cal y yeso.



CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Con el tratamiento cal baja y cal media obtuvo resultados más favorables en relación al PH.

En relación al comportamiento productivo no hubo diferencia significativa entre los niveles usados de cal y yeso. Probabilidad mayor a 0.05.

El uso de los tres niveles de yeso mejoró el PH del suelo.

Presento mejor composición química, especialmente en contenido de proteína cruda y digestibilidad.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la aplicación de enmiendas de cal y yeso en niveles adecuados, así mismo realizar un análisis de suelo y ver el pH para mantenerlo dentro del rango ideal para el desarrollo de las pasturas raigrás más trébol blanco.

Se recomienda seguir con la aplicación de cal y yeso en niveles adecuados para mantener el pH en un estado óptimo y disminuir la

toxicidad por aluminio en las pasturas a sembrar, así mismo implementar un programa de fertilización que incluya la aplicación de cal y yeso, en los niveles correctos para maximizar el rendimiento de las pasturas.

Incorporar yeso bajo en la fertilización de las pasturas para incrementar la calidad nutricional del forraje, mejorar la alimentación del ganado lechero y por ende su producción.

CAPITULO IX

REFERENCIAS

- AEFA. (2022). Enmienda agrícola. *Asociacion Española de Fabricantes de Agronutrientes* <https://aeфа-agronutrientes.org/enmienda-agricola>.
- Agrofertas. (02 de Junio de 2023). *Enmiendas agrícolas: Beneficiate de ellas*. Obtenido de <https://agroфertas.co/enmiendas-agricolas-clasificacion-ventajas-y-desventajas/#:~:text=Las%20enmiendas%20del%20suelo%20o,sus%20ventajas%20y%20sus%20desventajas.&text=Enmiendas%20qu%C3%AADmicas>.
- Agronet. (17 de Abril de 2023). *La importancia de la cal en la agricultura: beneficios para el suelo y las plantas*. Obtenido de MinAgricultura: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-importancia-de-la-cal-en-la-agricultura-beneficios-para-el-suelo-y-las-plantas.aspx#:~:text=La%20cal%20agr%C3%ADcola%20es%20un%20excelente%20aliado%20para%20mantener%20el,la%20salud%20de%20las%20plantas>.
- Agrorural. (8 de enero de 2020). Minagri recomienda para un manejo adecuado de pastos y forrajes. *MIDAGRI*. Obtenido de <https://www.agrorural.gob.pe/minagri-recomienda-cuidados-y-mantenimiento-para-un-buen-pasto-y-forraje/>
- Alam, A. (1979). Efecto del aluminio compuesto en nutrientes y rendimiento de en granos de avena. *Journal Nutrición de plantas*., 365-375.
- Altamirano, J. (2023). Importancia de la determinación de fibra detergente acida y fibra detergente neutra, en la dieta de los rumiantes. *Sonter salud animal*. Obtenido de https://sanfersaludanimal.com/biblioteca/laboratorio_de_quimica/importancia-de-la-determinacion-de-fibra-detergente-acida-y-fibra-detergente-neutra-en-la-dieta-de-los-rumiantes

- Altamirano, J. (2023). Importancia de la determinación de fibra detergente acida y fibra detergente neutra, en la dieta de los rumiantes. *Sonter salud animal*. Obtenido de https://sanfersaludanimal.com/biblioteca/laboratorio_de_quimica/importancia-de-la-determinacion-de-fibra-detergente-acida-y-fibra-detergente-neutra-en-la-dieta-de-los-rumiantes
- Barrios, E. (1999). The In Vitro Dry Matter Digestibility (IVDMD). * *Tropical Soil Biology and Fertility Institute of CIAT*.
- Basaure, P. (2011). Enmiendas del suelo/uso de cal y yeso.
- Bernier, R. (2004). NR25010-tecnicas de muestreo de suelo obtenido de curso de Instituto de Investigaciones Agropecuarias. *Centro Regional de Investigación Remehue*. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25010.pdf>
- Bogdan, A. (1997). *Pastos Tropicales y Plantas de Forraje (Pastos y Leguminosas)*. Mexico. Obtenido de <https://biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=54656>
- Bohn, H., McNeal, B., & O'Connor, G. (1993). *Química del suelo*,. Mexico: limusa.
- Brandy, N., & Weil, R. (2017). *La naturaleza y las propiedades de los suelos*. 15.^a edición. Pearson Educación.
- Camino, K. (2012). Efecto de la fertilización con N- P- K sobre el crecimiento vegetativo de caucho (*Hevea brasiliensis* Willd ex A. Juss.), en etapa de vivero en la zona de Santo Domingo. *Escuela Politécnica del Ejército Santo Domingo*. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3627>
- Club Ganadero. (2022). Diferencia entre leguminosas y gramíneas. *MSD Salud Animal*. Obtenido de <https://www.clubganadero.com/diferencia-entre-leguminosas-y->

