

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

TESIS:

**EFEITO DE LA FERTILIZACIÓN Y LA EDAD DE CORTE SOBRE LAS
VARIABLES AGRONÓMICAS Y EL VALOR NUTRICIONAL DE LA
ASOCIACIÓN RAIGRÁS-TRÉBOL BLANCO EN EL DISTRITO DE
CALQUIS, PROVINCIA DE SAN MIGUEL, 2024**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL**

Presentada por:

CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO

Asesor:

Ph.D. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

Cristhian Elvis Portal Mendo

DNI: 73505773

Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias.

Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Producción Animal

2. Asesor(a): Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández

Dr.

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:

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y LA EDAD DE CORTE SOBRE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS Y EL VALOR NUTRICIONAL DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS-TRÉBOL BLANCO EN EL DISTRITO DE CALQUIS, PROVINCIA DE SAN MIGUEL, 2024.

6. Fecha de evaluación: 22/12/2025

7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 14%

9. Código Documento: 3117:542827855

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 29/12/2025

Firma y/o Sello
Emisor Constancia


Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández
DNI: 26673237

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 16:00 horas, del dia 28 de noviembre de dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. ROY ROGER FLORIÁN LESCANO**, **Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA**, **Mg. Sc. RAÚL ALBERTO CÁCERES CABANILLAS**, y en calidad de Asesor el **Ph.D. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: "**EFECHO DE LA FERTILIZACIÓN Y LA EDAD DE CORTE SOBRE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS Y EL VALOR NUTRICIONAL DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS-TRÉBOL BLANCO EN EL DISTRITO DE CALQUIS, PROVINCIA DE SAN MIGUEL, 2024**", presentado por el Bachiller en Ingeniería Zootecnista **CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobada.....con la calificación de Dieciocho (18).....la mencionada Tesis; en tal virtud, el Bachiller en Ingeniería Zootecnista **CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, con Mención en **PRODUCCIÓN ANIMAL**.

Siendo las 18:20 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....

Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández
Asesor

.....

Dr. Roy Roger Florián Lescano
Jurado Evaluador

.....

Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Jurado Evaluador

.....

Mg. Sc. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios Todo Poderoso, por darme siempre la sabiduría y la fortaleza para mantenerme y sobresalir en mi vida profesional y personal.

A mis Padres:

Nolberto Portal Raico y Yolanda Mendo Cerdan, quienes me impulsaron para seguir con mis estudios superiores apoyándome, de principio a fin, para salir adelante, mucho más en los momentos difíciles de mi vida.

A mi hermana:

Leydi Mardely Portal Mendo, quien me apoyo en todo momento y estuvo junto a mi lado siempre.

A todos mis amigos y familiares que estuvieron cada momento de mi vida académica apoyándome moralmente para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la bendición que siempre ha dado a mi vida y por iluminar mi camino, dándome fortaleza en los momentos difíciles para poder alcanzar mis metas.

Agradezco a mi mamá, a mi papá y a mi hermana que en todo momento de mi vida me apoyaron.

Agradezco de manera especial a mi Asesor: al Dr. Luis Vallejos Fernández, por brindarme toda las facilidades y enseñanzas para llevar a cabo la presente tesis.

Agradezco a las Ingenieras e Ingenieros Agrónomos: Flor Llanos Vera, Yris Ocas Rasco, Darwin Vásquez Culqui, Nestor Coronado Llanos y Yonil Terrones Cotrina por su apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo.

A mis colegas Ingenieros Zootecnistas, en especial a mi colega Dany Estela Cueva y a todos los involucrados en el proyecto “Estrategias Tecnológicas para Incrementar la Calidad del Suelo, Pasturas y Leche en la Región Cajamarca”, por su apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	página
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1. Contextualización	2
1.1.2. Descripción	3
1.1.3. Formulación del problema.....	4
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.2.1. Justificación científica	4
1.2.2. Justificación técnica-práctica.....	5
1.2.3. Justificación institucional-personal	5
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4. LIMITACIONES	5
1.5. OBJETIVOS.....	6
1.5.1. General.....	6
1.5.2. Específicos.....	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS	17
2.2.1. Acidez del suelo.....	17
2.2.2. Suelo, enmiendas y fertilización.....	17
2.2.3. Pasturas y fertilización.....	20
2.2.4. Pasturas asociadas.....	21

2.2.5. Comportamiento de las pasturas según la época del año.....	23
2.2.6. Crecimiento y variación de nutrientes en la planta.....	25
2.2.7. Periodo de corte	27
2.2.8. Rendimiento Productivo	27
2.2.9. Valor Nutritivo	27
2.2.10. Altura de Planta	28
2.2.11. Composición Florística.....	28
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	29
CAPÍTULO III	30
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	30
3.1. HIPÓTESIS.....	30
3.2. VARIABLES.....	30
3.2.1. Variables Independientes	30
3.2.2. Variables Dependientes.....	30
CAPÍTULO IV	33
MARCO METODOLÓGICO	33
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA	33
4.2. EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS	34
4.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
4.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
4.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	35
4.6. METODOLOGÍA	36
4.6.1. Instalación del Experimento	36
4.6.2. Evaluación y recolección de datos.....	41
4.6.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos	43
4.7. MODELO ESTADÍSTICO	44
CAPÍTULO V.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	46
5.1. RENDIMIENTO (KG MS/HA ⁻¹), ALTURA DE PLANTA (CM) Y TASA DE CRECIMIENTO (KG MS/DÍA) DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS-TRÉBOL BLANCO	46

5.1.1. Rendimiento (Kg MS/ha ⁻¹), altura de planta (cm) y tasa de crecimiento (kg MS/día) de la asociación raigrás–trébol blanco en función de los niveles de fertilización	46
5.1.2. Rendimiento (kg MS·ha ⁻¹), altura de planta (cm) y tasa de crecimiento (kg MS·día ⁻¹) de la asociación raigrás–trébol blanco en función de los niveles de fertilización y la frecuencia de corte.....	49
5.2. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS PASTURAS	53
5.2.1. Composición Florística según niveles de fertilización	53
5.2.2. Niveles de fertilización y su influencia en la composición florística según frecuencia de corte.....	56
5.3. VALOR NUTRICIONAL DE LAS PASTURAS.....	60
5.3.1. Valor nutritivo de las pasturas a los 30 días de rebrote.....	60
5.3.2. Valor nutritivo de las pasturas a los 45 días de rebrote.....	61
5.3.3. Valor nutritivo de las pasturas a los 60 días de rebrote.....	63
5.3.4. Valor nutritivo de las pasturas a los 75 días de rebrote	65
5.4. COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN	67
5.4.1. pH del suelo	67
5.4.2. Materia Orgánica	68
5.4.3. Nitrógeno	68
5.4.4. Fósforo	68
5.4.5. Potasio	69
CAPÍTULO VI	70
CONCLUSIONES.....	70
CAPÍTULO VII	72
RECOMENDACIONES	72
CAPÍTULO VIII.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	página
Tabla 1. Comportamiento productivo de la asociación raigrás-trébol blanco, según tratamientos y época del año	25
Tabla 2. Valor nutritivo de cuatro genotipos de trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	26
Tabla 3. Valor nutritivo de la asociación raigrás - trébol blanco, según el momento o frecuencia de corte (días)	27
Tabla 4. Tratamientos Instalados de la asociación raigrás - trébol blanco	34
Tabla 5. Condiciones iniciales del suelo según análisis físico-químico	37
Tabla 6. Interpretación del pH del suelo	38
Tabla 7. Interpretación de la materia orgánica, nitrógeno y potasio	38
Tabla 8. Características físicas y químicas del suelo, antes y después de los tratamientos	38
Tabla 9. Análisis de germinación de la semilla de raigrás ecotipo cajamarquino.....	39
Tabla 10. Análisis de germinación de la semilla de trébol blanco	39
Tabla 11. Cantidad de semilla empleada por tratamiento en el ensayo	40
Tabla 12. Fraccionamiento de Fertilizantes	40
Tabla 13. Rendimiento forrajero y crecimiento del raigrás–trébol blanco en función de la fertilización	47
Tabla 14. Rendimiento de Materia Seca (kg MS·ha ⁻¹) de la asociación raigrás más trébol blanco, según frecuencia de corte y niveles de fertilización.....	48
Tabla 15. Rendimiento de Materia Seca (kg MS·ha ⁻¹) de la asociación raigrás más trébol blanco, según frecuencia de corte y niveles de fertilización.....	50
Tabla 16. Altura de planta (cm) de la asociación raigrás más trébol blanco, según frecuencia de corte y niveles de fertilización	50
Tabla 17. Tasa de crecimiento (kg MS·ha ⁻¹ ·día) según frecuencia de corte y niveles de fertilización	52
Tabla 18. Niveles de fertilización y su influencia en la composición florística.....	54
Tabla 19. Influencia de los niveles de fertilización en la composición florística a los 30, 45, 60 y 70 días de corte	58
Tabla 20. calidad nutritiva de las pasturas a los 30 días	61
Tabla 21. calidad nutritiva de las pasturas a los 45 días	63
Tabla 22. calidad nutritiva de las pasturas a los 60 días	65
Tabla 23. calidad nutritiva de las pasturas a los 75 días	66

Tabla 24. Estado de las propiedades químicas del suelo a los 75 días de fertilización.....69

Tabla 25. Estado de las propiedades químicas del suelo a los 150 días de fertilización.....69

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la composición florística.....	21
Figura 2. Ubicación del experimento.....	33
Figura 3. Distribución de los Tratamientos	35

LISTA DE ANEXOS

Contenido	Página
Anexo 1. Análisis de suelos antes de instalar el experimento.....	85
Anexo 2. Análisis de suelos despues de 75 dias de instalar el experimento	86
Anexo 3. Análisis de suelos despues de 150 dias de instalar el experimento	87
Anexo 4. Resultados de valor nutritivo de la pastura emitido por el laboratorio de nutrición animal y bromatología de alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas	88
Anexo 5. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás–Trébol Blanco según Niveles de Fertilización en el Primer Corte	89
Anexo 6. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás–Trébol Blanco según Niveles de Fertilización y Frecuencia de Corte en el Primer Corte.....	91
Anexo 7. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás–Trébol Blanco según Niveles de Fertilización en el segundo Corte	97
Anexo 8. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás–Trébol Blanco según Niveles de Fertilización y Frecuencia de Corte en el Segundo Corte.....	99
Anexo 9. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Niveles de Fertilización del Primer Corte.....	104
Anexo 10. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Frecuencia de Corte en el Primer Corte	106
Anexo 11. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Niveles de Fertilización del Segundo Corte.....	111
Anexo 12. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Frecuencia de Corte en el Segundo Corte.....	113

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertilización y la edad de corte sobre las variables agronómicas y el valor nutricional de la asociación raigrás–trébol blanco en el distrito de Calquis, provincia de San Miguel, región Cajamarca. El estudio se desarrolló bajo un Diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. La fertilización se aplicó en tres etapas: en la resiembra con N, P, K, Ca, Cu, Zn, Mn, B y gallinaza; a los 30 días con gallinaza; y a los 90 días con Sulfomag, en dosis crecientes (F1, F2 y F3). Los resultados mostraron que la fertilización media (F2) y los cortes a los 60 y 75 días favorecieron significativamente el rendimiento de materia seca, superando al testigo. F2 registró además las mayores tasas de crecimiento, mientras que F3 y F1 destacaron en altura de planta. La fertilización mejoró notablemente la composición florística, incrementando la dominancia de raigrás y reduciendo la presencia de malezas. El valor nutritivo de las pasturas fue superior en etapas tempranas de rebrote, debido al predominio de tejidos jóvenes con alta digestibilidad, aunque la fertilización y la asociación con leguminosas permitieron mantener una calidad aceptable durante la maduración. A nivel edáfico, la fertilización química causó inicialmente acidificación y reducción de nutrientes, pero a los 150 días se observó una recuperación en pH y contenidos de materia orgánica y macronutrientes. En conclusión, la fertilización adecuada y el momento de corte optimizaron la productividad, calidad y sostenibilidad del sistema forrajero.

Palabras claves: fertilización, variables agronómicas, valor nutritivo, rendimiento forrajero, calidad nutricional, suelos agrícolas.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of fertilization and cutting age on the agronomic variables and nutritional value of the ryegrass-white clover intercropping system in the district of Calquis, province of San Miguel, Cajamarca region. The study was conducted using a randomized complete block design (RCBD) with four treatments and three replications. Fertilization was applied in three stages: at reseeding with N, P, K, Ca, Cu, Zn, Mn, B, and chicken manure; at 30 days with chicken manure; and at 90 days with Sulfomag, in increasing doses (F1, F2, and F3). The results showed that the medium fertilization (F2) and cuttings at 60 and 75 days significantly improved dry matter yield, surpassing the control. F2 also exhibited the highest growth rates, while F3 and F1 stood out in plant height. Fertilization significantly improved the floristic composition, increasing the dominance of ryegrass and reducing the presence of weeds. The nutritional value of the pastures was higher in the early regrowth stages due to the predominance of young, highly digestible tissues, although fertilization and intercropping with legumes allowed for the maintenance of acceptable quality during maturation. At the soil level, chemical fertilization initially caused acidification and a reduction in nutrients, but after 150 days, a recovery in pH and organic matter and macronutrient content was observed. In conclusion, appropriate fertilization and timing of cutting optimized the productivity, quality, and sustainability of the forage system.

Keywords: fertilization, agronomic variables, nutritional value, forage yield, nutritional quality, agricultural soils.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La producción de pastos en la Región Cajamarca representa un rubro crucial en la actividad pecuaria; por cuanto, constituye la base de la alimentación del ganado lechero, ya que afortunadamente Cajamarca sigue ocupando uno de los primeros puestos en producción de leche a nivel nacional (Cotrina, 2019)

El establecimiento de pastos juega un papel muy importante en la provincia de Cajamarca debido a que es la base en la alimentación ganadera, los cuales son explotados en su mayoría en forma extensiva. Sin embargo, el manejo inadecuado de la carga animal, la erosión temprana de estas áreas y otros aspectos de suelo y clima, los vuelven pocas productivas en biomasa y calidad de forraje.

Para obtener áreas de pastos tanto en volumen como en calidad, es necesario tener en cuenta la selección de especie forrajera de acuerdo a nuestras condiciones edafoclimáticas y en función a ello determinar los niveles de fertilización requeridas por los pastos (Güere, 2010)

El uso de fertilizantes en la agricultura es fundamental para optimizar el rendimiento y el valor nutricional de los cultivos. En particular, la asociación de raigrás y trébol blanco en el distrito de Calquis, provincia de San Miguel, puede beneficiarse significativamente de la aplicación de diferentes niveles de fertilización (Terrones, 2022)

La producción de forraje depende del empleo adecuado de los fertilizantes para obtener la máxima capacidad productora del suelo. El mantenimiento de la fertilidad y el manejo de la pastura es la base del éxito de la explotación ganadera. En esta dinámica, la composición botánica de la pastura es de esencial importancia. La presencia de leguminosas desempeña un papel primordial en la vida útil de la pastura (Avellaneda, 2007).

La producción forrajera de una mezcla de gramíneas y leguminosas, depende enteramente de la fijación simbiótica de las leguminosas. El suministro de nitrógeno puede llegar hasta 300 kg N/ha/año. El resto, se puede completar con aplicaciones adecuadas de nitrógeno, dependiendo de la presencia de leguminosas en el conjunto de pasturas (Avellaneda, 2007).

Por lo tanto, la implementación de un manejo adecuado de la fertilización en la asociación raigrás-trébol blanco en el caserío Cushuro, distrito de Calquis podría resultar en mejoras significativas en el rendimiento y el valor nutricional, apoyando así la productividad agrícola de la provincia.

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Contextualización

La región Cajamarca, actualmente se encuentra posicionada en el primer lugar en producción de leche fresca en el Perú, con un volumen de 401 010 toneladas anuales, que representa el 19 % de la producción nacional (GRC, 2021). Cuenta con una población de ganado bovino de 654 162 cabezas, de las cuales 173 517 corresponde a vacas en producción, mismas que presentan una performance productiva de 6,3 kg de leche/vaca/día (MIDAGRI, 2021).

Este bajo rendimiento refleja, que la ganadería bovina lechera en Cajamarca, enfrenta desafíos crecientes para aumentar la cantidad y calidad de leche de manera sostenible, partiendo de inadecuadas prácticas agropecuarias tales como: fertilizar sin conocer las características físicas, químicas y biológicas del suelo, con el consecuente bajo rendimiento de pasto; momento inapropiado de uso de las pasturas que genera una baja calidad de las mismas y promueve la invasión de malezas (Carrasco, 2019; Vallejos, 2009; Vallejos et al. 2019) afectando el consumo de materia seca por el ganado; rechazo del productor al uso de nuevas

especies forrajeras, aspectos que finalmente afectan la calidad del suelo, el rendimiento y calidad, calidad de las pasturas y la producción de leche.

El caserío Cushuro, comprensión del distrito Calquis, provincia San Miguel de la región Cajamarca, mantiene la producción de la asociación forrajera raigrás-trébol blanco, constituyéndose en el principal alimento del ganado productor de leche, predominan los sistemas de alimentación a base de la asociación de pasturas antes mencionadas.

Los suelos de la zona están condicionados principalmente por los bajos niveles de fertilización, debido a que algunos productores no fertilizan, o fertilizan según las condiciones económicas, sin criterio; no utilizan fertilización según los requerimientos de las pasturas (Vallejos, 2009).

1.1.2. Descripción

La producción de leche, constituye una de las actividades económicas más importantes de la población rural en la región Cajamarca, después de la minería; ocupa, desde hace siete años, el primer lugar en volumen de leche (401 010 toneladas anuales) en el país; sin embargo, se encuentra entre las regiones con mayor índice de desnutrición crónica infantil (ENDES, 2022) y de pobreza (INEI, 2022), debido probablemente a la baja producción de sus animales (6,3 kg leche vaca-1 día-1) (MIDAGRI, 2022), lo que ha generado, probablemente, desde hace varias décadas, que los productores no utilicen la leche en la alimentación de su familia.

La baja productividad de leche, posible consecuencia de las características físico químicas, microbiológicas y nutritivas del suelo, generan un deficiente rendimiento y calidad de las pasturas (Silveira y Khomann, 2020), es así que se ha observado en nuestra región, que a partir de los 3,300 msnm, los suelos se caracterizan por presentar niveles extremadamente bajos de pH (3,4 a 4,4) y reducida concentración de fósforo (Vallejos et al., 2020), que impiden la absorción de los nutrientes del suelo; si a esto se suma la alta correlación negativa entre altitud y temperatura (Claffey et al., 2019), se puede observar menores frecuencias de pastoreo

o corte (días que transcurren para que las pasturas alcancen la altura adecuada de consumo) durante el año, realizándose a los 3,650 msnm cada 120 días o tres veces por año (Vallejos et al., 2020). En este estado de madurez, las pasturas asociadas pueden presentar bajas concentraciones de proteína cruda (PC) y mayor nivel de fibra cruda (Tilus et al., 2022) haciéndose menos digestible, como consecuencia el tiempo de rumia durante el día se incrementa y el de pastoreo (consumo) se reduce, afectando el rendimiento de leche (Vallejos, 2009).

Por estas razones, la propuesta de investigación que se plantea, considera importante evaluar el efecto de tres niveles de fertilización y la edad de corte sobre las variables agronómicas y el valor nutricional de la asociación raigrás-trébol blanco, situación que incentivaría a los pequeños y medianos productores del caserío Cushuro, distrito de Calquis, provincia de San Miguel a promover la fertilización adecuada del suelo, para obtener mejores resultados en la producción de pastos a futuro, con estudios continuos en suelo y pastura (Vallejos, 2009), buscando el incremento en la producción y calidad de la leche.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la fertilización y la edad de corte sobre las variables agronómicas y el valor nutricional de la asociación raigrás-trébol blanco en el distrito de Calquis, provincia de San Miguel, Región Cajamarca?

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. Justificación científica

La presente investigación valida la necesidad de determinar la significancia, mostrando que no es un trabajo trivial, sino que aporta algo nuevo en el campo teórico y práctico de los suelos, la producción y aprovechamiento de los pastos.

1.2.2. Justificación técnica-práctica

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran su aporte teórico práctico y la posibilidad de uso como consulta para futuras investigaciones en el sector agropecuario.

1.2.3. Justificación institucional-personal

El estatuto de la Universidad Nacional de Cajamarca, en su Artículo 211, menciona que “la investigación, responde a la problemática de la sociedad, con énfasis en los problemas del ámbito local, regional, nacional y universal”.

En tal sentido, se decidió por el desarrollo de esta investigación, con la finalidad de aportar en lo técnico y económico en el mejoramiento de la producción y aprovechamiento de los pastos, que generen mayor rentabilidad en los centros de producción de leche.

Este trabajo se toma como complemento al estudio desarrollado en pre grado y las labores desarrolladas en el área de pastos y forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la UNC.

1.3. Delimitación de la investigación

El trabajo de investigación se desarrolló en el caserío Cushuro, comprensión del distrito de Calquis, provincia San Miguel de la región Cajamarca, en el periodo comprendido entre junio 2023 y agosto 2024.

1.4. Limitaciones

Durante el experimento se presentó un periodo de estiaje entre julio y agosto del 2023 a mayo y agosto del 2024, afectando en cierta medida a la producción de pastos.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

- Evaluar el efecto de la fertilización y la edad de corte sobre las variables agronómicas y el valor nutricional de la asociación raigrás-trébol blanco en el distrito de Calquis, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

1.5.2. Específicos

- Determinar el efecto de cuatro niveles de fertilización (sin fertilización, baja, media y alta) y cuatro frecuencias de corte (30, 45, 60 y 75 días) sobre las variables agronómicas (rendimiento, altura, tasa de crecimiento, composición florística), de la asociación raigrás-trébol blanco en el caserío Cushuro, distrito de Calquis.
- Determinar el efecto de cuatro niveles de fertilización (sin fertilización, baja, media y alta) y cuatro frecuencias de corte (30, 45, 60 y 75 días) sobre el valor nutricional (proteína, lípidos, fibra, cenizas, ENL), de la asociación raigrás-trébol en el caserío Cushuro, distrito de Calquis.
- Determinar el efecto de los fertilizantes en las propiedades químicas (pH, MO, N, P, K) del suelo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Harris y Clark (2021), evaluaron el fertilizante nitrogenado (N) que se aplicó en pasturas lecheras a tasas nominales de 0, 200 y 400 kg N/ha por año, en módulos con cargas de 3.24 (LS) o 4.53 (HS) vacas Friesian/ha, desde junio de 1993 hasta junio de 1995. Para junio de 1995, los contenidos de trébol blanco en los módulos LS200 y LS400 fueron de 10.6% y 2.2%, respectivamente, comparados con 16.8% en LS0. La mayor pérdida de trébol en LS200 y LS400 ocurrió durante los primeros seis meses del ensayo, cuando el lento crecimiento primaveral del trébol, junto con la alta respuesta al N, colocó al trébol en desventaja competitiva. Bajo alta carga animal, el efecto del N sobre el contenido de trébol fue menor debido a un mejor aprovechamiento del pasto estimulado por N. En junio de 1995 hubo poca diferencia en contenido de trébol entre HS0 (15.4%) y HS200 (14.9%), aunque HS400 mostró valores menores (6.8%). Por otro lado, mencionan que la reducción en el contenido de trébol en los módulos con baja carga animal y fertilizados con N se confirmó mediante la disminución en la densidad de plantas y biomasa de estolones. La fijación de N fue consistentemente mayor en los módulos sin fertilización que en aquellos que recibieron N. La aplicación de 400 kg N/ha por año tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en la morfología de las plantas de trébol: presentaron menor longitud y peso seco de estolones, desarrollaron menos yemas axilares y, por lo tanto, menos estolones. Aunque el peso seco foliar total y el número de hojas por planta fueron menores en LS400, no hubo diferencias significativas en el número de hojas por estolón ni en el peso seco individual de hojas. Tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el número de raíces por planta ni en el peso seco de raíces.

León et al. (2018), indican que existen dos tipos de factores que influyen en el establecimiento de una pastura y en la cantidad de pasto producido, estos factores, son: Abióticos (temperatura, humedad, radiación solar, fertilidad en el suelo y fertilización mineral); y Bióticos (genética de la especie forrajera y manejo del cultivo). Así mismo, mencionan que la lluvia es el elemento del clima que más influye en el crecimiento de los pastos expresado en producción de forraje (kg/MS/día) y en la calidad del mismo. Así mismo, indican que se debe tener en cuenta el efecto de las lluvias en la lixiviación de nitrógeno, cloruros, sulfatos y bases; el riesgo de lixiviación de más a menos es N, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, esto quiere decir que no se debe fertilizar en épocas de grandes aguaceros, sobre todo con topografía inclinada ya que el fertilizante va a ser lavado. Lo más adecuado es “dosificar para optimizar el uso-consumo de lo aplicado evitando dosis altas y pocos eventos de fertilización, ya que el ideal es tener la fertilidad cuando está la lluvia” (Delorenzo, 2014). En todo caso el técnico tiene que evaluar la situación de acuerdo a su zona, ubicación del lote dentro de la finca, etc. Por otro lado, mencionan que de las épocas de lluvias y sequías depende la programación agrícola (siembras, calendario de fertilizaciones, conservación de forraje, etc.), por lo tanto, es necesario conocer el histórico de la pluviometría del lugar y su distribución por meses, así como en la región interandina la época de las granizadas. Las circunstancias pueden obligar a buscar hierbas forrajeras resistentes a la humedad y/o resistentes a la sequía, generalmente se necesita que los pastos tengan las dos características para poder mantener una producción forrajera equilibrada durante todo el año. Cuando la lluvia es insuficiente debe aplicarse riego.

Vargas et al. (2017), evaluaron cinco raigrases perennes (tres diploides y dos tetraploides) y tres tréboles (dos rojos y uno blanco) en Tuta, Boyacá y Mosquera, Cundinamarca, Colombia. Se establecieron parcelas de 8 m² de cada especie con tres repeticiones. Las variables de establecimiento fueron evaluadas quincenalmente durante los

primeros cinco meses. Las variables de producción y calidad nutricional fueron evaluadas en temporada de lluvia (abril y mayo) y de estiaje (junio y julio). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con medidas repetidas, entre noviembre de 2015 y julio de 2016. Durante el periodo de establecimiento, se encontró una mayor cobertura y grado de adaptación en los raigrás y tréboles entre los días 45 y 60 y 105 y 150 en Tuta y Mosquera, respectivamente. La mayor edad provocó una disminución en la energía neta de lactancia (entre 7 y 15 %) y un aumento en la producción diaria de materia seca por hectárea (entre 20 y 78 kg). El día de evaluación presentó una mayor influencia respecto a la variedad y la época de lluvias sobre las variables de establecimiento y producción evaluadas en raigrás y tréboles en trópico alto colombiano.

Alarcón et al. (2018), evaluaron el efecto de niveles crecientes de fertilización nitrogenada y fosfatada sobre la producción de forraje y la calidad composicional de raigrases (*Lolium perenne*) y tréboles rojos (*Trifolium pratense*). En septiembre de 2016 se establecieron, en dos departamentos colombianos (Bocayá y Cundinamarca), dos raigrases perennes y dos tréboles rojos en parcelas de 4 m², los primeros recibieron 0; 50; 100 o 150 kg N ha⁻¹ y 0; 25 o 50 kg P₂O₅ ha⁻¹, y los segundos 0, 12,5; 25 o 37,5 kg P₂O₅ ha⁻¹. Posterior al periodo de establecimiento (120 días) y de un corte de uniformización, los forrajes se cosecharon a los 21, 35 y 49 días de rebrote, durante dos periodos de evaluación (abril-mayo y junio-julio de 2017). Las variables se evaluaron a través de un modelo de parcelas divididas con medidas repetidas. La fertilización nitrogenada aumentó ($p<0,05$) la producción de materia seca, la clorofila y la concentración de proteína cruda, y disminuyó la fibra en detergente neutro. La fertilización fosfatada no modificó ($p>0,05$) la producción y la composición de los raigrases y tréboles. Además, con el incremento en la edad de rebrote aumentó ($p<0,05$) la concentración de los componentes menos solubles en tréboles y raigrases, que se relacionan con el menor valor

nutricional de estos forrajes. La aplicación de niveles crecientes de nitrógeno, pero no de fósforo, aumentó la producción y calidad de los raigrases. La aplicación de fósforo no modificó la producción y composición de los tréboles.

Portillo (2021) evaluó seis mezclas de forrajes perennes, anuales y leguminosas durante las épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia, bajo un sistema de fertilización química fraccionada. El experimento se realizó mediante un diseño de bloques completos al azar con parcelas sub-divididas. La fertilización se aplicó en dos momentos: al momento de la siembra con 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹ y cinco meses después con 150 kg N ha⁻¹, 50 kg P₂O₅ ha⁻¹, 40 kg K₂O ha⁻¹, 30 kg Mg ha⁻¹ y 30 kg S ha⁻¹. Se evaluaron variables como proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), digestibilidad (D), energía neta de lactancia (ENL), tasa de crecimiento (TC) y altura de planta. Los resultados indicaron que no hubo interacción significativa entre factores para el valor nutritivo a los 28 días; sin embargo, sí se observaron diferencias significativas entre mezclas. La mezcla azul orchoro + trébol blanco + trébol rojo (M4) presentó la mejor calidad nutricional, especialmente en época seca, alcanzando los mayores valores de PC (hasta 26,74 %), digestibilidad (73,87 %) y ENL (1,54 Mcal kg⁻¹ MS), además del mayor rendimiento de materia seca a los 60 días y mayor tasa de crecimiento (30,54 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ a los 42 días).

Lima et al. (2020), evaluaron el impacto de la fertilización fosforada y la introducción del trébol blanco (*Trifolium repens*) en praderas naturales dominadas por *Festuca dolichophylla* (*festuca*). El área de estudio estuvo ubicado a 4500 msnm, en el sector Ayaracra, región Pasco, la cual corresponde a la eco región Puna del Perú. El diseño experimental fue factorial 2x2x5 en bloques con dos niveles de fósforo (0 y 80 kg/ha), dos distanciamientos entre puntos de siembra (0.5 y 1.0 m) y cinco épocas climáticas de crecimiento. Se evaluó la altura de planta, expansión foliar, vigor (volumen, altura), peso de la planta (g/m²), número de cabezas florales

(inflorescencias), grado de nodulación, contenido de nitrógeno en la hojas y tallos de festuca y contenido de nitrógeno en el suelo con presencia de trébol. La fertilización con fósforo (80 kg/ha) y el distanciamiento de siembra (0.5 cm) mostraron un efecto significativo en la altura, expansión foliar y grado de nodulación del trébol. En la festuca, la fertilización fosforada mostró una mejora significativa en el volumen y altura de planta, el distanciamiento de siembra de 0.5 cm mejoró el número de inflorescencias, y el distanciamiento a 1 m mejoró la altura. La precipitación (durante el pico de lluvia) favoreció la respuesta de expansión foliar y altura de planta del trébol y festuca.

Terroba et al (2024) evaluaron la respuesta de la fertilización en la asociación de pastos cultivados en secano de dactylis (*Dactylis glomerata* var. Potomac) y trébol rojo (*Trifolium pratense* var. Quiñequeli). El lugar de estudio estuvo ubicado a 4350 msnm en la eco región puna, sector Ayaracra región Pasco en el Perú. El diseño experimental fue bloque completo al azar con arreglo factorial de 2x3x2 con 2 niveles de nitrógeno (0 y 50 kg/ha), 3 niveles de fósforo (0, 80 y 160 kg/ha) y 2 niveles de potasio (0 y 30 kg/ha), las variables: composición florística, tasa de crecimiento y producción de forraje. Los resultados indican que la fertilización con nitrógeno (50 kg/ha) y fósforo (80 kg/ha) mostraron efecto significativo en la tasa de crecimiento y producción de forraje, no hubo respuesta de la fertilización con potasio en las variables evaluadas; el análisis de las interacciones indica que la combinación de N50, P80 y K0 mostró mejores resultados en la producción de forraje con resultados superior a los otros tratamientos.

Escobar et al (2020) evaluaron en los potreros de diez productores con Sistemas Silvopastoriles (SSP) semejantes: dos con sistemas Silvopastoriles de *Alnus acuminata* (SSP1), dos con Sistema Silvopastoril de *Pinus patula* (SSP2), dos con sistema Silvopastoril de *Cupressus lusitanica* (SSP3), dos con Sistema Silvopastoril de *Ceroxylon quindiuense* (SSP4)

y dos bajo el Sistema a Campo Abierto (SCA), para evaluar la composición florística y calidad nutricional de las pasturas que se desarrollan en la cuenca ganadera de Molinopampa, Región Amazonas. En cada potrero se instalaron parcelas de 2 x 3 m; luego, la pastura se cortó a la edad de 60 días, se recolectaron 20 muestras de pastos, y se determinó la composición química. Los niveles de digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) fueron mejores resultados para el SCA (77,79 %), seguidos por SSP1 (69,19 %) y SSP3 (67,17 %), superando a SSP2 (58,13 %) y SSP4 (52,54 %) ($p < 0,05$); además, los mejores valores de valor relativo del forraje (VRF) presentaron el SCA, SSP1 y SSP3. Además, el SSP1 tiene menor presencia de especies no deseables o malezas. En conclusión, el SSP1 fue mejor debido que presentó los mejores indicadores de calidad nutricional de pastos.

Vallejos et al (2020) evaluaron el manejo tradicional de las pasturas con una propuesta que denominaron manejo mejorado. Esta comparación se realizó sobre la base de una hectárea de terreno utilizada para el pastoreo de ganado en producción. La escasa fertilización de los suelos, frecuencias de pastoreo de 70 días a más, y nula conservación de forrajes, reemplazados por fertilización de acuerdo a las necesidades identificadas por análisis químico del suelo, frecuencias de pastoreo de 40 días, renovación de pasturas a través de la resiembra y conservación del forraje excedente durante la época de lluvia para ser utilizado como heno en la época de estiaje. Las áreas de suelo resembradas y fertilizadas incrementan en 100 % la producción de pastos; por otro lado, utilizando frecuencias de pastoreo menores a 70 días se obtiene una mayor concentración de nutrientes y se reduce el porcentaje de malezas. Se concluye que la propuesta genera un resultado económico que permite tanto, financiar las inversiones necesarias, como aumenta los niveles de ingreso de los productores.

Huamán (2022) estudio el rendimiento productivo, altura de planta, composición florística y composición química de las pasturas rye grass y trébol rojo con el uso del fertilizante orgánico y químico en el valle de Cajamarca. Los tratamientos fueron T0: sin fertilización (testigo) T1: con fertilizante orgánico (48,36 kg estiércol de ganado vacuno) T2: con fertilizante químico (9,27 kg de urea, SpT y KCl) T3: con 50 % fertilizante orgánico y 50 % fertilizante químico (24,18 y 4,66 kg), se condujo en un diseño de bloques completos al azar, cada tratamiento se dividió en 4 repeticiones los resultados para las variables fueron los siguientes: Para el rendimiento de MV kg/ha se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$), donde el mejor tratamiento fue el T3 con 25 700 MV kg/ha, en cambio para MS kg/ha no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). Para altura de planta de la asociación rye grass y trébol no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). Para la composición florística, los porcentajes de rye grass, trébol y malezas no mostraron diferencias significativas en todos los tratamientos ($P > 0.05$).

Orellana et al. (2023) evaluaron la influencia de la fertilización fosfatada y la densidad de siembra de leguminosas sobre la proporción gramínea-leguminosa en un pajonal dominado por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum*, durante dos años, en un área experimental ubicada en la región Huancavelica, Perú (4 500 msnm). El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×2 , que incluyó tres dosis de fósforo (0, 15 y 30 g de roca fosfatada por hoyo) y dos densidades de siembra (20 y 40 semillas por hoyo). Los resultados mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la sobrevivencia del trébol blanco, con valores superiores en los tratamientos con 30 g (91.54 %) y 15 g (91.44 %) de roca fosfatada. Asimismo, el establecimiento del trébol fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$) con la aplicación de fósforo, superando el 85 %, frente al 77.5 % en ausencia del mismo. En cuanto a la cobertura relativa del trébol blanco, también se

observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), registrándose los mayores valores con 15 g (23.82 %) y 30 g (14.18 %) de fósforo, en comparación con el 4.22 % del testigo. Finalmente, la incorporación de fósforo no ocasionó un perjuicio significativo en la vegetación nativa, que mantuvo coberturas de 76.18 % y 85.82 %, respectivamente.

Florián (2019) estudió el efecto de la fertilización más resiembra y la frecuencia de pastoreo sobre el rendimiento, composición florística y química de la asociación rye grass – trébol blanco en dos pisos altitudinales de Cajamarca. Se realizó dos experimentos, uno en Polloc, La Encañada y el otro en Cochán, San Miguel, trabajando en parcelas de una hectárea para el testigo y experimento, realizando la resiembra con 10 kg de semilla de rye grass y 1 kg de semilla de trébol blanco há-1 y fertilizando con 10 bolsas de fertiabono (22-10-02 de NPK). La parcela experimental se dividió en 3 sub parcelas de 50 x 66 m siendo pastoreada con períodos de descanso de 35, 50 y 65 días, y la parcela testigo de 70 a 80 días. La tasa de rendimiento promedio de las parcelas experimentales (63,44 kg de MS há-1 día-1 en Polloc y 67,55 en Cochán) son estadísticamente superiores a las parcelas testigo (9,1 kg de MS há-1 día-1 en Polloc y 11,1 en Cochán), así como la producción de forraje (11 421 kg de MS há-1 en Polloc y 12 152 en Cochán) frente a 1 638 y 1 998 kg de MS há-1. El porcentaje de rye grass del experimento fue superior (60,89 y 66,4 %) al testigo (30 y 58,11 %), así como el de trébol: 6,42 y 9,32 % frente a 0,55 y 5,91 %. El porcentaje en promedio de kikuyo del experimento fue inferior (22,89 y 15,7 %) al testigo (45,63 y 25,5%), así como el de malezas: 9,79 y 8,53 % frente a 23,8 y 10,5 %. Los contenidos de MS testigo (25 y 24,3 %) son superiores al experimental (20,79 y 21,19 %), así como los de FDN: 51,46 y 54,82 % frente a 49,61 y 50,56 %. Los contenidos de PT experimental (11,13 y 12,35 %) son superiores al testigo (9,11 y 10,12 %). Se concluye que la fertilización incrementó significativamente el rendimiento y mejoró la composición florística de la pastura.

Llanos (2024) evaluó el efecto de tres fuentes nitrogenadas en el rendimiento del raigrás ecotipo cajamarquino–trébol blanco, en el caserío Alto Palmito, provincia de San Miguel, Cajamarca. El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos: urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio (todos aplicados a una dosis de 180 kg N ha⁻¹), y un testigo, en un área de 280 m². Se evaluaron las variables: rendimiento de forraje verde, rendimiento de materia seca y altura de planta, encontrándose diferencias significativas en todas ellas ($p < 0.05$). Los resultados mostraron que el nitrato de amonio generó el mayor rendimiento de forraje verde (23,146.67 kg ha⁻¹), seguido por el sulfato de amonio (14,133.33 kg ha⁻¹) y la urea (13,146.67 kg ha⁻¹), mientras que el testigo obtuvo el menor valor (7,493.33 kg ha⁻¹). En cuanto al rendimiento de materia seca, también destacó el nitrato de amonio (5,394.4 kg ha⁻¹), seguido por el sulfato de amonio (3,392 kg ha⁻¹) y la urea (3,108.27 kg ha⁻¹), con el testigo alcanzando el menor rendimiento (1,748 kg ha⁻¹). Respecto a la altura de planta, el nitrato de amonio promovió el mayor crecimiento (56 cm), superando a la urea (33 cm) y al sulfato de amonio (30.67 cm), mientras que el testigo registró la menor altura (23 cm).

Ocas (2024) evaluó el efecto del abonamiento fosforado en el rendimiento de la asociación *rye grass* ecotipo cajamarquino – trébol blanco Huia, en el caserío Alto Palmito, San Miguel – Cajamarca, entre diciembre de 2023 y mayo de 2024. El estudio se realizó a una altitud de 2,537 m s.n.m., en un clima semiseco templado, con una temperatura media anual de 15.40 °C, humedad relativa de 82 % y precipitación media de 816 mm. El experimento se diseñó bajo un esquema de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos: superfosfato triple de calcio, fosfato diamónico, roca fosfórica (todos a una dosis de 80 kg P ha⁻¹), y un testigo, con tres repeticiones. Se evaluaron las variables altura de planta (AP), rendimiento de materia verde (RMV) y rendimiento de materia seca (RMS) a los 30, 45, 60 y

75 días después del primer corte. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos fosforados respecto al testigo, especialmente a los 60 días del primer corte. El fosfato diamónico obtuvo la mayor altura de planta con 46.22 cm, mientras que la roca fosfórica destacó en rendimiento de materia verde y seca, con 23,057.78 kg ha⁻¹ y 5,459.64 kg ha⁻¹, respectivamente. En general, el abonamiento fosforado fue efectivo en todas las variables evaluadas, sobresaliendo el fosfato diamónico en altura y la roca fosfórica en producción de biomasa.

Bazán (2013) llevó a cabo una investigación en el Centro Experimental Tar Tar del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Cajamarca, con el objetivo de evaluar el rendimiento de materia seca en una asociación forrajera bajo un sistema de pastoreo intensivo y su vinculación con la producción de leche en vacas de raza Holstein. El estudio se desarrolló utilizando un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos incluyeron: fertilización química (T1), fertilización orgánica combinada con química (T2) y un testigo sin fertilización (T0). La fertilización se aplicó una única vez al inicio de la temporada de lluvias. Para el tratamiento T1 se utilizó 146.5 kg ha⁻¹ de urea, 217 kg ha⁻¹ de superfosfato triple de calcio y 82 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio; en tanto que el T2 recibió 755 kg ha⁻¹ de guano de isla, 80.5 kg ha⁻¹ de superfosfato triple y 50.5 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio. El análisis estadístico arrojó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos. En cuanto al rendimiento de materia seca, se reportaron 5360 kg MS ha⁻¹ para el T1, 4140 kg MS ha⁻¹ en el T2 y 3960 kg MS ha⁻¹ en el tratamiento sin fertilización. Estos hallazgos evidencian que la aplicación de fertilizantes químicos incrementa notablemente la producción de biomasa forrajera, superando tanto a la fertilización orgánica como al testigo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Acidez del suelo

La presencia de suelos ácidos, indicador de baja calidad edáfica, impacta negativamente en la productividad de los cultivos, con una intensidad variable según el grado de acidez. Este efecto se agrava cuando está asociado a la toxicidad por aluminio, como lo señalan Wen-rui Zhao et al. (2020), una condición común en los suelos de los Andes del norte del Perú, según Vallejos et al. (2020).

2.2.2. Suelo, enmiendas y fertilización

A nivel mundial, se estima que aproximadamente el 50 % de los suelos con potencial agrícola presentan condiciones de acidez. Este tipo de suelos es común en diversas zonas, particularmente en regiones tropicales y subtropicales caracterizadas por altas precipitaciones y temperaturas elevadas. Aunque en estas áreas el agua no representa una limitación significativa para la agricultura, la acidez del suelo constituye un factor restrictivo importante para la productividad agrícola (Kochian, 2004).

En la sierra norte del Perú, se ha observado que la acidez del suelo tiende a incrementarse con la altitud (Vallejos, 2021), lo cual repercute negativamente en el crecimiento vegetal. En condiciones de acidez extrema (pH 4.5), elementos como el aluminio y el magnesio pueden alcanzar concentraciones tóxicas para las plantas, producto de una acidificación excesiva del suelo asociada a prácticas agrícolas intensivas —como la labranza continua— y a cambios en las condiciones ambientales relacionados con el cambio climático. Esta situación ocasiona una reducción en la elongación radical, un menor crecimiento de rebrotos, disminución en la producción de biomasa, desequilibrio nutricional y alteraciones en la fisiología y metabolismo de las plantas. En conjunto, estos efectos derivan en una caída del rendimiento y calidad de los cultivos, así como en la disminución de la fertilidad y productividad del suelo (Shetty et al., 2020).

La acidez del suelo puede ser controlada mediante la aplicación de materiales alcalinizantes a través de la práctica agrícola conocida como encalado. No obstante, es fundamental determinar los cambios que esta práctica induce sobre los parámetros químicos del suelo, así como establecer la dosis adecuada para suelos con predominancia de coloides de carga variable. En este sentido, Alvarado et al. (2024) evidenciaron, a partir de ensayos en diversos tipos de suelo, que existe una relación directa entre el incremento de las dosis de cal y el aumento progresivo del pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la saturación de bases (SB) y el contenido de calcio (Ca^{2+}), acompañado de una reducción en las concentraciones de $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$, Al^{3+} , Mg^{2+} y K^+ . Los autores concluyen que la magnitud del efecto del encalado sobre la fertilidad y las propiedades químicas del suelo depende del tipo de suelo, observándose un mayor incremento en la densidad de carga negativa y, por ende, una mayor capacidad de retención catiónica en suelos con predominancia de coloides de carga variable. En este contexto, la CIC y el contenido de arcilla son factores determinantes en la capacidad buffer del pH en suelos ácidos de regiones tropicales y subtropicales (Xu et al., 2012).