gramineas/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20las%20gram%C3%ADneas,bajo%20(8%2D18%25).

Cripín, B. (31 de 10 de 2020). Evaluación del rendimiento y composición química de dos variedades de avena vicia forrajeras en dos pisos altitudinales de Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.14074/3997>

Duarte, A., Fatecha, D., Rasche, J., & Leguizamón, C. (2019). Producción de maíz - soya y alteraciones de parametros quimicos del suelo por aplicacion de yeso con cal agricola. *Universidad Nacional de Asunción*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14066/3551>

Encina, A. (16 de Agosto de 2016). *Me ha gustado esta nota en* <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/efectos-nocivos-del-aluminio-en-el-suelo---prof-dr-arnulfo-encina-rojas--1509421.html>. Obtenido de <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/efectos-nocivos-del-aluminio-en-el-suelo---prof-dr-arnulfo-encina-rojas--1509421.html>

Escobar, P., Etchevarria, P., Vial, M., & Daza, J. (2020). Concepto de materia seca y su uso-. Guia practica. *INIA- Instituto de invesitigaciones agrapecuario*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/5a91acd0-4101-4089-a46f-857904f57a19/content>

Fajardo, K. C. (2019). Mapeo y análisis de calidad física y química de los suelos agrícolas de la universidad nacional agraria la molina aplicando herramientas sig. *Univesidad Nacional Agraria la Molina*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3939>

Gallardo, F., & Pino, M. (2006). Efecto del aluminio en la producción de materia seca y en la actividad nitrato reductasa de dos variedades de trigo, creciendo en soluciones nutritivas. *Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera.*, 30-36.

INIA. (2013). Uso de abonos en la produccion de pastos y cultivos. *INIA*.

- INIA. (2018). Sistema Ganadería Extensivo. *INIA Uruguay*. Obtenido de <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/Ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf>
- INTAGRI. (2014). Manual de enmiendas para la aplicación de yeso agrícola. *Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura*. Obtenido de <https://abonosconagricola.com/PDF/DOCUMENTOS-PAGINA-WEB/ASESORIA-TECNICA/Manual-Yeso-Agricola.pdf>
- Intagri. (2014). Manual de uso del Yeso Agrícola como mejorador de suelos. *Artículos técnicos Intagri(5)*, 10. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manual-de-uso-del-yeso-agricola>
- INTAGRI. (27 de Agosto de 2024). *Beneficios del uso de yeso agrícola en suelos ácidos*. Obtenido de Nutrición de cultivos: [https://www.intagri.com/articulos/suelos/beneficios-del-uso-de-yeso-agricola-en-suelos-acidos#:~:text=Aporta%20calcio%20a%20los%20suelos,\(S\)%20a%20las%20plantas](https://www.intagri.com/articulos/suelos/beneficios-del-uso-de-yeso-agricola-en-suelos-acidos#:~:text=Aporta%20calcio%20a%20los%20suelos,(S)%20a%20las%20plantas).
- Jiménez , W. (2019). Pastos y forrajes: tipos, producción, manejo y cultivo. *Agrotendencia*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/ganaderia/pasto-y-forraje-produccion-manejo-tipos-y-uso/#:~:text=Los%20rendimientos%20de%20los%20pastos,de%20producci%C3%B3n%20y%20alimentaci%C3%B3n%20animal>.
- Jumbo, M., & Rodríguez, A. (2020). COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL PASTO MARANDÚ (BRACHIARIA BRIZANTHA CV MARANDÚ) EN EL CARMEN PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR. *TLATEMOANI*. Obtenido de <https://ojs.eumed.net/rev/index.php/tlatemoani/index>
- Lopez, M. R. (2009). *Rendimiento y valor nutricional del pasto panicum maximuncv. mombaza a diferentes edades y alturas de corte*. Costa Rica

- Molina, E. (1998). Acidez de suelo y encalado. *Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica* . Obtenido de http://www.agrotriunfo.com/pdf/acidez_de_suelo_encalado.pdf
- Montalván, N. (Agosto de 2018). Evaluación de dos tipos de fertilización sobre el rendimiento y calidad nutricional del pasto anual (*Lolium multiflorum*). *Universidad Politecnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16325>
- Navarro, G. (2003). Química Agrícola; El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal, 2. ed. *Ediciones Mundi prensa.*, 486.
- Olivera, Y. (2005). Evaluación de una colección de *Centrosema* spp. *Pastos y Forrajes*.
- Ordoñez, J., Huamán, V., & Rojas, J. (09 de 03 de 2019). establecimiento de una asociación de gramíneas y leguminosas forrajeras, sembradas con densidades de arveja (*Pisum sativum* L.) cv "Remate" en el Valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.09>
- Osorio, N. (11 de 03 de 2005). muestreo Muestreo de Suelos. *Obtenido de Universidad Nacional de Colombia*:. Obtenido de <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>
- Palomino, S. (2022). Evaluación de la producción del cultivo asociado de leguminosas y gramíneas forrajeras en la comunidad de Jacaspampa, Ocos - Ayacucho. *Universidad Nacional de Huancavelica*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14597/5442>
- Parodi, L., Segura, B., & Chamble, S. (1963,1964). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería;Forrajes en el Perú. Boletín, Técnico N° 41. SIPA. 149-151.
- Rivera, M. (2014). Regeneración de la pradera artificial con la aplicación de enmiendas e incorporación de especies forrajeras nativas - naturalizadas

- e introducidas. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3765>
- Rivera, M. (24 de Junio de 2014). Regeneración de la pradera artificial con la aplicación de enmiendas e incorporación de especies forrajeras nativas-naturalizadas e introducidas. *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3765>
- Rodriguez, S., Ruz, E., & Chavarria, J. (1993). Detección y corrección de la acidez de los suelos. *Implicancias para una agricultura sustentable*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/ffc9b5fe-42d8-4a07-9fcc-671cb9fe32c1/content>
- Rosero, D. (20 de Abril de 2022). Efecto de la granulometría de enmienda mineral en la productividad de Ray Grass anual (*Lolium Multiflorum*) Bolívar - Carchi. *Universidad Tecnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12316>
- Santa Cruz, L., Cano, A., La Torre, I., Rodriguez, E., & Campos, J. (Enero de 2019). Inventario de la flora de angiospermas del distrito Pulán, provincia Santa Cruz, Cajamarca, Perú. *Arnaldoa*, vol.26, 26(1), 139-212. doi:<https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26108>
- Sierra, C. (1982). La acidez y alcalinidad de los suelos (pH). *Estación Experimental Remehue*, 14. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/97776e1c-2738-4ed3-95c1-f09b32c4353f/content>
- SIP. (26 de 09 de 2023). *MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN DEL FORRAJE*. Obtenido de <https://www.sip.si/es/art%C3%ADculos/minimizar-la-contaminacion-del-forraje/>
- Tobón, J. (1980). Cómo tomar una buena muestra de suelo. *Instituto Colombiano Agropecuario ICA*.