En la región Cajamarca, aproximadamente el 99 % de las 345,351 unidades productivas agropecuarias realizan la fertilización de sus suelos únicamente con macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Sin embargo, las plantas requieren también de micronutrientes esenciales para su adecuado desarrollo, tales como calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y zinc (Zn). Si bien muchos de estos elementos provienen de la descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, en diversos casos su disponibilidad no es suficiente, lo que genera deficiencias que deben corregirse mediante fertilización complementaria. En suelos jóvenes, ricos en materia orgánica, elementos como el hierro y el manganeso suelen estar presentes en niveles adecuados. No obstante, en pasturas envejecidas,

como las de Cajamarca, la continua lixiviación puede arrastrar estos micronutrientes liberados por la descomposición orgánica, reduciendo su disponibilidad. Por ello, es recomendable incluir estos elementos, junto con otros microelementos, dentro del plan de fertilización para mantener la productividad y calidad del sistema forrajero (Silveira y Kohmann, 2020).

La mayoría de fertilizantes inorgánicos comerciales deben aplicarse durante las fases de crecimiento activo del forraje, preferentemente al inicio de la temporada productiva, como en los primeros días de primavera, una vez superadas condiciones climáticas adversas. La aplicación de fertilizantes en etapas medias o finales del periodo lluvioso suele estar orientada a la producción de forraje destinado a conservación. En el caso del establecimiento de nuevas pasturas, no se recomienda la fertilización hasta que las plántulas hayan emergido completamente. En sistemas de forrajes bajo cosecha continua, los nutrientes como nitrógeno (N) y potasio (K) se aplican usualmente después de cada corte, siguiendo las recomendaciones derivadas del tipo de suelo y de los análisis de fertilidad. La urea se ha convertido en una de las fuentes nitrogenadas más utilizadas, debido a su alta concentración de nitrógeno (46 %), y puede ser aplicada tanto en forma granulada al suelo como en soluciones foliares. Una vez aplicada, la urea reacciona con la humedad del suelo, transformándose en bicarbonato de amonio (NH_4HCO_3), forma en la cual el nitrógeno se vuelve disponible para la planta.

En suelos con pH elevado ($\geq 6,5$), el bicarbonato de amonio formado tras la aplicación de urea puede transformarse en gas amoníaco (NH_3), lo que conlleva a pérdidas significativas de nitrógeno por volatilización. Este proceso representa una limitación importante en la eficiencia del fertilizante, especialmente en condiciones de alta temperatura o baja humedad del suelo. En comparación con otras fuentes nitrogenadas como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, la urea genera una menor acidificación del suelo y, en general, no produce cambios significativos en el pH del mismo.

El nitrógeno puede ser aportado a las pasturas mediante fertilizantes comerciales, estiércol animal o enmiendas orgánicas. Asimismo, la fijación biológica del nitrógeno atmosférico por leguminosas forrajeras constituye una fuente significativa para mantener la productividad de los sistemas pastoriles y ganaderos. El fósforo y el potasio suelen aplicarse junto con el nitrógeno a través de mezclas fertilizantes formuladas, mientras que el azufre frecuentemente se encuentra asociado a fertilizantes nitrogenados y fosfatados, como el sulfato de amonio y el superfosfato triple. Por su parte, el calcio y el magnesio se incorporan comúnmente al suelo mediante prácticas de encalado. Aunque los micronutrientes suelen estar presentes en concentraciones adecuadas, su aplicación puede ser necesaria en cultivos forrajeros establecidos en suelos con deficiencias específicas o sometidos a procesos de lixiviación intensiva (Silveira y Kohmann, 2020).

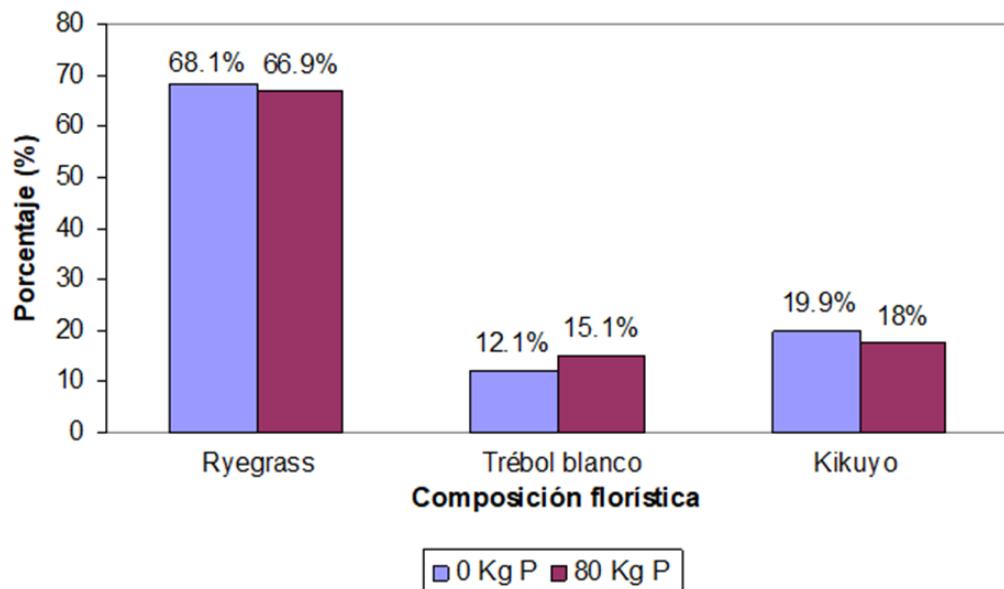
2.2.3. Pasturas y fertilización

La asociación raigrás trébol blanco incrementa su rendimiento entre 5 a 122 % cuando se hace uso de la fertilización fosforada (Hillard et al., 1992 en Snyder y Leep, 2007). En tanto en Cajamarca, se ha observado un incremento en la producción de raigrás - trébol blanco de 16,0 % en respuesta a la fertilización fosforada evaluada en un periodo de seis meses (13 309 kg MS ha⁻¹), versus pasturas no fertilizadas (Vallejos 2009).

La tasa de crecimiento también se ve estimulada por efecto del fósforo, es así que Rivera (2004), fertilizando praderas ryegras-trébol en Pasco (4338 msnm), con 80 kg P ha⁻¹ hallaron una tasa de crecimiento de 26,2 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ (13 % de incremento); Moreno (2001) en Junín, con 80 kg P ha⁻¹ obtuvo 28,1 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ equivalente a 16 % de incremento en comparación con el tratamiento sin fósforo y Pahuara (2004) en Junín, observó incrementos en la tasa de crecimiento de 38,4 % y 22,5 % para el trébol y ryegrass, respectivamente.

La proporción de especies que conforman una asociación raigrás - trébol blanco se pueden mantener o incrementar cuando se fertiliza con fósforo (García, 2006; Quintero y Boschetti, 2005); es así que Rivera (2004) al usar 80 kg P ha⁻¹ obtuvo un incremento de 4,1 % a favor del trébol y de 12 % para ryegrass; Vallejos (2009) alcanzó un aumento a favor de las leguminosas de 3 % (Figura 1).

Figura 1. *Efecto de la fertilización fosfatada sobre la composición florística*



Fuente. Rivera (2004)

2.2.4. Pasturas asociadas

El uso de trébol blanco es reconocido en todo el mundo como componente de una asociación gramínea-leguminosa. Ambas especies se complementan muy bien; a pesar de ello, también se reconoce algunas limitaciones en el campo, como el hecho de que el trébol a menudo constituye menos del 20 %. Esta escasa presencia puede afectar la respuesta productiva del animal, ya que condiciona la ingesta total diaria de nutrientes.

Por otro lado, los aportes de nitrógeno y las ventajas de rendimiento también están restringidas por el bajo contenido de trébol en una asociación o mezcla. Esta situación se corroboró utilizando un modelo de simulación para analizar la coexistencia de la gramínea y

trébol según la influencia de la dinámica del N. Este modelo explicó la base de la autorregulación por parte de las mezclas de gramínea/trébol de la cantidad de N mineral en el suelo. La autorregulación minimiza las pérdidas de N de las mezclas, pero la respuesta dinámica de la gramínea y el trébol a la disponibilidad de N también significa que puede haber solo un margen limitado para aumentar el contenido general de trébol, o disminuir la heterogeneidad espacial en la distribución del trébol, de una mezcla.

En consecuencia, el manejo eficiente de asociaciones gramínea-leguminosa orientado a maximizar los beneficios del trébol blanco implica la manipulación de un sistema biológicamente complejo, en el cual los resultados dependen tanto de la respuesta fisiológica y competitiva de la gramínea acompañante como del propio comportamiento del trébol. Entre las estrategias potenciales para incrementar la proporción de trébol en los pastizales, se incluyen: modificar las preferencias de pastoreo animal a favor del trébol respecto a la gramínea; establecer una distribución espacial diferenciada entre ambas especies dentro del campo; mejorar la eficiencia metabólica de la fijación biológica de nitrógeno en el trébol; romper la aparente dependencia entre la simbiosis con rizobios y el contenido de nitrógeno en las hojas; así como modificar la morfología de los estolones del trébol para favorecer su establecimiento en micrositios más adecuados dentro del pastizal (Chapman et al., 1995).

El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) representa una fuente forrajera de alto valor nutritivo, superior en algunos aspectos al raigrás perenne (*Lolium perenne* L.), además de constituir una fuente adicional o alternativa de nitrógeno para la producción de pasturas. Su incorporación en sistemas de pastoreo intensivo puede desempeñar un papel fundamental tanto en la mejora del rendimiento animal como en el incremento de la productividad del pasto (Egan et al., 2018).

2.2.5. Comportamiento de las pasturas según la época del año

Debido al cambio climático, se espera que la mayor frecuencia y severidad de los eventos de estiaje perjudiquen la productividad de las pasturas, en particular de las pasturas templadas manejadas de forma intensiva. Para evaluar los impactos del estiaje, se estableció un experimento de campo común para manipular la precipitación en tres sitios (dos en Suiza y uno en Irlanda) utilizando monocultivos y mezclas con dos y cuatro especies forrajeras clave. Las especies diferían en sus rasgos funcionales: una no leguminosa de raíz poco profunda (*Lolium perenne* L.), una no leguminosa de raíz profunda (*Cichorium intybus* L.), una leguminosa de raíz poco profunda (*Trifolium repens* L.) y una leguminosa de raíz profunda (*Trifolium pratense* L.). Se simuló una sequía de verano de nueve semanas y se comparó el estado del agua del suelo, el rendimiento de biomasa aérea y la limitación de nitrógeno (N) de la planta con un control de secano. Con base en las mediciones del agua del suelo, la sequía indujo estrés severo en ambos sitios suizos y estrés extremo en el sitio irlandés. Bajo estrés severo, las leguminosas fueron más resistentes a la sequía y mostraron un cambio promedio en la biomasa aérea (La agricultura que depende exclusivamente de las lluvias para riego de los cultivos (CAB) en comparación con el control de secano) de solo 8 % y 24 % (para los dos sitios suizos), mientras que las no leguminosas tuvieron un CAB promedio de 51 % y 68 %. La menor resistencia de las no leguminosas coincidió con una aparente limitación del N de la planta, que aumentó aún más bajo la sequía. En la sequía extrema (sitio irlandés), el crecimiento casi cesó con un CAB promedio de 85 %. Durante un período de 6 semanas posterior a la sequía con un suministro de agua adecuado (sitios suizos), las especies anteriormente estresadas por la sequía fueron altamente resilientes y alcanzaron (leguminosas) o claramente superan (no leguminosas) el nivel de rendimiento de los controles de secano. Este desempeño superior coincidió con reducciones posteriores a la sequía en la limitación de N en especies anteriormente estresadas por la sequía. Como resultado, agregados durante los períodos de

sequía y post-sequía, se encontró un impacto negativo de la sequía solo para *L. perenne* de raíces poco profundas en uno de los sitios severamente estresados. Se evidenció un sobre rendimiento significativo de las mezclas multiespecies en condiciones de control de secano (+38 % en los tres sitios, $P < 0,05$) y fue igualmente evidente en condiciones de sequía severa (+50 %, $P < 0,05$). Este sobre rendimiento fue mayor en mezclas con proporciones de especies aproximadamente iguales y fue lo suficientemente grande como para que las mezclas estresadas por la sequía al menos alcanzaran el mismo rendimiento que el promedio de los monocultivos de secano. En condiciones de sequía extrema, el crecimiento casi cesó en los monocultivos y mezclas. Los rendimientos de especies seleccionadas de pastizales templados manejados intensivamente son resistentes a una única sequía severa o son altamente resilientes tan pronto como los niveles de humedad del suelo se recuperan después del evento de sequía. Sin embargo, estas especies forrajeras parecen incapaces de hacer frente a un episodio de sequía extrema. La combinación de especies en mezclas puede compensar las reducciones de rendimiento causadas por sequías severas y ofrece una herramienta de manejo práctica para adaptar la producción de forrajes al cambio climático (Hofer et al. 2016).

Se ha observado que la época del año en la sierra central y sierra norte del Perú influye en el rendimiento y tasa de crecimiento de las pasturas; es así que Ávalos (2006) obtuvo un incremento de 36,3 % en la tasa de crecimiento durante la época de lluvia, comparado con la época seca; por su parte, Vallejos, R. et al. (2024), encontraron en Cajamarca 18,74 % ($P < 0,05$) a favor de la época de lluvia frente a la época de estiaje.

En el valle de Cajamarca, durante la época de lluvia y estiaje, Vallejos, R. et al (2024) obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento productivo de la asociación raigrás-trébol blanco, según tratamientos y época del año

Factores	Biomasa ($\text{Kg} \times \text{ha}^{-1}$)			Altura de la planta (cm)	
	Día	Cortar	Año	raigrás	Trébol
Frecuencia de pastoreo (días)					
30	84.37	2531.20c	30.796,7	20,35 c	10,23 c
45	88,69	3991,00 b	32.371,7	32,54b	14,54b
60	91,85	5511.26 a	33.527	47,12 a	18,25 a
ES	3.83	138,91	1398,76	3.13	0,91
valor p	0,4562	0,0003	0,4565	0,0002	0,0001
Época del año					
Lluvioso	96,11 a	4360.33	35.140,27 a	32,49	14,96
Seco	79,89 b	3648.22	29.592,55 b	34,18	13,7
ES	3.71	496,77	1036.54	4.8	1.41
valor p	0,008	0,328	0,0002	0,8071	0,542

SE: error estándar. Letras diferentes en la columna de cada factor significan diferencias significativas (HSD Tukey, $p < 0,05$).

Fuente: Vallejos, R. et al (2024)

2.2.6. Crecimiento y variación de nutrientes en la planta

El incremento de la altura y del material foliar de la pastura trae consigo un aumento deseable en las concentraciones de proteína cruda, azúcares, digestibilidad de la materia orgánica (DOMD) y energía metabolizable (EM). Los cambios en la biomasa, altura y época del año afectan la concentración de nutrientes de la pastura y reflejan cambios en la composición botánica, producción y madurez de las plantas. Las diferencias estacionales en las concentraciones de nutrientes entre las praderas se pueden minimizar mediante las especies de pasto presentes y/o mezcladas con plantas de hoja ancha, y el manejo de la madurez del pasto.

Durante el crecimiento de la planta, el contenido de azúcar aumenta a medida que aumenta la relación tallo-hoja, y los azúcares se almacenan principalmente en el tallo. Cuando es corto y frondoso y se encuentra en una etapa de crecimiento vegetativo, las gramíneas tienden a ser ricas en proteínas y altamente digeribles. Sin embargo, durante su crecimiento hasta la

madurez, la proporción de material de pared celular aumenta y la proporción de contenido celular disminuye (Bell et al. 2020), generando un aumento de la concentración de fibra (FDN), reducción en la concentración de proteína cruda y menor digestibilidad y densidad energética (EM) (Finch et al., 2002). Es importante resaltar lo que indica Hopkins (2000) que la digestibilidad es un factor determinante para el consumo de pasturas. En este sentido, los campos mantenidos en una etapa vegetativa mantienen DOMD y EM más altas en comparación con pasturas maduras (Bell et al. 2020).

Vallejos et al. (2021), evaluaron cuatro genotipos de trébol blanco en la provincia de Santa Cruz-Cajamarca, encontrando los siguientes valores:

Tabla 2. Valor nutritivo de cuatro genotipos de trébol blanco (*Trifolium repens*).

Variedad	Proteína (%)	Grasa (%)	FC (%)	ELN (%)	Cenizas (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	MO (%)
<i>Trifolium repens</i>								
Huia	23.77 ^a	7.55 ^a	12.90 ^a	44.60 ^a	11.17 ^a	24.47 ^{ab}	76.25 ^a	91.03 ^a
Weka	23.56 ^a	6.05 ^a	12.84 ^a	46.32 ^a	11.23 ^a	23.40 ^b	75.67 ^a	90.66 ^a
Legacy	23.33 ^a	7.89 ^a	12.59 ^a	43.92 ^a	12.28 ^a	23.87 ^{ab}	76.59 ^a	90.45 ^a
Ladino	23.06 ^a	6.15 ^a	13.21 ^a	45.97 ^a	11.61 ^a	25.80 ^{ab}	75.04 ^a	90.44 ^a

¹ FC: fibra cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; FDN: fibra detergente neutro; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; MO: materia orgánica

Fuente. Vallejos et al. (2021)

En el valle de Cajamarca, durante un año de evaluación, se obtuvieron los siguientes valores nutricionales de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco (Vallejos, R. et al. 2024). Mostrándose en la tabla 3.

Tabla 3. Valor nutritivo de la asociación raigrás - trébol blanco, según el momento o frecuencia de corte (días).

Especies/Frecuencia de pastoreo (días)	PC (%)	Ceniza (%)	FDN (%)	IVDDM (%)	ME (Mcal/kg MS)	Kg CP × ha × Año
Asociación						
30	17,24 ^a	11,89 un	34,13 ^a	72,86 ^a	2,77 un	5309,29 ^a
45	16,12 ^a	11,04 ^a	38,44b	70,08 ^a	2,63 ^a	5219,19 ^a
60	13,18b	9,47b	44,93 ^c	63,52b	2,34b	4419,87b
ES	0,45	0,31	0,8	0,77	0,04	145,18
valor p	0,0017	0,0044	0,0002	0,0004	0,0004	0,0091

PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutra; DIVMS: digestibilidad in vitro de la materia seca; EM: energía metabolizable; EE: error estándar. Letras diferentes en la columna de cada factor significan diferencias significativas (HSD Tukey, $p < 0,05$).

(Vallejos, R. et al. 2024).

2.2.7. Periodo de corte

Es el tiempo establecido por el ganadero para cortar la pastura y puede ser cuando alcance los 25 a 40 centímetros de altura (35 a 60 días después de la nacencia) se pueden iniciar los cortes o el pastoreo directo en un sistema de rotación en potreros, con periodos de siete días de pastoreo y 28 a 35 días de recuperación por potrero (Castillo, 2015).

2.2.8. Rendimiento Productivo

El rendimiento productivo de una pastura se refiere a la cantidad de forraje que se produce por unidad de área, generalmente expresada en toneladas de materia seca por hectárea al año. Este rendimiento varía significativamente según diversos factores como el tipo de pastura, las condiciones climáticas, el manejo agronómico y la fertilidad del suelo. Por ello, la fertilización juega un rol importante en la planta. Esto permite que las especies tengan diferentes resultados productivos en función a una fertilización que reciban (Terrones, 2022)

2.2.9. Valor Nutritivo

El valor nutricional de las pasturas radica en conocer sus propiedades cualitativas y cuantitativas, que son resultado de factores intrínsecos de la planta como la composición química, digestibilidad, factores propios de animal, la interacción entre pasturas y el animal; se

considera que las pasturas son de buena calidad cuando estas tienen una alta concentración de nutrientes y permiten un elevado consumo por consideraciones de alta palatabilidad (Terrones, 2022)

2.2.10. Altura de Planta

Es el crecimiento erecto con gran producción de macollos, desarrollo rápido y fácil establecimiento de la pastura, en rye grass la planta mide de 25 a 40 centímetros de altura, los tallos son cilíndricos con abundantes hojas de color verde oscuro (Castillo, 2015). Mientras tanto en trébol blanco la planta mide 10-50 cm. Tallos rastreros y enraizantes. Hojas trifoliadas, foliolos obovados, denticulados, a menudo con una mancha blanca en el haz. Estípulas brúscamente estrechadas en el ápice. Flores con corola blanca o rosada, membranosa en la fructificación; presentan una pequeña bráctea en su base. Cáliz con 10 nervios. Flores agrupadas en cabezuelas globosas, pedunculadas (Aizpuru, 1999).

2.2.11. Composición Florística

La composición florística de una pastura se refiere a la descripción de las especies vegetales presentes, incluyendo sus abundancias relativas y distribución en el área. Esta composición es importante para evaluar la calidad del forraje, la capacidad de carga de la pastura y la salud del ecosistema.

Proporción relativa de componentes vegetales (especies y unidades morfológicas) en un mapeo sobre una altura de muestreo definida, con preferencia, a nivel de suelo (Carrasco, 2019).

2.3. Definición de términos básicos

Alimento: Sustancia nutritiva que es consumida por el animal puede ser digerida, absorbida y asimilada (Carrasco, 2019).

Fertilización: Es el proceso fundamental en el cual se aplican nutrientes al suelo como el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg) para mejorar la capacidad de las plantas de crecer y desarrollarse eficazmente (Herrera, 2009).

Fertilizante: Sustancia orgánica o inorgánica que contiene nutrientes en formas asimilables por las plantas (Moscoso, 2016).

Forraje: Es toda especie vegetal, principalmente gramíneas o leguminosas, que sirve de alimento para los animales. El forraje puede ser cosechado y suministrado en forma verde, seco o procesado (heno, ensilaje) (Huamán, 2022).

Pastura: Se refiere a la biomasa forrajera disponible en un lugar donde pastorean los animales, que puede ser natural o implantada, es decir, el conjunto de plantas para alimentación de ganado en un terreno (Carrasco, 2019).

Pradera: Es una zona o lugar cubierto completamente por plantas herbáceas, que pueden ser de una sola especie o varias especies, constituyendo el suelo con vegetación herbácea (Carrasco, 2019).

Pastizal: Se define como una superficie cubierta por pasto, un área natural o cultivada con hierba que sirve para alimentar animales, similar a la pastura, pero la definición enfatiza más la cobertura vegetal que el uso estrictamente ganadero (Carrasco, 2019).

Rye Grass: pertenece a la familia de las gramíneas; subfamilia de las poaceae, tribu de las ordeas y el género Lolium. Las especies Lolium perenne, Lolium multiflorum y Lolium hibridum. Se encuentran más difundidas en el mercado local (Carrasco, 2019)

Trébol blanco: El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) Es una leguminosa perenne, herbácea. Posee tallos de crecimiento y habitó rastrero que enraízan en los nudos y forman estolones, lo que hace que se propague fácilmente y se le considere una especie persistente (Florián, 2019).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

La aplicación de diferentes niveles de fertilización y la edad de corte mejoran la respuesta agronómica y el valor nutricional de la asociación raigrás-trébol blanco en el distrito de Calquis, provincia de San Miguel.

3.2. Variables

3.2.1. *Variables Independientes*

Fertilización

-Baja

-Media

-Alta

Edad de corte

-30 días

-45 días

-60 días

-75 días

3.2.2. *Variables Dependientes*

Características agronómicas

-Rendimiento (kg MS ha⁻¹)

-Altura de Planta (cm)

-Composición florística (%)

Valor nutricional

-PC

-FDN

-FDA

-Cenizas

-DIVMS

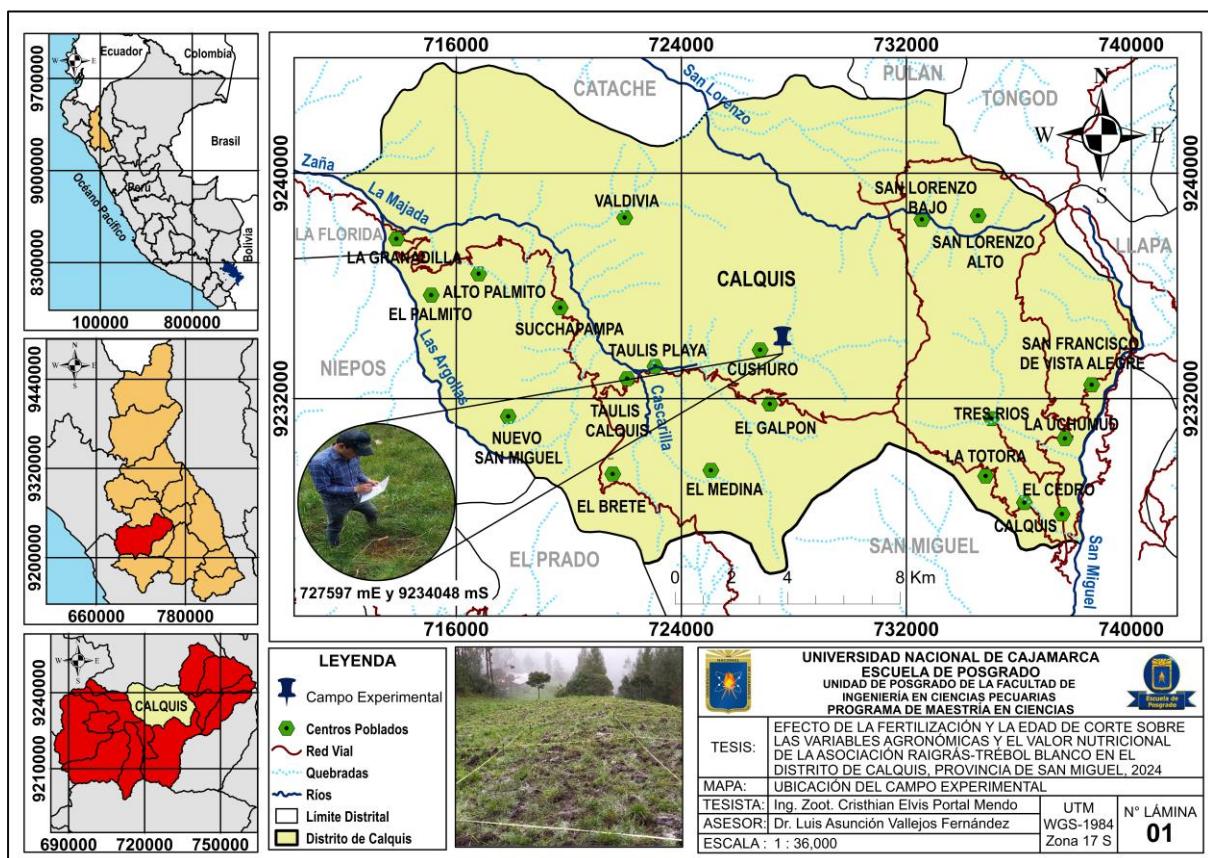
CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica y política

El presente estudio se desarrolló en el caserío Cushuro, perteneciente al distrito de Calquis, en la provincia de San Miguel, región Cajamarca. La zona de intervención se encuentra ubicada a una altitud de 3101 m s.n.m., con una temperatura promedio de 15 °C y una humedad relativa del 77 %. Según datos obtenidos mediante GPS, las coordenadas UTM del lugar corresponden a 727597.836 m E y 9234048.676 m S, en la zona 17 S.

Figura 2. Ubicación del experimento.



Fuente. Elaboración Propia

4.2. Equipos, materiales e insumos

Equipos: Balanza, Estufa, Computadora.

Materiales de escritorio: Lapiceros, libreta de Notas.

Materiales de campo: Wincha, cuadrante, Hoz, Rafia, Bolsas, Etiquetas.

Insumos: Abonos químicos (urea, superfosfato triple, sulfato de potasio, sulfato de cobre, sulfato de zinc, sulfato de manganeso, ulexita, sulpomag), Abonos orgánicos (gallinaza y guano de isla) y Enmiendas (dolomita (hidróxido de calcio), yeso agrícola (sulfato de calcio)).

4.3. Tipo de investigación

La investigación desarrollada corresponde al tipo experimental con enfoque cuantitativo, en tanto se aplicó la manipulación deliberada de variables independientes, en este caso, los niveles de fertilización, con el propósito de evaluar sus efectos sobre variables dependientes como el rendimiento, la tasa de crecimiento y la composición florística de las pasturas. Además, los datos obtenidos fueron analizados mediante procedimientos estadísticos, lo que caracteriza su enfoque cuantitativo.

Tabla 4. Tratamientos Instalados de la asociación raigrás - trébol blanco

TRATAMIENTOS	NIVELES DE FERTILIZACIÓN	EDAD DE CORTE
FO	Sin Fertilización	30, 45, 60 y 75 Días
F1	Fertilización Baja	30, 45, 60 y 75 Días
F2	Fertilización Media	30, 45, 60 y 75 Días
F3	Fertilización Alta	30, 45, 60 y 75 Días

Figura 3. Distribución de los Tratamientos

NIVELES DE FERTILIZACION													
PERIODO DE CORTE	BI				BII				BIII				
	F1	F2	F3	F0	F1	F2	F3	F0	F1	F2	F3	F0	
	45d	30 d	60d	75d	30 d	60d	75d	45d	60d	75d	45d	30 d	
	30 d	45 d	75 d	60 d	45 d	75 d	60 d	30 d	75 d	60 d	30 d	45 d	
	75 d	60 d	45 d	30 d	60 d	45 d	30 d	75 d	45 d	30 d	75 d	60 d	
	60 d	75 d	30 d	45 d	75 d	30 d	45 d	60 d	30 d	45 d	60 d	75 d	

Área Total de 240 m²

4.4. Método de la investigación

Se empleó el método experimental con enfoque cuantitativo, el cual permitió manipular intencionalmente las variables independientes para observar y medir sus efectos sobre las variables dependientes en condiciones controladas. Este enfoque facilitó la recolección de datos objetivos y su análisis estadístico, contribuyendo a la validación de hipótesis y a la obtención de resultados con rigor científico.

4.5. Población, Muestra y Unidad de análisis

Población.

El experimento estuvo conformado por 12 unidades experimentales, distribuidas en cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, cubriendo un área total de 240 m² con la asociación raigrás-trébol blanco, ubicadas en el caserío Cushuro, distrito de Calquis, provincia de San Miguel, región Cajamarca.

Muestra.

Un corte de 0.25 m² por unidad experimental para obtener los indicadores productivos de las diferentes asociaciones forrajeras. 1kg de muestra de suelo por tratamiento.

Unidad de análisis.

Una parcela de 20 m², dividida en cuatro períodos de corte (30, 45, 60 y 75 días), ubicada en el caserío el Cushuro, Distrito de Calquis, Provincia de San Miguel-Región Cajamarca.

4.6. Metodología

4.6.1. Instalación del Experimento

a. Análisis de suelo

Previo a la instalación del experimento, se recolectaron seis submuestras de suelo al azar en diferentes puntos del área experimental, a una profundidad de 20 cm. Tras la homogenización de las muestras, se extrajo una muestra de 1 kg, la cual fue enviada al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su análisis químico. Los resultados obtenidos sobre los macro y micronutrientes presentes en el suelo fueron fundamentales para diagnosticar deficiencias nutricionales y establecer las recomendaciones de fertilización correspondientes.

Ver anexo N° 1.

b. Diagnóstico del Suelo Según Análisis de Laboratorio

El análisis del suelo de textura franco arenosa muestra condiciones físico-químicas favorables para el establecimiento de praderas de raigrás – trébol. El pH de 6.5, considerado ligeramente ácido, se encuentra dentro de un rango favorable para la disponibilidad de nutrientes esenciales, aunque puede beneficiarse de una ligera corrección mediante la aplicación de cal. El contenido de materia orgánica (4.32 %) es adecuado, lo que mejora la estructura del suelo, la retención de humedad y la actividad microbiana. El nitrógeno total (0.216 %) se encuentra en un nivel medio; sin embargo, dado que el raigrás es una especie exigente en este nutriente, es necesario aplicar fertilización nitrogenada fraccionada para mantener un crecimiento sostenido. En cuanto al fósforo (17.34 ppm), se presenta en niveles

altos, sin embargo, se recomienda la aplicación de una fuente fosfatada al momento de la siembra para favorecer el desarrollo radicular y la fijación simbiótica del trébol. El potasio (102.94 ppm) también se encuentra en niveles bajos, y considerando su importancia en la resistencia de las plantas y en la producción forrajera, es conveniente suplementarlo con cloruro de potasio. En conjunto, el suelo presenta condiciones físicas y químicas adecuadas, pero requiere una fertilización de base planificada que complemente las necesidades nutricionales del cultivo, especialmente en nitrógeno, fósforo y potasio, para asegurar un buen establecimiento, desarrollo y productividad de la pradera.

Así mismo, con respecto a las características físicas y químicas del suelo, antes y después de los tratamientos, presenta una tendencia desfavorable puesto que hay una disminución en el pH (5.18) después de la fertilización de los tratamientos, frente a un (6.5) antes de la instalación del experimento, en Materia Orgánica (3.79) después de la fertilización de los tratamientos, frente a un (4.32) antes de la instalación del experimento, en Nitrógeno (0.190) después de la fertilización de los tratamientos, frente a un (0.216) antes de la instalación del experimento, en fosforo (13.04) después de la fertilización de los tratamientos, frente a un (17.34) antes de la instalación del experimento y en Potasio (86.39) después de la fertilización de los tratamientos, frente a un (102.94) antes de la instalación del experimento.

Tabla 5. Condiciones iniciales del suelo según análisis físico-químico

Clase textural	pH (1:1)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (N) %	Fosforo (P) ppm	Potasio (K) ppm
Franco arenoso	6.5	4.32	0.216	17.34	102.94

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tabla 6. Interpretación del pH del suelo

Denominación	pH 01:01
Fuertemente ácido	< 5.5
Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutro	7
Ligeramente alcalino	7.2 - 7.9
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.84
fuertemente alcalino	> 8.5

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tabla 7. Interpretación de la materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio

Denominación	Materia Orgánica	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)
Bajo	0-2	< 0.15	< 7	<100
Medio	2 - 4	0.15- 0.30	7 - 14	100 - 240
Alto	>4	> 30	> 14	> 240

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tabla 8. Características físicas y químicas del suelo, antes y después de los tratamientos.

Clase textural	pH (1:1)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (N) %	Fosforo (P) ppm	Potasio (K) ppm
ANTES					
Franco arenoso	6.5	4.32	0.216	17.34	102.94
DESPUES					
Franco arenoso (75 Días Fertilización)	de 5.18	3.79	0.190	13.04	86.39
Franco arenoso (150 Días Fertilización)	de 6.70	4.74	0.237	18.30	109.02

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

c. Germinación de la semilla

La prueba de germinación es un requisito importante para evaluar la calidad fisiológica y capacidad de germinación de la semilla. Mediante el análisis del poder de germinación se determinó la cantidad de semilla que se utilizó en la resiembra en el predio experimental. En

la tabla 7-8, se muestra el poder germinativo de la semilla de raigrás ecotipo cajamarquino y trébol blanco que muestran valores de 73 % y 96 % respectivamente.

Tabla 9. Análisis de germinación de la semilla de raigrás ecotipo cajamarquino

Semilla	Poder germinativo (%)	(%) Pureza	Valor cultural (%)
Raigrás-ecotipo cajamarquino	73	78	56.94

Fuente: Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias (FICP)-Universidad Nacional Cajamarca.

Tabla 10. Análisis de germinación de la semilla de trébol blanco

Semilla	Poder germinativo (%)	(%) Pureza	Valor cultural (%)
Trébol blanco	96	97	93.12

Fuente: Laboratorio de Pastos y Forrajes de la FICP-Universidad Nacional Cajamarca.

d. Preparación del terreno

Antes de la preparación del terreno se seleccionó el mismo para trabajar, considerando un área con una pendiente aproximada de 45 grados debido a que la zona donde se desarrolló el experimento presenta una geografía con bastante pendiente. Tras el pedido de los productores de la zona se procedió a trabajar en la misma y bajo las condiciones antes mencionadas.

La preparación del terreno se llevó a cabo en el mes de mayo de 2023, con el objetivo de optimizar las condiciones para la resiembra de las pasturas. Para ello, se empleó un arado de tracción animal mediante una técnica de rayado superficial, alcanzando una profundidad de entre 5 y 10 cm. Esta técnica permitió la incorporación de la semilla sin destruir la cobertura

vegetal útil existente. El rayado superficial favoreció el adecuado contacto de la semilla con el suelo, mejorando así su interacción con el medio y favoreciendo su germinación y establecimiento.

e. Resiembra y fertilización

Resiembra

La resiembra de las pasturas se llevó a cabo en el mes de julio. Previamente, se delimitaron las parcelas correspondientes dentro de cada bloque experimental. La resiembra se realizó utilizando la técnica al voleo, procurando depositar las semillas cerca de la superficie para evitar su dispersión por el viento. La proporción utilizada fue de 70 % gramínea y 30 % leguminosa, considerando una adecuada asociación entre ambas especies. Esta labor se efectuó en condiciones climáticas favorables, es decir, con presencia de lluvias y temperaturas adecuadas, ya que la germinación óptima de las semillas requiere principalmente humedad y calor. No obstante, siguiendo las recomendaciones técnicas de León et al. (2018), se evitó efectuar la resiembra durante lluvias intensas, a fin de prevenir el arrastre de las semillas por escorrentía.

Tabla 11. Cantidad de semilla empleada por tratamiento en el ensayo

Especie	Cantidad
Raigrás (<i>Lolium multiflorum</i>)	90g/20m ²
Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	6g/20m ²

Fuente: Laboratorio de Pastos y Forrajes de la FICP-Universidad Nacional Cajamarca.

Fertilización

Para la dosificación de insumos se tomaron como referencia tanto los requerimientos nutricionales del pasto como los resultados del análisis de suelo, el cual reveló un bajo contenido de nutrientes, especialmente azufre, boro, zinc, cobre y magnesio. En respuesta a esta deficiencia, se aplicaron enmiendas, incluyendo cal para prevenir la acidificación del suelo

causada por la fertilización química, y yeso en distintas dosis por parcela con el mismo propósito. Además, se establecieron tres niveles de fertilización (baja, media y alta) con el objetivo de restaurar la fertilidad edáfica y suplir los nutrientes esenciales requeridos por la mezcla forrajera, a fin de mejorar su productividad.

El fraccionamiento de los fertilizantes, tanto orgánicos como químicos, se llevó a cabo con el propósito de asegurar una disponibilidad progresiva de nutrientes, de acuerdo con las exigencias fisiológicas de las pasturas en cada etapa de su desarrollo fenológico. Este procedimiento se aplicó de la siguiente manera:

Tabla 12. Fraccionamiento de Fertilizantes

FERTILIZACIÓN						
Primer abonamiento al momento de la siembra						
Insumos	Fertilización (kg/ha)					
	Fertilización Baja	% de concentración	Fertilización Media	% de concentración	Fertilización Alta	% de concentración
Gallinaza	4.9	0.29	52	3.12	102	6.12
Urea	69.2	32	119.2	55	169.2	78
Super Fosfato Triple de Ca	137.5	63	187.5	86	237.5	109
Sulfato de potasio	24.1	12	64.1	32	104.1	52
Dolomita (Hid. de calcio)	406.6	203	406.6	203	406.6	203
Yeso	355.8	142	455.8	182	555.8	222
Sulfato de cobre	0.6	0.23	0.6	0.23	0.6	0.23
Sulfato de Zn	1.2	0.25	1.2	0.25	1.2	0.25
Sulfato de Mn	2.0	0.62	2.0	0.62	2.0	0.62
Ulexita	2.0	0.2	2.0	0.2	2.0	0.2
Segundo abonamiento a los 30 días de resiembra						
Gallinaza	4.9	0.29	52.00	3.12	102.00	6.12
Sulfomag	213.4	132	313.4	194	413.4	256

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Los fertilizantes se aplicaron, de acuerdo a los resultados y recomendaciones por el laboratorio y especialista quien nos indica que se formuló teniendo en cuenta 2 leyes agronómicas y 1 formula.

- Ley de la restitución de nutrientes
- Ley de los incrementos decrecientes

Formula:

$$QN = \frac{E - SF1 - MOF2}{F3}$$

QN = Cantidad de nutrientes

E = Cuanto de nutrientes extrae la planta

S = Cantidad de nutrientes en el suelo

F1= Factor de eficiencia

MO = Materia orgánica

F2= Factor de eficiencia de específica

F3= Factor de fertilización aplicada

Para poder formular es necesario conocer las interrelaciones que existe entre los macro y micronutrientes. La aplicación de los fertilizantes se realizó al voleo a inicio de la resiembra y al momento del primer corte de uniformización de la pastura.

4.6.2. Evaluación y recolección de datos

Altura de la planta (cm).

Se utilizó el método de estimación visual, colocando una regla o una cinta métrica en posición vertical sobre el nivel del suelo, mirando horizontalmente donde se concentra la mayor cantidad de hojas de la pastura (hoja bandera), considerando su altura; se tomó las mediciones a los 30, 45, 60, 75 días.

Producción de forraje (kg MS ha⁻¹)

El rendimiento de forraje verde se determinó a los 30, 45, 60 y 75 días, considerando dos cortes a los 30 días, dos cortes a los 45 días, dos cortes a los 60 días y dos cortes a los 75

días tanto para la época de lluvia como para la época de estiaje, haciendo un total de cuatro cortes por año por cada periodo de corte. Todo esto fue cortado con hoz dejando un remanente de 5 cm de altura, con la metodología del uso del cuadrante de 0.25 x 0.25 m², con la finalidad de realizar la evaluación productiva tanto en kg de FV/m² y toneladas de FV/ha⁻¹.

Determinación de Materia seca

Los valores de materia seca se obtuvieron teniendo en cuenta la metodología de la AOAC, donde se colocaron las muestras de forraje verde (100 g a 105°C de temperatura) en una estufa (MRC) durante un periodo de 24 horas. Posterior a ello, se realizaron los cálculos de rendimientos de biomasa que proporcionaron la asociación raigrás más trébol blanco en cada uno de los cortes, el mismo que fue proyectado por metro cuadrado (kg) y por hectárea (kg). El cálculo del rendimiento de materia seca, fue mediante la siguiente formula:

$$\text{Materia seca (\%)} = \text{Peso final (g)} / \text{Peso inicial (g)} \times 100$$

Donde: Peso Final: es el peso seco después de a ver retirado de la estufa

Peso Inicial: es peso en fresco antes de a ver colocado a la estufa

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de las pasturas representa la productividad con la que el forraje se acumula en el campo, en función del área y del tiempo. Se expresa en kilogramos de materia seca por día (kg MS/día) y se calculó dividiendo el rendimiento total (kg/ha) entre el número de días transcurridos desde el rebrote.

$$TC = \text{Rendimiento} / \text{días transcurridos}$$

Composición florística

Para determinar la composición florística de las áreas de cada tratamiento, se obtuvieron muestras al inicio del estudio utilizando cuadrantes rectangulares de 0.25 m², haciendo cortes dejando un remanente de 5 cm del suelo. El forraje obtenido fue llevado al Laboratorio de

Pastos y Forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca para ser pesados en fresco y luego ser separado por especies (raigrás, trébol, malezas), de esta manera se determinó la producción de la asociación raigrás más trébol blanco, por especie y la composición florística expresada en porcentaje.

Valor nutricional

Las muestras obtenidas en campo, se enviaron 200 g, al Laboratorio de Nutrición y Alimentación de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Chachapoyas para la determinación de la concentración de nutrientes (proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, fibra detergente neutro (FDN), fibra de detergente acido (FDA), Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y cenizas).

4.6.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

Los datos obtenidos de las fichas de campo se digitalizaron y se almacenaron de manera ordenada en un libro de Excel (paquete Office 365, Microsoft). Luego se realizaron las pruebas del cumplimiento de supuestos de verificación de la normalidad y homogeneidad de varianzas. 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, según el modelo de la Ecuación 1; Para la comparación entre tratamientos se realizó la prueba de alta diferencia significativa (HSD) de Tukey ($p<0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron en el software infoStat.

4.7. Modelo estadístico

El arreglo experimental se estableció bajo un diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), conformado por cuatro tratamientos y tres repeticiones, lo que resultó en un total de 12 unidades experimentales. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre variables

estudiadas, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), y para las comparaciones de medias se empleo la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta para el tratamiento -i en el bloque -j.

μ : El efecto medio de la muestra.

t_i : Efecto del i – esimo tratamiento (Testigo, Dosis baja, Dosis media, Dosis alta)

β_j : Efecto del j- esimo bloque.

E_{ij} : Es el efecto del error experimental.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Rendimiento (Kg MS ha^{-1}), altura de planta (cm) y tasa de crecimiento (kg MS/día) de la asociación raigrás-trébol blanco

5.1.1. *Rendimiento (Kg MS ha^{-1}), altura de planta (cm) y tasa de crecimiento (kg MS/día) de la asociación raigrás-trébol blanco en función de los niveles de fertilización*

Durante la época de lluvia y la época de estiaje, los valores de significancia (p-valor) obtenidos para las variables evaluadas evidenciaron diferencias atribuibles a los tratamientos de fertilización.

En la época de lluvia, la altura de planta ($p = 0.0032$), el rendimiento de materia seca ($p = 0.0186$) y la tasa de crecimiento ($p = 0.0069$) presentaron diferencias significativas, lo que indica que la fertilización influyó directamente en el desarrollo estructural y productivo de la asociación forrajera.

En cuanto a la altura de planta el resultado indica que el testigo (F0) alcanzó la menor altura (32.83 cm), siendo inferior a los tratamientos fertilizados (F1, F2 y F3), los cuales mostraron alturas promedio entre 36.92 y 38.17 cm, sin diferencia significativa entre ellos. Para el rendimiento de materia seca el tratamiento testigo F0 también mostro el menor rendimiento (1597.97 kg MS/ha), mientras que los tratamientos con fertilización obtuvieron mayor rendimiento F2 (3018.17 kg MS/ha), seguido de F1 (2553.17) y F3 (2117.35). De la misma manera para la tasa de acumulación diaria, el testigo F0 registró la menor tasa de crecimiento (29.77 kg MS/día), mientras que los tratamientos fertilizados aumentaron este valor progresivamente hasta alcanzar 56.08 kg MS/día en F2.