- Tuanama, S. S. (2019). Uso de enmiendas para la reducción del contenido de cadmio en los granos de cacao orgánico en la parcela de la cooperativa agraria industrial naranjillo. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1896>
- Tuanama, S. S. (2019). Uso de enmiendas para la reducción del contenido de cadmio en los granos de cacao orgánico en la parcela de la cooperativa agraria industrial naranjillo. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1896>
- Valencia, Y. V. (2019). Adaptabilidad de seis variedades de ryegrass y su desempeño productivo en la hacienda tajamar. canton Cayambe. *Sangolqui-Ecuador*. Obtenido de <https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b1a8d8a0-468c-4a2a-9eeb-1c9c4fce2b4b/content>
- Vallejos Fernandez, L. (20 de Setiembre de 2019). Rendimiento y composición química de la asociación Rye grass Ecotipo Cajamarquino-Trébol blanco de 30, 40, 50 y 60 días de crecimiento, en el Valle de Cajamarca. *Caxamarca*. Obtenido de file:///C:/Users/125/Downloads/pdf-rye-grass-trebol-cajamarca-vallejos-2019_compress.pdf
- Vallejos, L., Alvarez, W., Paredes, M., & Pinares, C. (Noviembre de 2020). Comportamiento productivo y valor nutricional de 22 genotipos de raigrás (*Lolium* spp.) en tres pisos altoandinos del norte de Perú. *Scientia Agropecuaria*. doi:10.17268/sci.agropecu.2020.04.09
- Vallejos, L., Cayotopa, G., & Martos, R. (31 de 12 de 2024). Uso de correctores de pH en suelos ácidos y su efecto sobre el rendimiento en pasturas asociadas del distrito de Pulán -Santa Cruz. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 23 (1-2), 184-191. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.pe/index.php/caxamarcae/article/view/133>
- Vallejos, L., Cayotopa, G., & Martos, R. (2024). Uso de correctores de pH en suelos ácidos y su efecto sobre el rendimiento en pasturas asociadas del distrito de Pulán -Santa Cruz. *Universidad Nacional de Cajamarca*.

- Valverde, H. (Diciembre de 2011). Cultivando Pastos asociados Sistematización de la experiencia. *Tehcnical Report*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/482447533/Cultivando-Pastos-Asociados-Sistematizacion>
- Villar, G., & Pérez, L. (18 de Noviembre de 2024). Proteína metabolizable y balance proteico en el rumen. *Ganaderia.com*.
- Villegas, Y. (2020). Comparación de la performance productiva de dos asociaciones de rye grass – trébol blanco en época de lluvia y estiaje en Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4009>
- Zapata, R. (2004). Química de la acidez del suelo. *Editorial Mundi prensa*, 179.
- Zuluaga, E., Restrepo, L., & Evaluación, J. (2010). valuación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo Pennisetum clandestinum bajo dos metodologías de fertilización. *Lasallista de Investigación.*, 94-100.

Anexos

Análisis de varianza de rendimiento y tasa de crecimiento por hectárea y altura, según niveles de fertilización sobre frecuencia de corte.

Nueva tabla_1 : 19/11/2024 - 10:05:12 - [Versión : 26/01/2016]

Análisis de la varianza

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17515457.11	8	2189432.14	3.78	0.0014
FERTILIZACION	2719338.13	6	453223.02	0.78	0.5867
BLOQUES	14796118.98	2	7398059.49	12.79	<0.0001
Error	31242232.66	54	578559.86		
Total	48757689.77	62			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1097.98133

Error: 578559.8641 gl: 54

FERTILIZACION	Medias	n	E.E.
Cal Alta	1260.93	9	253.54 A
Cal Baja	1229.16	9	253.54 A
Cal Media	1087.96	9	253.54 A
Sin Fertilización	1083.38	9	253.54 A
Yeso Medio	1018.00	9	253.54 A
Yeso Bajo	783.51	9	253.54 A
Yeso Alto	651.38	9	253.54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ALTURA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3573.81	8	446.73	5.53	<0.0001
FERTILIZACION	512.44	6	85.41	1.06	0.3993
BLOQUES	3061.37	2	1530.68	18.96	<0.0001
Error	4360.41	54	80.75		
Total	7934.22	62			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=12.97143

Error: 80.7484 gl: 54

FERTILIZACION	Medias	n	E.E.
Cal Baja	24.56	9	3.00 A
Cal Alta	20.00	9	3.00 A
Yeso Medio	19.56	9	3.00 A
Yeso Bajo	19.00	9	3.00 A
Cal Media	17.56	9	3.00 A
Yeso Alto	16.78	9	3.00 A
Sin Fertilización	14.78	9	3.00 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

T. CRECIMIENTO

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8639.43	8	1079.93	3.78	0.0014
FERTILIZACION	1339.76	6	223.29	0.78	0.5877
BLOQUES	7299.66	2	3649.83	12.78	<0.0001
Error	15417.80	54	285.51		
Total					