En la época de estiaje, se observaron efectos significativos en la altura ($p = 0.0199$), rendimiento ($p = 0.001$) y tasa de crecimiento ($p < 0.0001$), Lo que evidencia que al menos uno

de los tratamientos se diferencia del resto en cada variable. En este caso, aunque las diferencias son más estrechas, en cuanto a la altura de planta el testigo (34.42 cm) fue inferior a los tratamientos F1 (36.75 cm), F2 (37.17 cm) y F3 (37.5 cm), los cuales no se diferenciaron entre sí. Para el rendimiento de materia seca el F0 también presentó el rendimiento más bajo (931.8 kg MS/ha), a diferencia, los tratamientos con fertilización mostraron una mayor producción, F2 (2161.83 kg MS/ha), seguido de F1 (1643.88) y F3 (1484.87). De la misma manera para la tasa de acumulación, el tratamiento testigo F0 presentó una tasa de crecimiento baja (18.95 kg MS/día), mientras que F3, F1 y F2 lograron aumentos importantes, alcanzando 29.08, 32.88 y 41.39 kg MS/día respectivamente.

Tabla 13. Rendimiento de forraje (Kg MS ha⁻¹) y tasa de crecimiento (Kg MS ha⁻¹) del raigrás-trébol blanco en función de la fertilización.

Época de lluvia				Época de estiaje			
Niveles de fertilización	Altura(cm)	Rendimiento (kg MS ha ⁻¹)	Tasa crecimiento (kg MS/día)	Niveles de fertilización	Altura(cm)	Rendimiento (kg MS ha ⁻¹)	Tasa crecimiento (kg MS/día)
F2	36.92 a	3018.17 a	56.08 a	F2	37.17 a	2161.83 a	41.39 a
F1	36.92 a	2553.17 ab	47.89 a	F1	36.75 ab	1643.88 ab	32.88 b
F3	38.17 a	2117.35 ab	40.78 ab	F3	37.50 a	1484.87 bc	29.08 b
F0	32.83 b	1597.97 b	29.77 b	F0	34.42 b	931.80 c	18.95 c
EE	0.74	255.05	3.97	EE	0.59	135.08	1.65
p-valor	0.0032	0.0186	0.0069	p-valor	0.0199	0.001	<0.0001

*Las medias dentro de la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (p<0,05)

Estos resultados muestran que la aplicación de fertilizantes, independientemente del nivel, promueve una mayor productividad forrajera en comparación con la ausencia de fertilización. Esto se explica por la mejora en la disponibilidad de nutrientes esenciales, que favorece el crecimiento y desarrollo de la planta. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Terroba et al. (2024), quien reportó incrementos significativos en el rendimiento forrajero al aplicar fertilización combinada con nitrógeno, fósforo y potasio. Del mismo modo, Vargas et al. (2017) demostraron que una fertilización balanceada, que incluyó macro y micronutrientes, no solo elevó la producción de materia seca, sino también la altura de las

pasturas. Por su parte, Rincón (2010) indicó que la tasa de crecimiento de las pasturas se incrementa conforme se expande el área foliar, alcanzando su punto máximo alrededor de los 60 días poscorte, lo cual coincide con los picos de rendimiento observados en la presente investigación. Estos antecedentes confirman que la fertilización constituye un factor clave en el desempeño agronómico y productivo de las pasturas, al corregir deficiencias nutricionales del suelo y optimizar el crecimiento y aprovechamiento del forraje

Es importante destacar que, en la época de estiaje a comparación con la época de lluvia se evidencia una disminución considerable del rendimiento en todos los tratamientos, probablemente porque el fertilizante fue aprovechado en mayor medida en el primer corte. Como lo señala Pezo y García (2018), para mantener el rendimiento de las pasturas, es recomendable fraccionar la fertilización, especialmente en épocas de lluvia o en praderas con riego, ya que los nutrientes pueden perderse por lixiviación o escorrentía. Esto guarda relación con lo observado en el presente estudio, donde en el segundo rebrote se evidenció una disminución en el rendimiento forrajero, probablemente debido al agotamiento de los nutrientes aplicados inicialmente. En este contexto, Demanet (2012) resalta la importancia del análisis químico de suelos como herramienta clave para evaluar la disponibilidad de nutrientes, lo cual permite diseñar un plan de fertilización adecuado tanto para el establecimiento como para el mantenimiento de las praderas. Lo que evidencia la necesidad de aplicar una fertilización continua y técnicamente planificada para sostener altos rendimientos forrajeros a lo largo del tiempo.

5.1.2. Rendimiento ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$), altura de planta (cm) y tasa de crecimiento ($\text{kg MS}\cdot\text{día}^{-1}$) de la asociación raigrás-trébol blanco en función de los niveles de fertilización y la frecuencia de corte

5.1.2.1. Rendimiento de Materia Seca ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) de la asociación raigrás más trébol blanco, en función de la frecuencia de corte y niveles de fertilización

El análisis del rendimiento de materia seca evidenció que la fertilización tuvo un efecto significativo en distintas edades de corte durante la época de lluvia y la época de estiaje. En la época de lluvia, se observaron diferencias estadísticas a los 30, 45 y 60 días ($p < 0.05$), mientras que a los 75 días se registró una tendencia a la significancia ($p = 0.0505$). La prueba de Tukey demostró que los tratamientos con fertilización (F1, F2 y F3) superaron al testigo (F0) en todos los cortes, destacando el tratamiento F2 (fertilizaciones medias) con el mayor rendimiento, especialmente a los 60 días, donde alcanzó 4941.33 kg MS/ha frente a los 1848.00 kg MS/ha del testigo.

En la época de estiaje, también se registraron diferencias significativas a los 45, 60 y 75 días, mientras que a los 30 días no se detectaron diferencias estadísticas, aunque sí diferencias numéricas a favor de los tratamientos fertilizados. En esta época del año nuevamente, el tratamiento F2 logró los mayores rendimientos, alcanzando 2978.47 kg MS/ha a los 75 días, en comparación con 1332.00 kg MS/ha del testigo.

Así mismo se puede evidenciar que durante la época de lluvias y la época de estiaje existe un porcentaje de incremento que va en aumento hasta los 60 días de frecuencia de corte y con una disminución entre 60 días a 75 días de periodo de corte.

Tabla 14. Rendimiento de Materia Seca (kg MS ha^{-1}) de la asociación raigrás más trébol blanco, según frecuencia de corte y niveles de fertilización

Época de lluvia							
Niveles de fertilización	30 días kg MS ha^{-1}	% de incremento	45 días kg MS ha^{-1}	% de incremento	60 días kg MS ha^{-1}	% de incremento	75 días kg MS ha^{-1}
F2	1404.00 a	34	2116.00 a	57	4941.33 a	37	3611.33 a
F1	1350.27 a	29	1913.60 a	44	3416.00 b	3	3532.80 a
F3	1352.20 a	16	1608.67 a	39	2658.80 bc	7	2849.73 a
F0	876.00 b	23	1144.00 a	38	1848.00 c	27	2523.87 a
EE	78.59		108.33		274.69		243.14
p-valor	0.0096		0.0033		0.0011		0.0505

*Las medias dentro de la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (p<0,05)

*El % de incremento está acorde a la frecuencia de corte

Tabla 15. Rendimiento de Materia Seca (kg MS ha^{-1}) de la asociación raigrás más trébol blanco, según frecuencia de corte y niveles de fertilización

Época de estiaje							
Niveles de fertilización	30 días kg MS ha^{-1}	% de incremento	45 días kg MS ha^{-1}	% de incremento	60 días kg MS ha^{-1}	% de incremento	75 días kg MS ha^{-1}
F2	1260.80 a	32	1861.87 a	27	2546.13 a	15	2978.47 a
F1	1241.60 a	20	1548.80 ab	2	1573.40 a	29	2211.73 ab
F3	1037.20 a	13	1196.80 bc	30	1720.27 a	13	1985.20 bc
F0	803.33 a	6	850.67 c	15	741.20 b	44	1332.00 c
EE	119.92		93.87		211.15		164.57
p-valor	0.1062		0.0013		0.0057		0.0024

*Las medias dentro de la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (p<0,05)

Los resultados evidencian que la fertilización incrementó significativamente el rendimiento forrajero en las frecuencias de corte de 60 y 75 días, alcanzando 4941.33 y 3611.33 kg MS ha^{-1} , respectivamente. Este comportamiento coincide con lo reportado por Bazán (2013), quien obtuvo rendimientos de 5360 kg MS ha^{-1} con fertilización química (urea, superfosfato triple y cloruro de potasio) y 4140 kg MS ha^{-1} con la fertilización química más guano de isla. Asimismo, Llanos (2024) documentó valores que oscilaron entre 3108 y 5394.4

kg MS ha⁻¹ con fertilizantes nitrogenados, mientras que Ocas (2024) reportó rendimientos entre 3789.38 y 5459.64 kg MS ha⁻¹ al emplear fertilización fosfatada, lo cual respalda la similitud con los resultados obtenidos en el presente estudio. De igual manera, Vallejos (2021) indicó una relación directa entre el tiempo de rebrote y el rendimiento, registrando 2567 kg MS ha⁻¹ a los 30 días, 4046 kg MS ha⁻¹ a los 45 días y hasta 5588 kg MS ha⁻¹ a los 60 días, lo que corrobora que mayores intervalos de corte favorecen la acumulación de biomasa forrajera.

Es importante resaltar la diferencia de rendimiento entre la dosis media y la dosis alta de fertilización, siendo esta última menos eficiente al generar una menor producción. Según Cuesta (2005), la aplicación de fertilizantes en dosis elevadas provoca una rápida lixiviación y volatilización de los nutrientes. Como consecuencia, se deteriora la pradera, el raigrás muestra un crecimiento desbalanceado y se reduce tanto la calidad del forraje como la tasa de crecimiento. Lo que demuestra que un suministro adecuado de nutrientes es fundamental para mejorar la producción de biomasa forrajera en la asociación raigrás – trébol blanco.

5.1.2.2. Altura de planta (cm) de la asociación raigrás más trébol blanco, en función de la frecuencia de corte y niveles de fertilización.

El valor de significancia ($p = 0.0001$) obtenido para los tratamientos en función de la frecuencia de corte y las evaluaciones fue mayor a 0.05, lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. No obstante, pese a la falta de significancia estadística, se evidenció una diferencia numérica entre los tratamientos evaluados. En la época de lluvia y en la época de sequía, los tratamientos con fertilización (F1, F2 y F3) registraron mayores alturas de planta en todos los momentos de corte (30,45,60 y 75 días) en comparación con el testigo sin fertilización (F0), lo que sugiere un efecto positivo de la fertilización sobre el crecimiento de la planta.

Tabla 16. Altura de planta (cm) de la asociación raigrás más trébol blanco, según frecuencia de corte y niveles de fertilización

Época de lluvia					Época de estiaje				
Niveles de fertilización	30 días cm	45 días cm	60 días cm	75 días cm	Niveles de fertilización	30 días cm	45 días cm	60 días cm	75 días cm
F3	26.00 a	33.00 a	36.00 a	57.67 a	F3	26.33 a	30.00 a	37.00 a	56.67 a
F2	25.67 a	32.00 a	37.33 a	52.67 a	F2	25.00 a	31.00 a	36.67 a	56.00 a
F1	24.33 ab	31.33 ab	34.67 a	57.33 a	F1	26.00 a	31.33 a	36.33 a	53.33 a
F0	19.67 b	28.00 a	32.33 a	51.33 a	F0	23.33 a	29.00 a	35.00 a	50.33 a
EE	1.00	1.37	1.04	1.51	EE	1.92	0.76	2.16	3.55
p-valor	0.0135	0.1579	0.0629	0.0547	p-valor	0.6997	0.2300	0.9161	0.6065

*Las medias dentro de la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes

(p<0,05)

Los resultados muestran que la fertilización favoreció el crecimiento de la pastura, alcanzando la mayor altura de planta a los 75 días. En un rango de 52.67 a 57.67 para ambas épocas. Este valor es similar a lo reportado por Llanos (2024), quien obtuvo 58 cm con fertilización nitrogenada, y mayor a lo obtenido por Ocas (2024), quien registró 47 cm con fertilización fosforada, ambos bajo condiciones climáticas similares al presente estudio, probablemente esta se deba al uso de nitrógeno y momento de corte. Además, León et al. (2018) destacan que la altura está estrechamente relacionada con el estado fenológico y la calidad del forraje, recomendando su aprovechamiento cuando la pastura alcanza hasta un 30% de floración. En esa línea, Portillo et al. (2021) confirman que la fertilización y el tiempo de corte, especialmente entre los 35 y 42 días de rebrote, influyen en el buen valor nutricional del raigrás, lo que respalda la importancia de ajustar la frecuencia de corte para equilibrar calidad y rendimiento.

5.1.2.3. Tasa de crecimiento ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}$) en función de la frecuencia de corte y niveles de fertilización

La tasa de crecimiento de las pasturas presentó una clara respuesta al efecto de los niveles de fertilización en función de la frecuencia de corte. En la época de lluvia y en la época de sequía se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos,

principalmente a los 45, 60 y 75 días de rebrote, mientras que a los 30 días únicamente la época de lluvia mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), y en la época de estiaje se registró una diferencia numérica.

En general, los tratamientos fertilizados (F1, F2 y F3) superaron al testigo (F0) en todas las edades de corte, siendo el tratamiento F2 (fertilización media) el que alcanzó las tasas de crecimiento más elevadas. En la época de lluvia, F2 logró un valor máximo de 82.35 kg MS/día a los 60 días, mientras que el testigo solo alcanzó 30.80 kg MS/día. De igual forma, en la época de estiaje, F2 registró 42.44 kg MS/día a los 60 días, superando ampliamente al testigo que presentó 12.35 kg MS/día.

Tabla 17. Tasa de crecimiento (kg MS·ha⁻¹·día) según frecuencia de corte y niveles de fertilización

Niveles de fertilización	Época de lluvia				Niveles de fertilización	Época de estiaje			
	30 días kg MS/ha/día	45 días kg MS/ha/día	60 días kg MS/ha/día	75 días kg MS/ha/día		30 días kg MS/ha/día	45 días kg MS/ha/día	60 días kg MS/ha/día	75 días kg MS/ha/día
F2	46.80 a	47.02 a	82.35 a	48.15 a	F2	42.03 a	41.37 a	42.44 a	39.71 a
F1	45.01 a	42.52 a	56.93 b	47.11 a	F1	41.39 a	34.42 ab	26.22 ab	29.49 ab
F3	45.07 a	35.75 ab	44.31 bc	38.00 a	F3	34.57 a	26.60 bc	28.67 ab	26.47 bc
F0	29.20 b	25.42 b	30.80 c	33.65 a	F0	26.78 a	18.90 c	12.35 b	17.76 c
EE	2.62	2.41	4.58	3.24	EE	4	2.09	3.52	2.19
p-valor	0.0096	0.0033	0.0011	0.0504	p-valor	0.1062	0.0013	0.0057	0.0024

*Las medias dentro de la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Estos resultados reflejan que la fertilización, no solo incrementa la producción acumulada de forraje, sino que también mejora la eficiencia del crecimiento diario de la pastura. Mientras que la ausencia de fertilización limitó la tasa de crecimiento, evidenciando la necesidad del aporte de nutrientes para lograr un desarrollo forrajero sostenido y de mayor productividad en la asociación raigrás – trébol blanco. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Garduño (2009), quien, al aplicar fertilización con NPK, obtuvo tasas de crecimiento de 54 y 50 kg MS d⁻¹ a los 60 días de rebrote, similares a las obtenidas con las dosis baja y alta en el presente estudio. No obstante, la fertilización media mostró un

desempeño superior, destacando la relevancia de un equilibrio adecuado de nutrientes. Por su parte, Torroba (2024) obtuvo solo 23 kg MS día⁻¹ a los 30 días con fertilización NPK, valor que fue superado en todos los tratamientos de esta investigación, lo que sugiere que una fertilización complementaria con macro y micronutrientes optimiza la acumulación diaria de biomasa. En ese sentido, Salamanca y Baquero (2000) destacan que una nutrición equilibrada garantiza un desarrollo eficiente del cultivo, ya que los macronutrientes fortalecen la formación de tejidos y raíces, mientras que los micronutrientes activan funciones enzimáticas esenciales. La carencia de alguno de ellos puede limitar la asimilación de los demás, afectando negativamente el crecimiento y la productividad del pasto.

El comportamiento de la tasa de acumulación de las pasturas, en función de las distintas dosis de fertilización y del tiempo, evidencia que alrededor de los 60 días del ciclo vegetativo se alcanza un pico máximo de acumulación en la tasa de crecimiento, seguido de una disminución progresiva a los 75 días. Esta declinación se asocia a la maduración completa del pasto y al inicio del proceso de senescencia. Según Navarro y Villalobos (2021), este fenómeno responde a la degradación de la clorofila, la descomposición de proteínas cloroplásticas y la movilización de aminoácidos hacia las estructuras reproductivas, lo que limita la capacidad fotosintética y, por tanto, reduce la tasa de acumulación de biomasa a medida que el cultivo avanza hacia estados fenológicos más avanzados.

5.2. Composición Florística de las pasturas

5.2.1. Composición Florística según niveles de fertilización

En la época de lluvia, el análisis evidenció diferencias significativas en la composición florística para las especies de raigrás ($p = 0.0066$) y trébol ($p = 0.0126$), mientras que no se detectaron diferencias estadísticas en la presencia de malezas ($p = 0.6305$). La prueba de Tukey mostró que el tratamiento sin fertilización (F0) tuvo la menor proporción de raigrás (79.34%) y la mayor presencia de malezas (11.82%). En contraste, los tratamientos con fertilización baja

(F1), media (F2) y alta (F3) alcanzaron mayores proporciones de raigrás, destacando F1 con 94.18%, y una menor proporción de malezas. En el caso del trébol, no se evidenciaron diferencias entre tratamientos fertilizados y el testigo.

En la época de estiaje, se encontraron diferencias significativas para las tres variables: raigrás ($p = 0.0008$), trébol ($p = 0.0063$) y maleza (kikuyo *Pennisetum clandestinum*, culantrillo *Adiantum raddianum*, manzanilla bastarda *Anthemis arvensis*) ($p = 0.0007$). El tratamiento F1 presentó el mayor porcentaje de raigrás (88.28%) y una reducción considerable de malezas (11.57%), superando al testigo (F0), que tuvo solo 75.38% de raigrás y 20.54% de malezas. El tratamiento F2 fue el más efectivo en reducir la presencia de malezas (5.42%), con una alta proporción de raigrás (86.76%).

Tabla 18. Niveles de fertilización y su influencia en la composición florística

Época de lluvia				Época de sequía			
Niveles de fertilización	Raigrás (%)	Trébol (%)	Maleza (%)	Niveles de fertilización	Raigrás (%)	Trébol (%)	Maleza (%)
F3	87.86 ab	8.23 a	3.94 a	F3	77.63 a	3.79 ab	18.62 a
F2	88.57 ab	3.68 a	5.86 a	F2	86.76 a	1.20 b	5.42 a
F1	94.18 a	2.80 a	5.01 a	F1	88.28 a	6.75 a	11.57 a
F0	79.34 b	8.87 a	11.82 a	F0	75.38 a	4.12 ab	20.54 a
EE	2.19	2.1	3.01	EE	3.99	0.88	4.10 a
<i>p</i> -valor	0.0066	0.0126	0.6305	<i>p</i> -valor	0.0008	0.0063	0.0007

*Las medias dentro de la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Los resultados obtenidos demuestran que, en época de lluvia y en época de estiaje, la fertilización favoreció significativamente la dominancia del raigrás y redujo la competencia con malezas, contribuyendo a una mejora en la composición florística de las pasturas. Este comportamiento concuerda con los hallazgos de Florián (2019), quien, al aplicar fertiabono (NPK), observó un incremento en el porcentaje de ryegrass en comparación con el testigo (60.89 y 66.4% frente a 30 y 58.11%, respectivamente), así como un aumento en la proporción de trébol (6.42 y 9.32% frente a 0.55 y 5.91%). Además, se reportó una reducción en la cobertura de malezas (9.79 y 8.53% en parcelas fertilizadas frente a 23.8 y 10.5% en el testigo),

lo que respalda que la fertilización no solo mejora la disponibilidad de nutrientes, sino que también fortalece la capacidad competitiva de las especies forrajeras deseables, limitando el establecimiento de especies indeseables.

Asimismo, Torroba (2024) evidenció que las gramíneas como el raigrás responden favorablemente al aporte de nitrógeno, alcanzando hasta un 80% de participación en la pastura. En cambio, el trébol, al ser una leguminosa fijadora de nitrógeno, mostró escasa respuesta a este nutriente, siendo más dependiente del fósforo. Esta tendencia fue corroborada en el presente estudio, donde la presencia del trébol fue escasa. En concordancia con ello, Orellana et al. (2023) demostró que la aplicación de roca fosfatada como fuente de fósforo elevó la cobertura de trébol blanco de 4.22 % a valores entre 14.18 % y 23.82 %, sin reducir la cobertura de vegetación nativa, que alcanzó el 85.82 %. Estos resultados confirman que el fósforo es clave para el desarrollo del trébol, al fortalecer su sistema radicular, mejorar la fijación de nitrógeno y favorecer un rebrote vigoroso, lo que incrementa su competitividad en la pastura sin perjudicar a las especies asociadas.

5.2.2. Niveles de fertilización y su influencia en la composición florística según frecuencia de corte.

A los 30 días de corte, en la época de lluvia, se observaron diferencias significativas en raigrás ($p = 0.0025$) y malezas ($p < 0.0001$), pero no en trébol ($p = 0.2217$). El tratamiento sin fertilización (F0) mostró la menor proporción de raigrás (77.00%) y la mayor presencia de malezas (22.33%). En cambio, los tratamientos fertilizados, especialmente F2 (96.67%) y F3 (93.67%), presentaron mayor dominancia del raigrás y control efectivo de malezas.

En la época de sequía, los tres componentes presentaron diferencias significativas (raigrás: $p = 0.0001$; trébol: $p = 0.0184$; malezas: $p < 0.0001$). F2 logró el mayor porcentaje de raigrás (83.00%) y redujo notablemente las malezas (11.67%), mientras que el testigo (F0) tuvo el menor valor de raigrás (48.00%) y la mayor proporción de malezas (51.00%).

A los 45 días de corte, en la época de lluvia, solo la variable malezas presentó diferencia significativa ($p = 0.0009$). El tratamiento F2 logró eliminar completamente la presencia de malezas (0.00%), mientras que F0 alcanzó 5.67%. En la época de estiaje, se observaron diferencias en raigrás ($p = 0.0136$) y malezas ($p = 0.0017$). El tratamiento F2 mostró el mayor porcentaje de raigrás (91.33%) y controló eficientemente las malezas (6.33%). Nuevamente, el testigo (F0) registró los menores valores de raigrás (73.33%) y las mayores proporciones de malezas (17.00%).

A los 60 días, durante la época de lluvia, se encontraron diferencias significativas para todas las variables: raigrás ($p = 0.0014$), trébol ($p = 0.0047$) y malezas ($p = 0.0002$). El tratamiento F1 fue el más favorable, con 98.33% de raigrás y 0.00% de malezas, mientras que F0 tuvo menor raigrás (80.00%) y mayor proporción de trébol (12.00%). En la época de estiaje, también hubo diferencias significativas para raigrás ($p = 0.0296$) y malezas ($p = 0.0003$). F2 destacó con 98.67% de raigrás y solo 0.67% de malezas, a diferencia del testigo que tuvo mayor presencia de malezas (9.00%).

Finalmente, a los 75 días, en la época de lluvia, los tres componentes mostraron diferencias significativas (raigrás: $p = 0.0153$; trébol: $p = 0.0075$; malezas: $p < 0.0001$). El tratamiento F1 presentó la mayor proporción de raigrás (89.00%) y un bajo porcentaje de malezas (6.00%), superando claramente al testigo, que tuvo 70.67% de raigrás y 11.33% de malezas. En la época de estiaje, solo la variable malezas mostró diferencia estadística ($p = 0.0012$). F1 nuevamente se destacó por reducir la presencia de malezas a 0.67%, mientras que el testigo alcanzó 5.00%.

Tabla 19. Influencia de los niveles de fertilización en la composición florística a los 30, 45, 60 y 75 días de corte

Frecuencia de corte 30 Días							
Época de lluvia				Época de sequia			
Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Malezas	Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Maleza
F3	93.67 a	5.33 a	1.00 c	F3	50.67 bc	0.67 b	49.00 a
F2	96.67 a	1.00 a	2.33 c	F2	83.00 a	5.33 a	11.67 c
F1	88.67 a	1.33 a	10.00 b	F1	60.33 b	1.00 b	38.67 b
F0	77.00 b	0.67 a	22.33 a	F0	48.00 c	1.00 b	51.00 a
EE	2.11	1.56	1.11	EE	2.12	0.81	1.75
p-valor	0.0025	0.2217	<0.0001	p-valor	0.0001	0.0184	<0.0001
Frecuencia de corte 45 Días							
Época de lluvia				Época de sequia			
Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Malezas	Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Maleza
F3	93.33 a	3.00 a	3.67 a	F3	76.67 b	7.00 a	16.33 a
F2	99.00 a	1.00 a	0.00 b	F2	91.33 a	2.33 a	6.33 b
F1	92.33 a	3.67 a	4.00 a	F1	86.67 ab	10.00 a	3.33 b
F0	89.67 a	4.67 a	5.67 a	F0	73.33 b	9.67 a	17.00 a
EE	2.57	2.23	0.48	EE	2.87	2.09	1.57
p-valor	0.173	0.7055	0.0009	p-valor	0.0136	0.1262	0.0017
Frecuencia de corte 60 Días							
Época de lluvia				Época de sequia			
Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Malezas	Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Maleza
F3	86.33 bc	2.33 b	11.33 a	F3	91.33 ab	5.33 a	3.33 bc
F2	89.00 b	2.33 b	8.67 a	F2	98.67 a	0.67 a	0.67 c
F1	98.33 a	1.67 b	0.00 b	F1	87.67 b	8.67 a	3.67 b
F0	80.00 c	12.00 a	8.00 a	F0	88.00 b	3.00 a	9.00 a
EE	1.67	1.36	0.78	EE	2.07	1.72	0.57
p-valor	0.0014	0.0047	0.0002	p-valor	0.0296	0.0723	0.0003
Frecuencia de corte 75 Días							
Época de lluvia				Época de sequia			
Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Malezas	Niveles de fertilización	Raigrás	Trébol	Maleza
F3	78.00 ab	22.00 a	0.00 c	F3	92.00 a	2.00 a	6.00 a
F2	77.67 ab	10.00 bc	12.33 a	F2	96.33 a	0.67 a	3.00 bc
F1	89.00 a	5.00 c	6.00 b	F1	95.67 a	3.00 a	0.67 c
F0	70.67 b	18.00 ab	11.33 a	F0	92.33 a	2.67 a	5.00 ab
EE	2.65	2.32	0.61	EE	1.45 a	1.06	0.5
p-valor	0.0153	0.0075	<0.0001	p-valor	0.1691	0.4737	0.0012

*Las medias dentro de la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p<0,05$)

Los resultados muestran que, en todas las frecuencias de corte en época de lluvia y en época de estiaje, los tratamientos con fertilización (F1, F2 y F3) mejoraron notablemente la dominancia del raigrás y redujeron la presencia de malezas, en comparación con el tratamiento sin fertilización (F0). Esto demuestra que la fertilización contribuye a una mejor composición florística en la asociación raigrás–trébol blanco. Estos resultados concuerdan con Florián (2019), quien reportó incrementos de ryegrass con fertilización (60.89–66.4%) frente a tratamientos sin fertilizar (30–58.11%) y reducciones en malezas (9.79–8.53% frente a 23.8–10.5%). Asimismo, coinciden con Terroba (2020), quien señaló que niveles adecuados de fertilización (50–80–30 NPK) favorecen mayor presencia de gramíneas (hasta 87%) y reducen especies invasoras (hasta 1%). Por tanto, se confirma que la fertilización, mejora la dominancia del raigrás y el control de malezas, optimizando la calidad forrajera bajo condiciones agroecológicas similares.

Como se aprecia en la Tabla 18 y Tabla 19, la frecuencia de corte influye significativamente en el porcentaje de especies deseables, como el raigrás, frente a las especies no deseables. En los cortes realizados a los 30, 45 y 60 días se observó un mayor contenido de raigrás, lo que sugiere que su rápido crecimiento en las etapas iniciales le permite establecerse con mayor eficacia y competir exitosamente contra las malezas. Este comportamiento se atribuye a su alta eficiencia en el uso de nutrientes y luz durante el rebrote. Estos hallazgos concuerdan con lo señalado por Mamani (2013), quien indica que la edad de las plantas es un factor clave en la composición florística. En sus primeras etapas de desarrollo, el raigrás muestra un crecimiento acelerado y dominante frente a las especies no deseables, las cuales poseen un crecimiento más lento. Sin embargo, a medida que avanza la edad del rebrote,

disminuye la proporción de hojas activas en el raigrás y se incrementa la presencia de malezas, lo que puede reflejar una tendencia negativa en la calidad y composición de la pradera.

Asimismo, Harris y Clark (2021) señalan que la fertilización nitrogenada afecta negativamente el rendimiento y la persistencia del trébol blanco (*Trifolium repens*), ya que inhibe la fijación biológica de nitrógeno, reduce su competitividad y favorece el crecimiento de las gramíneas, disminuyendo así su proporción en la mezcla forrajera. Esta tendencia fue corroborada en el presente estudio, donde la presencia del trébol fue escasa. En concordancia con ello, Lima *et al* (2020) demostró incrementos en la cobertura foliar del trébol de 11 % a 25 % al aplicar 80 kg/ha de fósforo, y destacó que la fertilización fosforada, cuando se aplica de forma independiente, mejora la asociación de las leguminosas con el raigrás. Esto se debe a que el fósforo favorece la formación de nódulos más eficientes de las bacterias Rhizobium, lo que potencia la fijación de nitrógeno y contribuye a mantener la presencia y competitividad del trébol en las pasturas mixtas.

Por otro lado, cabe precisar que el presente estudio se realizó en una zona con pendiente de aproximadamente 45 grados, lo cual nos conlleva a indicar que se presentó una lixiviación de fertilizantes por la presencia de fuertes lluvias en la zona durante la realización del estudio, por ende, también asumimos la escasa presencia de trébol. En relación con ello, León *et al.* (2018) señalan que durante épocas de lluvias existe un alto riesgo de lixiviación de nutrientes, especialmente de nitrógeno, cloruros y sulfatos, lo que se agrava en suelos con pendiente. Por ello, no se recomienda fertilizar con lluvias intensas; en su lugar, se debe aplicar dosis moderadas para optimizar el uso de nutrientes y evitar pérdidas, especialmente en cultivos forrajeros.

5.3. Valor nutricional de las pasturas

5.3.1. Valor nutritivo de las pasturas a los 30 días de rebrote

La Tabla 20 muestra la calidad nutritiva del forraje a los 30 días de rebrote, evidenciándose que el mayor contenido de humedad y el ligero incremento en el nivel de cenizas (9,6 %) reflejan que el forraje se encontraba en una etapa temprana de desarrollo. Mejía (2002) señala que en las etapas iniciales de crecimiento las pasturas presentan altos niveles de agua y minerales debido a su intensa actividad fisiológica y eficiente absorción de nutrientes, lo que explica el incremento en el contenido de cenizas

En cuanto a la proteína cruda, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, con valores comprendidos entre 14,08 % y 15,22 %. Este comportamiento se relaciona principalmente con la edad del rebrote más que con el efecto de la fertilización, ya que a los 30 días el contenido proteico suele ser elevado por la presencia de tejidos jóvenes con alta actividad metabólica. En esta línea, Bell et al. (2020) afirman que durante el crecimiento vegetativo las gramíneas presentan altos niveles de proteína y buena digestibilidad, debido a que los tejidos en formación requieren un mayor aporte nitrogenado. Asimismo, Montesdeoca (1993) señala que, en etapas tempranas el contenido proteico varía entre 14 % y 17 %, rango en el que se sitúan los valores obtenidos, considerados adecuados para la salud animal y la producción láctea.

Respecto a la fracción fibrosa, la fibra detergente neutro (FDN) presentó valores bajos y estables, entre 56,02 % y 59,69 %, y la fibra detergente ácido (FDA) se mantuvo en niveles reducidos (29,21 % – 36,29 %), reflejando un bajo grado de lignificación y una elevada digestibilidad, condiciones que favorecen el consumo voluntario y el aporte energético del forraje, debido a la predominancia de componentes celulares fácilmente degradables en esta etapa. En concordancia, León (2018) reporta que alrededor de los 30 días al inicio de la floración, la FDN se sitúa entre 52,2 % y 56 %, y la FDA alcanza hasta 34,6 %, condiciones

que favorecen la digestibilidad y el aporte energético, tal como se observa en los resultados del presente estudio.

En cuanto a la digestibilidad in vitro (DIV), los valores obtenidos oscilaron entre 66,47 % y 78,18 %, lo que evidencia que el forraje presenta una alta capacidad de aprovechamiento por parte del animal. Portillo (2021) reportó un valor de digestibilidad similar de 73,87 % a los 28 días de crecimiento, en tanto, Van Soest (1994) señala que porcentajes de digestibilidad superiores al 70 % son característicos de pasturas jóvenes y de alta calidad, ya que favorecen el consumo voluntario y mejoran la eficiencia en la conversión alimenticia. Estos resultados coinciden con lo observado en la presente investigación, demostrando que en esta etapa la pastura alcanza su óptimo valor nutritivo, estableciendo un equilibrio adecuado entre el contenido mineral, la fracción fibrosa y la digestibilidad, factores clave para optimizar la eficiencia productiva en los sistemas ganaderos.

Si bien es cierto, no se observa diferencia marcada en la concentración de nutrientes en porcentaje de PC, al llevarlo a rendimiento en kg de PC/ha, se observa que las sub parcelas fertilizadas en la frecuencia de corte (30 días), es superior a la no fertilizada.

Tabla 20. calidad nutritiva de las pasturas a los 30 días

Evaluación a los 30 días							
TRAT/COMP	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIV (%)	Kg PC/ha
T0	6.46	8.46	15.22	57.93	29.21	76.35	133.32
T1	4.45	9.6	14.9	57.11	31.48	74.71	201.19
T2	5.54	9.26	14.08	59.69	30.54	66.47	197.68
T3	3.61	9.4	14.78	56.02	36.29	78.18	199.85

5.3.2. Valor nutritivo de las pasturas a los 45 días de rebrote

La Tabla 21 presenta la composición química de la asociación forrajera raigrás-trébol blanco a los 45 días de rebrote, evidenciándose cambios significativos en sus propiedades

nutritivas en comparación con etapas más tempranas. Estos resultados reflejan el efecto del avance fenológico sobre la calidad del forraje.

En primer lugar, el contenido de humedad disminuyó notablemente, con valores entre 3,53 % y 4,90 %, debido a la menor proporción de tejidos jóvenes y al incremento de la lignificación, lo que reduce la retención hídrica y eleva la materia seca.

El contenido de cenizas se mantuvo relativamente estable, con valores entre 9,50 % y 10,64 %, mostrando una ligera tendencia al aumento respecto a los 30 días, atribuida al efecto de la fertilización, que favorece la absorción y acumulación de minerales en tejidos maduros. Resultados similares fueron reportados por Alarcón et al. (2018), quienes registraron un incremento de 9,42 % a 10,52 % entre los 35 y 49 días bajo la aplicación de nitrógeno y fósforo, el cual estimula la absorción mineral y sostener la actividad metabólica de la planta.

La proteína cruda mostró una disminución general en comparación con etapas tempranas, aunque el tratamiento F3 alcanzó 14,54 % aún considerado adecuado, probablemente debido al efecto de la fertilización. Este resultado es respaldado por Van Soest (1994) quien indica que la fertilización nitrogenada puede contrarrestar esta tendencia al estimular la síntesis proteica y mantener niveles adecuados en etapas avanzadas.

En esta etapa, la fracción fibrosa presentó un incremento con valores de FDN entre 60,81 % y 64,25 % y de FDA entre 33,43 % y 36,25 %, reflejando un mayor grado de lignificación. En consecuencia, la digestibilidad in vitro se redujo a rangos de 66,19 % – 69,00 %, lo que evidencia una menor disponibilidad de carbohidratos fermentables y una posible reducción en el consumo voluntario. Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Alarcón et al. (2018), quienes registraron valores similares a los 49 días de rebrote (FDN: 53,85 %; FDA: 26,61 %) y atribuyeron este comportamiento al proceso de maduración, el cual incrementa la fracción de fibra difícilmente digerible. En la misma línea, Gualavisi (2014) señala que el avance fenológico reduce la digestibilidad por el aumento de la relación tallo/hoja

y la acumulación de compuestos estructurales lo que repercute negativamente en la calidad nutricional.

Los resultados obtenidos a los 45 días indican un forraje con mayor proporción de componentes estructurales y fibrosos, lo que se traduce en una menor digestibilidad y en una reducción del contenido proteico en comparación con etapas más tempranas de desarrollo.

Si bien es cierto, no se observa diferencia marcada en la concentración de nutrientes en porcentaje de PC, al llevarlo a rendimiento en kg de PC/ha, se observa que las sub parcelas fertilizadas en la frecuencia de corte (45 días), es superior a la no fertilizada.

Tabla 21. calidad nutritiva de las pasturas a los 45 días

Evaluación a los 45 días							
TRAT/COMP	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIV (%)	Kg PC/ha
T0	4.27	9.5	13.56	61.19	33.45	66.19	155.12
T1	4.9	10.33	13.65	60.9	33.43	67.17	261.20
T2	4.13	9.95	12.6	64.25	36.25	69	266.61
T3	3.53	10.64	14.54	60.81	34.15	68.53	233.90

5.3.3. *Valor nutritivo de las pasturas a los 60 días de rebrote*

A los 60 días de rebrote, el contenido de humedad presentó una disminución continua, con valores entre 3,09 % y 4,14 %, reflejando el avance del estado fenológico del forraje y el aumento de tejidos lignificados, lo que reduce la capacidad de retención de agua y eleva la materia seca.

El contenido de cenizas se mantuvo relativamente constante (9,3 % – 10,05 %), con una ligera tendencia a la disminución respecto a los 30 días, atribuida a la maduración del rebrote y a la menor acumulación de minerales en tejidos envejecidos. Dichos valores difieren de los reportados por Estela (2025) (5,22 % – 4,23 %) y Cotrina (2019) (6,96 %) en la misma etapa, lo que evidencia el efecto positivo de la fertilización en la absorción sostenida de nutrientes y el mantenimiento de la fracción mineral. En este sentido, Cabezas (2018) sostiene

que las pasturas fertilizadas mantienen niveles estables de cenizas y proteína durante el ciclo fenológico gracias a la disponibilidad continua de nutrientes.

La proteína cruda mostró una tendencia decreciente, alcanzando sus valores más bajos en F1 (11,71 %) y F0 (11,91 %), producto de la reducción de tejidos meristemáticos y el aumento de componentes estructurales. Sin embargo, los tratamientos fertilizados F2 (13,41 %) y F3 (14,0 %) evidenciaron un efecto positivo sobre la síntesis proteica. Resultados similares fueron reportados por Vallejos et al. (2020) (11,24 % – 13,35 %) y Parish (2018) (~11 % a los 59 días), quienes destacan la disminución del valor nutritivo en esta etapa, limitando su uso para maximizar la producción láctea.

La fracción fibrosa mostró un incremento progresivo, con valores de FDN entre 62,62 % y 65,89 % y de FDA entre 34,47 % y 39,95 %, evidenciando un mayor grado de lignificación y una reducción en la calidad nutritiva del forraje. A pesar de ello, la DIV se mantuvo en un rango moderado (64,74 % – 72,2 %), lo que sugiere que la digestibilidad, aunque reducida, sigue siendo aceptable. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Acosta et al. (2018), quienes observaron un aumento significativo en la fracción fibrosa desde la etapa vegetativa (50,4 %) hasta la floración (69,8 %), y por Estela (2025), quien reportó valores similares de FDN (61,24 % – 64,22 %) y FDA (30,82 % – 33,67 %) a los 60 días.

Estos resultados confirman que, a medida que el forraje avanza en su desarrollo, disminuye su calidad nutritiva debido al aumento de componentes estructurales de difícil degradación, lo que impacta negativamente en la digestibilidad y en la eficiencia de aprovechamiento animal.

Si bien es cierto, no se observa diferencia marcada en la concentración de nutrientes en porcentaje de PC, al llevarlo a rendimiento en kg de PC/ha, se observa que las sub parcelas fertilizadas en la frecuencia de corte (60 días), es superior a la no fertilizada.

Tabla 22. calidad nutritiva de las pasturas a los 60 días

Evaluación a los 60 días							
TRAT/COMP	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIV (%)	Kg PC/ha
T0	3.92	9.3	11.91	62.83	36.56	64.74	220.09
T1	4.14	9.47	11.71	62.62	34.47	66.2	400.01
T2	3.43	9.9	14	65.89	38.87	72.15	691.78
T3	3.09	10.05	13.41	65.07	39.95	72.2	356.54

5.3.4. Valor nutritivo de las pasturas a los 75 días de rebrote

A los 75 días de rebrote, el contenido de humedad se mantuvo bajo (3,96 %–5,45 %), reflejando la madurez del forraje y el predominio de tejidos lignificados con mayor materia seca. El nivel de cenizas (7,99 %–9,14 %) mostró una ligera disminución atribuida a la dilución mineral por el aumento de biomasa estructural. La proteína cruda se mantuvo estable, destacando el tratamiento T2 con 13,09 %, lo que evidencia el efecto positivo de la fertilización en la síntesis proteica incluso en etapas avanzadas.

La fracción fibrosa presentó valores elevados de FDN (58,98 %–64,06 %) y FDA (34,14 %–37,47 %), reflejando un mayor grado de lignificación y menor valor nutritivo. Sin embargo, la DIV (69,86 %–73,16 %) indicó que el forraje conserva una aceptable disponibilidad energética.

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Díaz (2025), quien a los 75 días observó una disminución en el contenido de cenizas (5,34 %), niveles de PC entre 11,39 % y 12,93 %, y un incremento en la fracción fibrosa (FDN: 64,67 %; FDA: 45,9 %), factores que redujeron la palatabilidad y la digestibilidad del forraje. De igual manera, Hermitaño et al. (2022) registraron valores de cenizas entre 6,83 % y 8,99 % y niveles de DIV entre 72,1 % y 73,9 %, resultados similares a los obtenidos en el presente estudio.

La estabilidad del contenido proteico a los 75 días se debe al efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada, que mantiene un suministro constante de nutrientes y estimula la

síntesis proteica, así como a la fijación biológica de nitrógeno por parte de las leguminosas. Esto garantiza la disponibilidad del elemento y evita descensos significativos, incluso en etapas avanzadas del rebrote, aunque el aumento de la fracción fibrosa reduzca la degradabilidad del forraje (Pezo y García, 2018).

Si bien es cierto, no se observa diferencia marcada en la concentración de nutrientes en porcentaje de PC, al llevarlo a rendimiento en kg de PC/ha, se observa que las sub parcelas fertilizadas en la frecuencia de corte (75 días), es superior a la no fertilizada.

Tabla 23. calidad nutritiva de las pasturas a los 75 días

Evaluación a los 75 días							
TRAT/COMP	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIV (%)	Kg PC/ha
T0	3.96	7.99	11.72	58.98	34.83	73.16	295.79
T1	4.15	9.14	12.92	64.06	34.14	70.06	456.43
T2	4.31	8.23	12.76	61.76	34.71	70.09	460.80
T3	5.45	8.44	13.09	63.71	37.47	69.86	373.02

5.4. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo en respuesta a la fertilización

5.4.1. pH del suelo

El pH del suelo fue de 6.5, según el análisis realizado previamente a su instalación. A los 75 días, los tratamientos fertilizados mostraron una acidificación notable, especialmente F2 (5.18) y F3 (5.60), mientras que el testigo (F0) se mantuvo estable (6.51). Al finalizar (150 días), F0 conservó su pH (6.50), F1 descendió a 6.24, F2 mostró una recuperación parcial (6.70) lo cual sugiere la acción de mecanismos de amortiguamiento del suelo que contrarrestaron en parte la acidez generada previamente y F3 permaneció ácido (5.98). En general, la fertilización química redujo el pH del suelo, con mayor efecto a dosis media y alta.

5.4.2. Materia Orgánica

Al inicio del experimento, el contenido de materia orgánica fue de 4.32 %, según el análisis realizado previamente a la instalación del experimento. A los 75 días, F1 aumentó (4.63 %), mientras que F2 (3.79 %) y F3 (2.66 %) disminuyeron. Al final (150 días), el testigo (F0) se mantuvo estable (4.30 %), F1 no varió, F2 aumentó (4.74 %) y F3 alcanzó el valor más alto (5.64 %). La fertilización química, especialmente a dosis alta, mejoró significativamente la materia orgánica al finalizar el experimento.

5.4.3. Nitrógeno

El contenido de nitrógeno en el suelo fue de 0.216 %, según el análisis realizado antes de la instalación del experimento. A los 75 días, el testigo (F0) se mantuvo estable (0.217 %), F1 (dosis baja) mostró un ligero aumento (0.231 %), mientras que F2 (0.190 %) y F3 (0.133 %) disminuyeron, posiblemente por absorción rápida o pérdidas por lixiviación. Al día 150, F0 permaneció sin cambios (0.215 %), F1 y F2 incrementaron su contenido (0.232 % y 0.237 %, respectivamente), y F3 alcanzó el valor más alto (0.282 %), lo que sugiere una acumulación final de nitrógeno en el suelo por efecto de la fertilización alta y el retorno de residuos orgánicos.