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=24.39131

Error: 285.5149 gl: 54

FERTILIZACION	Medias	n	E.E.
Cal Alta	28.01	9	5.63 A
Cal Baja	27.31	9	5.63 A
Cal Media	24.18	9	5.63 A
Sin Fertilización	24.08	9	5.63 A
Yeso Medio	22.63	9	5.63 A
Yeso Bajo	17.41	9	5.63 A
Yeso Alto	14.49	9	5.63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Resultados de la composición química del Laboratorio de Nutrición animal y bromatología de Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

INFORME DE ANÁLISIS N°: LABNUT-2025-01

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE DEL CLIENTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 RUC / DNI : 20148258601
 BOLETA/OS : FE E001-2155
 TIPO DE MUESTRA : PASTO
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : BOLSAS DE POLIETILENO CON CIERRE HERMÉTICO MOLIDO
 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 29/11/2024
 FECHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA : 16/12/2024 – 06/01/2025
 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 10/01/2025

ID Muestra	Humedad ¹ (%)	Cenizas ² (%)	Proteína cruda ³ (%)	FDN ⁴ (%)	FDA ⁵ (%)	DIV ⁶ (%)
DEIMER-CAL BAJA 30D	5.30	13.42	17.05	56.08	36.48	55.70
DEIMER-CAL BAJA 45D	6.95	11.79	13.32	65.15	37.86	46.86
DEIMER-CAL BAJA 60D	5.46	10.25	14.72	65.77	37.87	44.93
DEIMER-CAL MEDIA 30D	5.29	12.11	16.49	58.61	32.87	52.91
DEIMER-CAL MEDIA 45D	4.84	12.39	14.16	61.68	37.57	49.04
DEIMER-CAL MEDIA 60D	4.97	9.81	13.80	64.22	37.54	46.21
DEIMER-CAL ALTA 30D	5.32	12.22	17.98	54.20	34.03	54.37
DEIMER-CAL ALTA 45D	6.52	11.12	12.95	61.91	36.97	48.00
DEIMER-CAL ALTA 60D	4.80	9.59	11.94	62.41	37.52	45.78
DEIMER-YESO BAJO 30D	5.00	15.87	16.90	54.15	35.03	54.83
DEIMER-YESO BAJO 45D	5.60	12.84	15.40	60.17	37.89	51.45
DEIMER-YESO BAJO 60D	4.97	9.36	14.22	63.31	36.97	45.16
DEIMER-YESO MEDIO 30D	6.55	12.00	17.49	55.70	33.76	56.65
DEIMER-YESO MEDIO 45D	5.10	12.05	14.51	57.90	37.34	50.51
DEIMER-YESO MEDIO 60D	4.90	11.65	15.30	58.73	36.49	50.13
DEIMER-YESO ALTO 30D	6.09	15.39	15.97	57.64	39.22	53.54
DEIMER-YESO ALTO 45D	5.48	12.92	15.63	59.31	36.57	52.51
DEIMER-YESO ALTO 60D	5.19	10.83	14.53	59.83	34.06	50.33

Nombre del método:

¹ Método nro. 934.01 - Gravimétrico por estufa (AOAC, 2019).

² Método nro. 942.05 - Gravimétrico por incineración en mufla (AOAC, 2019).

³ Método nro. 2001.11 - Método Kjeldahl (AOAC, 2019).

⁴ Fibra detergente neutra: Método 6: Determinación de fibra detergente neutra (ANKOM, 2021).

⁵ Fibra detergente ácida: Método 5: Determinación de fibra detergente ácida. (ANKOM, 2021).

⁶ Digestibilidad *in-vitro*: Método 3: In Vitro True Digestibility using the DAISYII Incubator (ANKOM, 2005).

Referencias:

ANKOM. (2005). *Method 3: In Vitro True Digestibility using the DAISYII Incubator*. ANKOM Technology.

ANKOM. (2021). *Method 2: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*. ANKOM Technology.

ANKOM. (2021). *Método 5: Determinación de fibra detergente ácida*. ANKOM Technology.

ANKOM. (2021). *Método 6: Determinación de fibra detergente neutra*. ANKOM Technology.

ANKOM. (2021). *Método 7: Determinación de Fibra Cruda en Alimentos*. ANKOM Technology.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.

AOCS. (2004). *Procedimiento oficial Am 5-04: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LAB. DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS


Ph.D. Ives Julian Yopiac Tafur
Responsable del LABNUT

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú

www.untrm.edu.pe