5.4.4. Fósforo

El contenido de fósforo en el suelo fue de 17.34 ppm, según el análisis realizado antes de la instalación del experimento. A los 75 días, el fósforo disminuyó en los fertilizados (F1: 16.31; F2: 13.05; F3: 11.96 ppm) y se mantuvo estable en el testigo (17.36 ppm). Al día 150, F0 permaneció sin cambios (17.35 ppm), F1 recuperó su nivel inicial (17.28 ppm), y tanto F2 (18.30 ppm) como F3 (17.90 ppm) superaron sus valores iniciales, evidenciando una mayor disponibilidad final del fósforo en suelos fertilizados.

5.4.5. Potasio

El contenido de potasio en el suelo fue de 102.94 ppm, según el análisis realizado previo a la instalación del experimento. A los 75 días, F1 (87.15 ppm) y F2 (86.39 ppm) disminuyeron por absorción del cultivo, mientras F3 aumentó (111.07 ppm) por efecto de la dosis alta. Al día 150, F0 se mantuvo (102.97 ppm), y todos los fertilizados incrementaron su potasio: F1 (117.26 ppm), F2 (109.02 ppm) y F3 (123.60 ppm), destacando la acumulación del nutriente en el suelo con mayor dosis.

Tabla 24. Estado de las propiedades químicas del suelo a los 75 días de fertilización

BLOQUES	EVALUACIÓN A LOS 75 DÍAS DE FERTILIZACIÓN					
	Clase textural	pH (1:1)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (N) %	Fosforo (P) ppm	Potasio (K) ppm
F0	Arena Franca	6.51	4.34	0.217	17.36	102.90
F1	Arena Franca	6.00	4.63	0.231	16.31	87.15
F2	Arena Franca	5.18	3.79	0.190	13.05	86.39
F3	Arena Franca	5.60	2.66	0.133	11.96	111.07

Tabla 25. Estado de las propiedades químicas del suelo a los 150 días de fertilización

BLOQUES	EVALUACIÓN A LOS 150 DÍAS DE FERTILIZACIÓN					
	Clase textural	pH (1:1)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (N) %	Fosforo (P) ppm	Potasio (K) ppm
F0	Arena Franca	6.5	4.30	0.215	17.34	102.97
F1	Arena Franca	6.24	4.630	0.232	17.28	117.26
F2	Arena Franca	6.70	4.740	0.237	18.30	109.02
F3	Arena Franca	5.98	5.640	0.282	17.90	123.60

Los resultados evidenciados en la tabla 17 y 18, muestra que, a los 75 días, la fertilización química generó un impacto inmediato sobre las propiedades del suelo, destacando la acidificación del pH y la reducción de algunos nutrientes por absorción o lixiviación. No obstante, al cabo de 150 días, se observó una recuperación general atribuida al poder de amortiguamiento del suelo, evidenciada en la estabilización del pH, el aumento de materia orgánica y la mayor disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, especialmente en

tratamientos con dosis media y alta. Los resultados obtenidos coinciden con los de Vásquez (2024), quien observó que la fertilización química genera inicialmente efectos positivos en nutrientes como nitrógeno, fósforo y materia orgánica, pero también provoca acidificación y reducción de bases cambiables. Sin embargo, a partir de los 120 días, el suelo tiende a recuperar sus condiciones iniciales gracias a su poder de amortiguamiento, tal como ocurrió en el presente estudio a los 150 días. Esta recuperación también es respaldada por Bennardi et al. (2018) quienes explican que la acidez generada por fertilizantes se reduce con el tiempo gracias al poder de amortiguamiento del suelo, que neutraliza los iones H^+ . Además, la mineralización de la materia orgánica y la liberación de cationes básicos ayudan a restaurar la capacidad de intercambio catiónico y mejorar la fertilidad.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

- La fertilización media (F2) y la frecuencia de corte a los 60 y 75 días favorecieron el mayor rendimiento de materia seca, alcanzando 4941.33 kg MS/ha y 2978.47 kg MS/ha, respectivamente, frente al testigo con 1848.00 y 1332.00 kg MS/ha. Asimismo, F2 registró las mayores tasas de crecimiento con 82.35 y 42.44 kg MS/día, superando al testigo que obtuvo 33.65 y 17.76 kg MS/día. En altura de planta, F3 (57.67 cm) y F1 (57.33 cm) destacaron sobre el testigo (51.33 cm), evidenciando el efecto positivo de la fertilización sobre el crecimiento forrajero.
- La fertilización mejoró significativamente la composición florística del raigrás-trébol blanco. Los tratamientos fertilizados, especialmente F1 y F2, aumentaron la dominancia del raigrás (hasta 98.67%) y redujeron notablemente la presencia de malezas (hasta 0.00%), en comparación con el testigo, que mostró menores proporciones de raigrás (hasta 48.00%) y mayor incidencia de malezas (hasta 51.00%).
- El valor nutritivo de las pasturas mostró una marcada influencia del estado fenológico, alcanzando su máximo potencial en etapas tempranas de rebrote, cuando predominan tejidos jóvenes con alta actividad metabólica, bajo contenido estructural y elevada digestibilidad. Con la maduración, la lignificación reduce su calidad energética y proteica. Sin embargo, la fertilización y la asociación con leguminosas contribuyen a mantener ayudan a conservar un buen aporte nutricional en los sistemas de producción ganadera.

- La fertilización química provocó inicialmente una acidificación del suelo y reducción de nutrientes a los 75 días. No obstante, a los 150 días, se evidenció el poder de amortiguamiento del suelo, reflejado en la estabilización del pH y el aumento de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, especialmente en los tratamientos con dosis media y alta.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

7.1. Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación de un nivel de fertilización media en la asociación raigrás – trébol blanco, particularmente en suelos de textura franco arenosa característicos del caserío Cushuro, ya que este manejo mostró los mejores resultados en la presente investigación. Esta estrategia permite optimizar la producción de forraje, mejorando el rendimiento de materia seca, la altura de planta, la tasa de crecimiento y composición florística del cultivo, lo que la convierte en una práctica eficaz para sistemas ganaderos en zonas con condiciones edafoclimáticas similares.
- Se recomienda planificar el manejo de las pasturas realizando el pastoreo o corte en etapas tempranas de rebrote, cuando el forraje presenta su mayor valor nutritivo y digestibilidad. Asimismo, es conveniente aplicar prácticas de fertilización adecuadas y fomentar la asociación con leguminosas para prolongar la calidad nutricional del pasto, garantizando así un suministro eficiente de nutrientes y una mayor productividad en los sistemas ganaderos.
- Asimismo, se sugiere realizar la fertilización de manera técnica y responsable, considerando las necesidades nutricionales específicas del cultivo de pasturas y las deficiencias identificadas en el análisis del suelo. La investigación demostró que el exceso de fertilizantes (Fertilización alta) no garantiza mayores rendimientos y puede generar efectos negativos sobre el desarrollo de las pasturas. Por ello, se debe priorizar una fertilización balanceada como alternativa sostenible, que contribuya a una producción eficiente y respetuosa con el ambiente, especialmente en contextos similares al del caserío Cushuro, distrito de Calquis.

CAPÍTULO VIII

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, O., Ferreira, O., Silva, J., Fluck, A., Kroning, A., Olivera, L., Brondani, W. (2018).

Rendimiento, composición estructural y características nutritivas de cultivares de ryegrass utilizados para la henifquería en suelos de tierras bajas. Universidade Federal

de Pelota, 34(5), 1232-1238. Obtenido de:

<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/39405/24211>

Alarcón, A., Moreno, Y., Mancipe, E., Avellaneda, Y., Vargas, J., Vargas, M. (2018). Efecto de

la fertilización nitrogenada y fosfatada en raigrases perennes y tréboles rojos. Grupo de

Investigación en Microbiología y Nutrición Animal del Trópico, Red de Ganadería y

Especies Menores. Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 30(3):841-854

Alvarado, S.; Chico, J.; Espinosa, J.; Rivera, M.; Córdova, J. (2024). El encalado y su relación

con la fertilidad de suelos ácidos ecuatorianos. Siembra, Vol. 11, núm. 3. Obtenido de:

<https://doaj.org/article/b6229b99d3d1447fab5ef0a9f91610f1>

Avellaneda, V. (2007). Evaluación agronómica del rhizobium con inoculación y fertilización

nitrogenada en una pastura de trebol blanco (*Trifolium repens*) y Ryegrass perenne

(*Lolium perenne*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Quito-Ecuador. 1–

104.

Bazán, A. J. (2013). Producción de leche bajo un sistema de pastoreo intensivo de una

asociación de Rye Grass- Trebol, en vacas Holstein. INIA. Obtenido de:

https://www.engormix.com/lecheria/sistema-lechero-pastoril/produccion-leche-bajo-sistema_a29897/

Bell, MJ, J. Huggett, Z., Slinger, KR y Roos, F. (2020). Efecto de la cobertura y la altura de los pastos en las concentraciones de nutrientes en diversas praderas en el Reino Unido. Ciencia de los pastizales. doi:10.1111/grs.12306.

Bennardi, O., Días, A., Guillermo, J., Pellegrini, A., & Vásquez, M. (2018). Evaluación de la capacidad buffer de suelos ácidos de la Región Pampeana. Revista Asociación Argentina Ciencias del Suelo, 36(1), 30-38. Obtenido de:
<https://ojs.suelos.org.ar/index.php/cds/article/view/325/181>

Cabezas, M. V. (2018). La fertilización orgánico-mineral una alternativa en la producción forrajera. Revista Caribeña de Ciencias, 15(2), 16-18.

Carrasco, W. (2019). Determinación del estado actual de la composición florística del piso forrajero en la campiña de Cajamarca. Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de:
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3270>

Castillo H, (2015). Cultive pasto rye grass para la alimentación del ganado en la época invernal en el norte y centro de tamaulipas. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Río Bravo. No. 15.

Cotrina, Y. (2019). Análisis de la investigación en pastos y forrajes en la región Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca-Perú. 8–182.

Cuesta, M. P. (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad la ganadería del trópico Colombiano. Revista Corporación Colombiana de Investigación, 6(2), 5-13. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945019001.pdf>

Chapman, DF; Parsons, AJ; Schwinnig, S. (1995). Manejo del trébol en pasturas de pastoreo: expectativas, limitaciones y oportunidades. Nzga Res. Pract. Ser. 1995, 6, 55–64.

Claffey, A., Delaby, L., Lewis, E., Boland, T. M. and Kennedy, E. (2019). Pasture allowance, duration, and stage of lactation-Effects on early and total lactation animal performance. J. Dairy Sci. 102:8986–8998. Obtenido de: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15784>.

Demanet, F. R. (2012). Pastizales en el Sur de Chile. Chile: Universidad de La Frontera. Obtenido de https://praderasypasturas.com/rolando/04.-Publicaciones/01.-Publicaciones_Docentes/2012_Pastizales_en_el_Sur_de_Chile.pdf

Díaz, R. A. (2025). Efecto de la fertilización sobre el comportamiento productivo y valor nutricional de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino (*Lolium multiflorum* L.) y trébol blanco (*Trifolium Repens*) durante la época de lluvia en San Miguel, Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/8498/Tesis%20Ana%20Diaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Egan, M.; Galvin, N.; and Hennessy, D. (2018). Incorporating white clover (*Trifolium repens* L.) into perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) swards receiving varying levels of nitrogen fertilizer: Effects on milk and herbage production. J. Dairy Sci. 101:1–16. Obtenido de: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13233>

ENDES (2022). Perú: Encuesta demográfica y de salud familiar - ENDES 2021 Nacional y Departamental. Consultado: 06-12-22. Obtenido de: (<https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/2982736-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-endes-2021>).

Escobar, L., Mejía, F., Vásquez, H., Bernal, W., Álvarez, W. (2020). Composición botánica y evaluación nutricional de pasturas en diferentes sistemas silvopastoriles en Molinopampa, Región Amazonas, Perú. www.lrrd.org/lrrd32/6/luises32096.html

Estela, C. D. (2025). Efecto de diferentes niveles de fertilización sobre el comportamiento productivo y el valor nutritivo de la asociación *Lolium multiflorum* l. y *Trifolium repens* l. durante la época de estiaje en San Miguel -Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de:
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/8512/Tesis%20Roger%20Estela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Florián R. (2019). Efecto de la fertilización, resiembra y frecuencia de pastoreo sobre el rendimiento, composición florística y química de la asociación rye grass – trébol blanco, en dos pisos altitudinales de Cajamarca. unidad de posgrado de la facultad de ingeniería en ciencias pecuarias. universidad nacional de Cajamarca escuela de posgrado. Cajamarca-Perú.

García, F. (2006). El rol del fósforo en la producción de pasturas de la región pampeana. INPOFOS. Cono Sur. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado el 09/06/08

Garduño, V. S. (2009). Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. Revista Técnica Pecuaria en México, 47(2), 189-202. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/613/61312116007.pdf>

Gualavisi, Q. A. (2013). Determinación del valor nutritivo del raigas perenne (*loliun perenne*) destinado a la alimentación del ganado vacuno mediante la correlación entre grados brix y digestibilidad Cayambe - Ecuador 2013. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6235/1/UPS-%20YT00271.pdf>

Harris & Clark (2021). Effect of high rates of nitrogen fertiliser on white clover growth, morphology, and nitrogen fixation activity in grazed dairy pasture in northern New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1996, Vol. 39: 149-158 0028-8233/96/3901-0149.

Güere, F. (2010). Efecto de la fertilización orgánica en el establecimiento del pasto brachiaria brizantha (richard) stapf cv Marandú en SUPTE San Jorge. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María -Perú. 1–88.

Hermitaño, O. F., Bernal, M. A., Tantahuillca, L. C., Trillo, Z. F., Calderón, M. M., Quiroga, E. P., . . . Rodríguez, V. R. (2022). Dinámica de crecimiento y valor nutricional del Pennisetum spp (cv. Maralfalfa) en tres edades de corte y dos épocas en el trópico peruano. Revista de Investigación Veterinaria Perú, 34(4), 23 - 33. Obtenido de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v33n4/1609-9117-rivep-33-04-e23337.pdf>

Hofer, D.; Suter, M.; Haughey, E.; Finn, J. A.; Hoekstra, N. J.; Nina Buchmann, N.; Lüscher, A. (2016). Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. Journal of Applied Ecology 2016. doi: 10.1111/1365-2664.12694.

Huamán, E. (2022). Respuesta de las pasturas rye grass y trébol rojo con uso del fertilizante orgánico y químico en el valle de Cajamarca. universidad nacional de Cajamarca. Cajamarca-Perú. 1-65

INEI (2022). Pobreza afectó al 25.9% de la población del país en el año 2021. Nota de prensa. Consultado:06-12-22. Obtenido de: (<https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/605097-pobreza-afecto-al-25-9-de-la-poblacion-del-pais-en-el-ano-2021>).

Kochian, LV, Hoekenga, OA y Piñeros, MA (2004). ¿How do crop plants tolerate acid soils? mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. Annual Review of Plant Biology, 55(1), 459–493. doi:10.1146/annurev.arplant.55.031903.141655.

León, R., Bonifaz, N., & Gutierrez, F. (2018). Rastos y Forrajes del Ecuador (1ra ed. ed.).

Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>

Lima, N., Aguirre, L., & Flores, E. (2020). Estrategias para mejorar los pastizales altoandinos: el rol del trébol y la fertilización con fósforo. Rev. investig. vet. Perú vol.31 no.2.

<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17840.1-11>

Lowry, CJ, Bosworth, SC, Goslee, SC, Kersbergen, RJ, Pollnac, FW, Skinner, RH, Warren, ND, Smith, RG. (2020). Effects of expanding functional trait diversity on productivity and stability in cultivar mixtures of perennial ryegrass. Agriculture, Ecosystems and Environment 287 (2020) 1066. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106691>.

Llanos, V. K. (2024). Eficiencia de tres fuentes nitrogenadas en el rendimiento de raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco en el Caserío Alto Palmito - Provincia de San Miguel-Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional Cajamarca. Obtenido de
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7840>

Mamani, M. G., García, N. A., & Durand, G. F. (2013). Manejo y utilización de praderas naturales en la zona altoandina. Lima: INIA. Obtenido de:
<https://repositorio.inia.gob.pe/items/89b1fc10-b46d-41e8-9a96-d4e587d0620c>

Mejía, H. J. (2002). Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. Revista Acta Universitaria, 12(3), 56-63. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/416/41612204.pdf>

MIDAGRI (2021). Anuario estadístico – Producción ganadera y avícola año 2021. Consultado:

16-06-23. Obtenido de:

Obtenido

de:

(file:///C:/Users/DELL/Downloads/pecuaria_2021%20(3).pdf).

MIDAGRI (2022). Anuario estadístico - Producción ganadera y avícola 2021. Año: N° 6.

(file:///C:/Users/DELL/Downloads/pecuaria_2021%20(3).pdf).

Moreno, J. (2001). Efecto de la fertilización fosforada en la tasa de crecimiento y producción de forraje de la asociación Ryegrass-Trébol en la zona alto andina. Tesis para optar el grado de Magíster Science en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 81.

Montesdeoca, F. (1993). Sobresiembra de leguminosas forrajeras en pastizales de Saboya. Repositorio PROFOGAN - INIAP - PROTECA, 95.

Moscoso, C. (2016). Determinación de la respuesta forrajera al uso de dos fuentes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Gallinaza y un Fertilizante Completo) en potreros establecidos de Kikuyo, mejorados con Rye grass y Trébol blanco. Universidad de Cuenca.

Navarro, Z. L., & Villalobos, V. L. (2021). Composición Morfológica del Ryegrass anual (*Lolium multiflorum*) cv. jumbo en respuesta a tres fórmulas nitrogenadas. Revista Nutrición Animal Tropical, 15(2), 99-122. Obtenido de: <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/48409/48136>

Ocas, R. Y. (2024). Efecto del abonamiento fosforado en el rendimiento de la asociación rye grass – trébol en el Caserío Alto Palmito, San Miguel – Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional Cajamarca. Obtenido de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7550>

Orellana, J., Aguirre, L., & Flores, E. (2023). Efecto de la fertilización fosfatada y densidad de siembra de trébol blanco en la relación gramínea-leguminosa en un pajonal de puna húmeda. Rev Inv Vet Perú, 22(2). Obtenido de:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v22n2/1993-9507-ecol-22-02-105.pdf>

Pahuara, Y. (2004). Efecto del fósforo sobre la población microbiana con énfasis en Rhizobium en suelos con pasturas en zona alto andina del Perú. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 101

Parish, J. (2018). Comparison of Virginia wildrye, annual ryegrass, and wheat for weaned beef steers grazing and confinement feeding. American Registry of Professional Animal Scientists, 34(1), 356–363. Obtenido de <https://pdf.sciedirectassets.com/313841/1-s2.0-S1080744618X00059/1-s2.0-S1080744618301128/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFMaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIH5FVV4uk5DsIPpO2kcZ9KK%2Fxz2i%2FlxxENxPOZk9EJrPAiAXdAI33fJFZdaY02xM%2B8hcDIjcvf6sH3sJ7UF0q5>

Portillo, L. P., Meneses, B. D., Lagos, B. E., Duter, N. M., & Castro, R. E. (2021). Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. Revista Chilena de Ciencias Agropecuarias, 32(2), 556-572. Obtenido de:

<https://www.redalyc.org/journal/437/43766744015/html/>

Rincón, C. Á. (2010). Crecimiento y desarrollo de los pastos. Obtenido de:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37631/Ver_Documento_37631.pdf?sequence=1

Quintero, C. Boschetti, N. (2005). Manejo del fósforo en pasturas. Obtenido de:
<http://www.fertilizar.org.ar/articulos/Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Pasturas.htm>. Consultado 09/06/08

Salamanca, S. R., & Baquero, P. E. (2000). Nutrición y fertilización con macro y micronutrientes. Programa Recursos Biofísico. Obtenido de:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1663/Ver_Documento_1663.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Silveira, M. L., & Khomann, M. M. (2020). Maintaining soil fertility and health for Sustainable pastures. Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures, 35–58. doi:10.1016/b978-0-12-814474-9.00003-7

Shetty, R., Vidya, C. S. N., Prakash, N. B., Lux, A., & Vaculík, M. (2020). Aluminum toxicity in plants and its possible mitigation in acid soils by biochar: A review. Science of The Total Environment, 142744. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142744.

Terrones, F. (2022). Evaluación del rendimiento productivo y valor proteico en siete gramíneas forrajeras. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca-Perú. 1–57.

Terroba, N., Flores, E., Cañazaca, E. (2024). Implicancias del manejo de una pastura cultivada en secano y la respuesta al abonamiento. Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research 26(1), 16-23

Terroba, Q. N. (2020). Efecto de la fertilización npk en la florística y rendimiento forrajero de dactylis (Dactylis glomerata) Y trebol rojo (Trifolium pratense) en Cerro de Pasco. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina. Obtenido de:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c1ed3edc-d177-4a2f-9139-0f43118a776d/content>

Vallejos, C. R. (2021). Producción de forraje y valor nutricional de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino -trébol blanco en Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional Cajamarca.

Obtenido de:

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/6125/Tesis%20Romy%20Vallejos.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Vallejos-Cacho, R., Vallejos-Fernández, L. A., Alvarez-García, W. Y., Tapia-Acosta, E. A., Saldanha-Odriozola, S., & Quilcate-Pairazaman, C. E. (2024). Sustainability of *Lolium multiflorum* L.‘cajamarquino ecotype’, associated with *Trifolium repens* L., at three cutting frequencies in the Northern Highlands of Peru. *Sustainability*, 16(16), 6927.

Vallejos, L.; Álvarez, W.; Paredes, M.; Pinares, C.; Bustíos, J.; Vásquez, H.; García, R. (2020). Comportamiento productivo y valor nutricional de 22 genotipos de raigrás (*Lolium spp.*) en tres pisos altoandinos del norte de Perú. *Scientia Agropecuaria* 11(4): 537– 545 (2020). Doi: 10.17268/sci.agropecu.2020.04.09

Vallejos, L. (2009). Efecto de la fertilización fosforada y frecuencia de pastoreo sobre el valor nutritivo de la dieta y comportamiento ingestivo de las vacas Holstein en pasturas de ryegrasss-trébol en Cajamarca. (Tesis de Doctorado inédita). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 117 p.

VanSoest, P. (2018). Ecología nutricional de los rumiantes. Revista Cornell University Press, 2(12), 490. Obtenido de Comstock-Bk-Peter-J-Van-Soest-Nutritional-Ecology-of-the-Ruminant-Cornell-University-Press-2018

Vargas, J., Alarcón, A., Benavidez, J., Avellaneda, Y., Mayorga, O., Ariza, C. (2017). Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, (29) 1. 1-15

Vásquez, C. D. (2024). Efecto de tres dosis de fertilización química sobre las propiedades químicas de un suelo ácido en San Miguel - Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de:
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7838>

Wen-rui Zhao, Jiu-yu Li, Jun Jiang, Hai-long Lu, Zhi-neng Hong, Wei Qian, Ren-kou Xu, Kai-Ying Deng, Peng Guan. (2020). The mechanisms underlying the reduction in aluminum toxicity and improvements in the yield of sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) After organic and inorganic amendment of an acidic ultisol. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 288 (2020) 106716. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106716>.

Xu, R., Zhao, A., Yuan, J. y Jiang, J. (2012). pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars. *Journal of Soils and Sediments*, 12(4), 494–502. doi:10.1007/s11368-012-0483-3
https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif_repe_p.htm#:~:text=familia%20Leguminosae%2C%20Trifolium%20repens%20L.:%20tr%C3%A9bol%20blanco&ext=Identificaci%C3%B3n:%20planta%20perenne%20de%2010,Tallos%20rastreros%20y%20enraizantes.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo antes de instalar el experimento.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										FECHA DE REPORTE:	17/05/2023
PROCEDENCIA:	CAJAMARCA										RECIBO N°:	
REFERENCIA:	CULTIVO:											

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

Nº	DATOS				ANALISIS FISICO					ANALISIS QUIMICO									CICe	Bases Cambiables					
					Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	CE	pH	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	Acidez Cambiable			
	Ao	Arc	Lo	dS/m	M.O.	total	1:1		1:1	%	%	%	ppm	ppm	Calceo		Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	%	%	%	
23	S24-1438	MI-CUSHUR O-CALQUI S	Cristhian Elvis Portal Mendo	Cesar Gil	62	15	23	Franco Arenoso	0.45	6.50	4.32	0.2162	2.5078	17.341	102.941	3.767	3.075	0.367	0.119	0.125	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFONSO YUMARANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Anexo 2. Análisis de suelo después de 75 días de instalar el experimento.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FECHA DE REPORTE:	13/04/2023
PROCEDENCIA:	CAJAMARCA	RECIBO N°:	
REFERENCIA:		CULTIVO:	

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

Nº	DATOS							ANALISIS FISICO			ANALISIS QUIMICO																		
								Arena	Arcilla	Limo	CE dS/m	pH	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio	
								Ao	Arc	Lo		dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	ppm		Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno		%	%	%	
	CODIGO DEL LABORATORIO	PREDIO	CASERIO	DISTRITO	PROVINCIA	TIPO DE MUESTRA	MUESTRADO R	%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	3.010	0.805	0.128	0.066	0.300	0.150	4.458	89.907	10.093	6.729	
23	S24-1438	CUSHURO	CUSHURO	CALQUIS	SAN MIGUEL	SUELO F 0	CRISTHIAN PORTAL	84	12	4	Arena Franca	0.20	7.01	5.46	0.273	3.170	19.569	94.578	3.771	3.330	0.253	0.102	0.086	0.000	0.000	—	100.000	0.000	0.000
24	S24-1439	CUSHURO	CUSHURO	CALQUIS	SAN MIGUEL		CRISTHIAN PORTAL	74	12	14	Arena Franca	0.22	6.24	4.63	0.231	2.685	16.308	87.149	3.977	3.140	0.647	0.115	0.075	0.000	0.000	—	100.000	0.000	0.000
25	S24-1440	CUSHURO	CUSHURO	CALQUIS	SAN MIGUEL		CRISTHIAN PORTAL	74	12	14	Arena Franca	0.26	5.18	3.79	0.190	2.201	13.047	86.390	—	3.010	0.805	0.128	0.066	0.300	0.150	4.458	89.907	10.093	6.729
26	S24-1441	CUSHURO	CUSHURO	CALQUIS	SAN MIGUEL		CRISTHIAN PORTAL	76	12	12	Arena Franca	0.30	5.60	2.66	0.133	1.541	11.959	111.071	4.245	3.150	0.736	0.225	0.135	0.000	0.000	—	100.000	0.000	0.000

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Anexo 3. Análisis de suelo después de 150 días de instalar el experimento.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FECHA DE REPORTE:	14/10/2024
PROCEDENCIA:	CAJAMARCA	RECIBO N°:	
REFERENCIA:		CULTIVO:	

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

Nº	DATOS				ANALISIS FISICO			ANALISIS QUIMICO																		
					CE	pH	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	ClCe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio				
	Arena	Arcilla	Limo	CE	pH	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio	Magnesio		Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno									
	Ao	Arc	Lo	dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio	Magnesio	Potasio		Aluminio	Hidrógeno												
	CODIGO DEL LABORATORIO	ETIQUETA	RESPONSABLE DE LA MUESTRA	PRODUCTOR	%	%	%	Clase Textural	1:1	1:1	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					%	%	%				
23	S24-1438	B2 F0	Cristhian Elvis Portal Mendo	Cesar Gil	62	15	23	Franco Arenoso	0.45	7.23	4.32	0.2162	2.5078	17.341	102.941	3.767	3.075	0.367	0.119	0.125	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	
24	S24-1439	B2 F1	Cristhian Elvis Portal Mendo	Cesar Gil	62	13	25	Franco Arenoso	0.42	6.00	4.63	0.2318	2.6870	10.275	117.256	2.988	2.081	0.405	0.296	0.205	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	
25	S24-1440	B2 F2	Cristhian Elvis Portal Mendo	Cesar Gil	58	13	29	Franco Arenoso	0.33	6.70	4.74	0.2370	2.7494	18.304	109.020	3.319	2.380	0.380	0.302	0.256	0.300	0.150	4.458	100.000	10.093	0.000
26	S24-1441	B2 F3	Cristhian Elvis Portal Mendo	Cesar Gil	64	11	25	Franco Arenoso	0.43	5.98	5.64	0.2818	3.2691	17.899	123.595	3.086	2.073	0.434	0.314	0.266	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Anexo 4. Resultados de valor nutritivo de la pastura emitido por el laboratorio de nutrición animal y bromatología de alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.



INFORME DE ANALISIS

Página 1 de 2

INFORME DE ANÁLISIS N°: LABNUT-2025-25

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE DEL CLIENTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
RUC / DNI	20473993568
BOLETA/OS	: E001-2413
TIPO DE MUESTRA	: Pasto
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Bolsas y enteras para secar y moler
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 11/06/2025
FECHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA	: 12/06/2025 - 19/09/2025
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 24/09/2025

ID Muestra	Humedad ¹ (%)	Cenizas ² (%)	Proteína cruda ³ (%)	FDN ⁴ (%)	FDA ⁵ (%)	DIV ⁶ (%)
F0 30D-Cesar	6.46	8.46	15.22	57.93	29.21	76.35
F0 45D-Cesar	4.27	9.50	13.56	61.19	33.45	66.19
F0 60D-Cesar	3.92	9.30	11.91	62.83	36.56	64.74
F0 75D-Cesar	3.96	7.99	11.72	58.98	34.83	73.16
F1 30D-Cesar	4.45	9.60	14.90	57.11	31.48	74.71
F1 45D-Cesar	4.90	10.33	13.65	60.90	33.43	67.17
F1 60D-Cesar	4.14	9.47	11.71	62.62	34.47	66.20
F1 75D-Cesar	4.15	9.14	12.92	64.06	34.14	70.06
F2 30D-Cesar	5.54	9.26	14.08	59.69	30.54	66.47
F2 45D-Cesar	4.13	9.95	12.60	64.25	36.25	69.00
F2 60D-Cesar	3.43	9.90	14.00	65.89	38.87	72.15
F2 75D-Cesar	4.31	8.23	12.76	61.76	34.71	70.09
F3 30D-Cesar	3.61	9.40	14.78	56.02	36.29	78.18
F3 45D-Cesar	3.53	10.64	14.54	60.81	34.15	68.53
F3 60D-Cesar	3.09	10.05	13.41	65.07	39.95	72.20
F3 75D-Cesar	5.45	8.44	13.09	63.71	37.47	69.86

Nombre del método:

¹ Método nro. 934.01 - Gravimétrico por estufa (AOAC, 2023).

² Método nro. 942.05 - Gravimétrico por incineración en mufla (AOAC, 2023).

³ Método nro. 935.39 - Método Kjeldahl (AOAC, 2023).

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). (2023). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (22st 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 BROMATOLOGÍA DE ALIMENTOS
[Signature]
Ph.D. Ives Julian Yoplac Tafur
Responsable del LABNUT

Anexo 5. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás–Trébol Blanco según Niveles de Fertilización en el Primer Corte.

Altura de planta

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	16	0.99	0.98	4.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2154.55	6	359.09	164.90	<0.0001
TRAT	64.95	3	21.65	9.94	0.0032
DIAS	2089.60	3	696.53	319.86	<0.0001
Error	19.60	9	2.18		
Total	2174.14	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.25748

Error: 2.1776 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F3	38.17	4	0.74 A
F2	36.92	4	0.74 A
F1	36.92	4	0.74 A
F0	32.83	4	0.74 B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.25748

Error: 2.1776 gl: 9

DIAS	Medias	n	E.E.
75	54.75	4	0.74 A
60	35.08	4	0.74 B
45	31.08	4	0.74 C
30	23.92	4	0.74 D

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

Rendimiento de MS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN.MS	16	0.88	0.79	21.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16425784.84	6	2737630.81	10.52	0.0012
TRAT	4416753.39	3	1472251.13	5.66	0.0186
DIAS	12009031.44	3	4003010.48	15.38	0.0007
Error	2341869.65	9	260207.74		
Total	18767654.49	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1126.03012

Error: 260207.7390 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	3018.17	4	255.05 A
F1	2553.17	4	255.05 A B
F3	2117.35	4	255.05 A B
F0	1597.97	4	255.05 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1126.03012

Error: 260207.7390 gl: 9

DIAS	Medias	n	E.E.
60	3216.03	4	255.05 A
75	3129.43	4	255.05 A
45	1695.57	4	255.05 B
30	1245.62	4	255.05 B

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

Tasa de crecimiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	16	0.78	0.64	18.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2065.62	6	344.27	5.45	0.0123
TRAT	1493.96	3	497.99	7.88	0.0069
DIAS	571.66	3	190.55	3.02	0.0868
Error	568.80	9	63.20		
Total	2634.42	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.54887

Error: 63.2002 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	56.08	4	3.97 A
F1	47.89	4	3.97 A
F3	40.78	4	3.97 A B
F0	29.77	4	3.97 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.54887

Error: 63.2002 gl: 9

DIAS	Medias	n	E.E.
60	53.60	4	3.97 A
75	41.73	4	3.97 A
30	41.52	4	3.97 A
45	37.68	4	3.97 A

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

Anexo 6. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás-Trébol Blanco según Niveles de Fertilización y Frecuencia de Corte en el Primer Corte.

Altura de planta

Altura de planta a los 30 días de corte

análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.82	0.68	7.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83.08	5	16.62	5.59	0.0293
BLOQUES	6.17	2	3.08	1.04	0.4103
TRAT	76.92	3	25.64	8.63	0.0135
Error	17.83	6	2.97		
Total	100.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.87288

Error: 2.9722 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F3	26.00	3	1.00 A
F2	25.67	3	1.00 A
F1	24.33	3	1.00 A B
F0	19.67	3	1.00 B

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

Altura de planta a los 45 días de corte

análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.60	0.27	7.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50.92	5	10.18	1.80	0.2477
BLOQUES	8.67	2	4.33	0.76	0.5060
TRAT	42.25	3	14.08	2.49	0.1579
Error	34.00	6	5.67		
Total	84.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.72836

Error: 5.6667 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F3	33.00	3	1.37 A
F2	32.00	3	1.37 A
F1	31.33	3	1.37 A
F0	28.00	3	1.37 A

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

Altura de planta a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.73	0.51	5.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53.58	5	10.72	3.33	0.0878
BLOQUES	12.67	2	6.33	1.97	0.2205
TRAT	40.92	3	13.64	4.23	0.0629
Error	19.33	6	3.22		
Total	72.92	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.07368

Error: 3.2222 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	37.33	3	1.04 A
F3	36.00	3	1.04 A
F1	34.67	3	1.04 A
F0	32.33	3	1.04 A

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

Altura de planta a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.87	0.76	4.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	275.08	5	55.02	8.02	0.0124
BLOQUES	181.50	2	90.75	13.23	0.0063
TRAT	93.58	3	31.19	4.55	0.0547
Error	41.17	6	6.86		
Total	316.25	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.40359

Error: 6.8611 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F3	57.67	3	1.51 A
F1	57.33	3	1.51 A
F2	52.67	3	1.51 A
F0	51.33	3	1.51 A

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

Rendimiento de materia seca

Ren. MS a los 30 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN.MS	12	0.84	0.71	10.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	586398.90	5	117279.78	6.33	0.0220
BLOQUES	34358.73	2	17179.36	0.93	0.4458
TRAT	552040.17	3	184013.39	9.93	0.0096
Error	111169.14	6	18528.19		
Total	697568.04	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=384.73502

Error: 18528.1900 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	1404.00	3	78.59 A
F3	1352.20	3	78.59 A
F1	1350.27	3	78.59 A
F0	876.00	3	78.59 B

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

Ren. MS a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN.MS	12	0.88	0.79	11.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1612781.03	5	322556.21	9.16	0.0089
BLOQUES	4540.67	2	2270.33	0.06	0.9382
TRAT	1608240.36	3	536080.12	15.23	0.0033
Error	211233.84	6	35205.64		
Total	1824014.87	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=530.33629

Error: 35205.6400 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	2116.00	3	108.33 A
F1	1913.60	3	108.33 A
F3	1608.67	3	108.33 A B
F0	1144.00	3	108.33 B

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

Ren. MS a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN.MS	12	0.92	0.86	14.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16610988.39	5	3322197.68	14.68	0.0026
BLOQUES	1014975.55	2	507487.77	2.24	0.1875
TRAT	15596012.84	3	5198670.95	22.97	0.0011
Error	1358193.52	6	226365.59		
Total	17969181.91	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1344.77748

Error: 226365.5867 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F2	4941.33	3	274.69	A
F1	3416.00	3	274.69	B
F3	2658.80	3	274.69	B
F0	1848.00	3	274.69	C

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

Ren. MS a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN.MS	12	0.71	0.47	13.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2613410.57	5	522682.11	2.95	0.1104
BLOQUES	93784.51	2	46892.25	0.26	0.7762
TRAT	2519626.07	3	839875.36	4.74	0.0505
Error	1064070.21	6	177345.04		
Total	3677480.79	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1190.29537

Error: 177345.0356 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F2	3611.33	3	243.14	A
F1	3532.80	3	243.14	A
F3	2849.73	3	243.14	A
F0	2523.87	3	243.14	A

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

Tasa de crecimiento

TC a los 30 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.84	0.71	10.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	651.55	5	130.31	6.33	0.0219
BLOQUES	38.15	2	19.07	0.93	0.4458
TRAT	613.40	3	204.47	9.94	0.0096
Error	123.43	6	20.57		
Total	774.97	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=12.81950

Error: 20.5708 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F2	46.80	3	2.62	A
F3	45.07	3	2.62	A
F1	45.01	3	2.62	A
F0	29.20	3	2.62	B

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

TC a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.88	0.79	11.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	796.36	5	159.27	9.17	0.0089
BLOQUES	2.24	2	1.12	0.06	0.9382
TRAT	794.12	3	264.71	15.23	0.0033
Error	104.26	6	17.38		
Total	900.62	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=11.78230

Error: 17.3768 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	47.02	3	2.41 A
F1	42.52	3	2.41 A
F3	35.75	3	2.41 A B
F0	25.42	3	2.41 B

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

TC a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.92	0.86	14.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4613.74	5	922.75	14.67	0.0026
BLOQUES	281.90	2	140.95	2.24	0.1875
TRAT	4331.84	3	1443.95	22.96	0.0011
Error	377.34	6	62.89		
Total	4991.08	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=22.41495

Error: 62.8905 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	82.35	3	4.58 A
F1	56.93	3	4.58 B
F3	44.31	3	4.58 B C
F0	30.80	3	4.58 C

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

TC a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.71	0.47	13.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	464.75	5	92.95	2.95	0.1103
BLOQUES	16.70	2	8.35	0.26	0.7759
TRAT	448.05	3	149.35	4.74	0.0504
Error	189.21	6	31.53		
Total	653.96	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=15.87229

Error: 31.5347 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	48.15	3	3.24 A
F1	47.11	3	3.24 A
F3	38.00	3	3.24 A
F0	33.65	3	3.24 A

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

Anexo 7. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás-Trébol Blanco según Niveles de Fertilización en el segundo Corte.

Altura de planta

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	16	0.99	0.99	3.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1926.27	6	321.04	227.23	<0.0001
TRAT	23.39	3	7.80	5.52	0.0199
DIAS	1902.88	3	634.29	448.95	<0.0001
Error	12.72	9	1.41		
Total	1938.98	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.62384

Error: 1.4128 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F3	37.50	4	0.59 A
F2	37.17	4	0.59 A
F1	36.75	4	0.59 A B
F0	34.42	4	0.59 B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.62384

Error: 1.4128 gl: 9

DIAS	Medias	n	E.E.
75	54.08	4	0.59 A
60	36.25	4	0.59 B
45	30.33	4	0.59 C
30	25.17	4	0.59 D

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

Rendimiento de Materia Seca

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN.MS	16	0.89	0.82	17.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5444271.88	6	907378.65	12.43	0.0007
TRAT	3077691.93	3	1025897.31	14.06	0.0010
DIAS	2366579.95	3	788859.98	10.81	0.0024
Error	656839.99	9	72982.22		
Total	6101111.87	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=596.34618

Error: 72982.2215 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	2161.82	4	135.08 A
F1	1643.88	4	135.08 A B
F3	1484.87	4	135.08 B C
F0	931.80	4	135.08 C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=596.34618

Error: 72982.2215 gl: 9

DIAS	Medias	n	E.E.	
75	2126.85	4	135.08	A
60	1645.25	4	135.08	A B
45	1364.54	4	135.08	B
30	1085.73	4	135.08	B

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

Tasa de crecimiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	16	0.93	0.88	10.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1224.62	6	204.10	18.64	0.0001
TRAT	1038.66	3	346.22	31.61	<0.0001
DIAS	185.97	3	61.99	5.66	0.0185
Error	98.57	9	10.95		
Total	1323.19	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.30524

Error: 10.9519 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.	
F2	41.39	4	1.65	A
F1	32.88	4	1.65	B
F3	29.08	4	1.65	B
F0	18.95	4	1.65	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.30524

Error: 10.9519 gl: 9

DIAS	Medias	n	E.E.	
30	36.19	4	1.65	A
45	30.32	4	1.65	A B
75	28.36	4	1.65	B
60	27.42	4	1.65	B

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

Anexo 8. Análisis de Varianza del Rendimiento, Altura de Planta y Tasa de Crecimiento de la Asociación Raigrás–Trébol Blanco según Niveles de Fertilización y Frecuencia de Corte en el Segundo Corte.

Altura de planta

Altura de planta a los 30 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.23	0.00	13.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19.50	5	3.90	0.35	0.8630
BLOQUES	3.17	2	1.58	0.14	0.8691
TRAT	16.33	3	5.44	0.49	0.6997
Error	66.17	6	11.03		
Total	85.67	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.38619

Error: 11.0278 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F3	26.33	3	1.92 A
F1	26.00	3	1.92 A
F2	25.00	3	1.92 A
F0	23.33	3	1.92 A

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

Altura de planta a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.61	0.28	4.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.17	5	3.23	1.85	0.2380
BLOQUES	6.17	2	3.08	1.76	0.2500
TRAT	10.00	3	3.33	1.90	0.2300
Error	10.50	6	1.75		
Total	26.67	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.73908

Error: 1.7500 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F1	31.33	3	0.76 A
F2	31.00	3	0.76 A
F3	30.00	3	0.76 A
F0	29.00	3	0.76 A

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

Altura de planta a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.21	0.00	10.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22.42	5	4.48	0.32	0.8835
BLOQUES	15.50	2	7.75	0.55	0.6011
TRAT	6.92	3	2.31	0.17	0.9161
Error	83.83	6	13.97		
Total	106.25	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.56521

Error: 13.9722 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F3	37.00	3	2.16	A
F2	36.67	3	2.16	A
F1	36.33	3	2.16	A
F0	35.00	3	2.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Altura de planta a los 75 días de corte****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	12	0.43	0.00	11.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	173.58	5	34.72	0.92	0.5283
BLOQUES	98.67	2	49.33	1.30	0.3391
TRAT	74.92	3	24.97	0.66	0.6065
Error	227.33	6	37.89		
Total	400.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.39807

Error: 37.8889 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F3	56.67	3	3.55	A
F2	56.00	3	3.55	A
F1	53.33	3	3.55	A
F0	50.33	3	3.55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Rendimiento de materia seca****Ren.MS a los 30 días de corte****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
M.S	12	0.63	0.31	19.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	431625.79	5	86325.16	2.00	0.2115
BLOQUES	20481.79	2	10240.89	0.24	0.7958
TRAT	411144.00	3	137048.00	3.18	0.1062
Error	258848.56	6	43141.43		
Total	690474.35	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=587.07350

Error: 43141.4267 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	1260.80	3	119.92 A
F1	1241.60	3	119.92 A
F3	1037.20	3	119.92 A
F0	803.33	3	119.92 A

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

Ren.MS a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
M.S	12	0.92	0.85	11.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1733241.92	5	346648.38	13.11	0.0035
BLOQUES	12777.71	2	6388.85	0.24	0.7926
TRAT	1720464.21	3	573488.07	21.69	0.0013
Error	158608.75	6	26434.79		
Total	1891850.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=459.55042

Error: 26434.7911 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	1861.87	3	93.87 A
F1	1548.80	3	93.87 A B
F3	1196.80	3	93.87 B C
F0	850.67	3	93.87 C

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

Ren.MS a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
M.S	12	0.86	0.75	22.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5125244.30	5	1025048.86	7.66	0.0139
BLOQUES	206182.98	2	103091.49	0.77	0.5036
TRAT	4919061.32	3	1639687.11	12.26	0.0057
Error	802555.07	6	133759.18		
Total	5927799.37	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1033.72977

Error: 133759.1789 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	2546.13	3	211.15 A
F3	1720.27	3	211.15 A B
F1	1573.40	3	211.15 A B
F0	741.20	3	211.15 B

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

Ren.MS a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
M.S	12	0.90	0.81	13.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4337906.58	5	867581.32	10.68	0.0060
BLOQUES	184984.46	2	92492.23	1.14	0.3810
TRAT	4152922.12	3	1384307.37	17.04	0.0024
Error	487495.67	6	81249.28		
Total	4825402.25	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=805.66590

Error: 81249.2789 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	2978.47	3	164.57
F1	2211.73	3	164.57
F3	1985.20	3	164.57
F0	1332.00	3	164.57

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

Tasa de crecimiento

TC. a los 30 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.63	0.31	19.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	479.45	5	95.89	2.00	0.2116
BLOQUES	22.75	2	11.37	0.24	0.7958
TRAT	456.70	3	152.23	3.18	0.1062
Error	287.57	6	47.93		
Total	767.01	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=19.56772

Error: 47.9281 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.
F2	42.03	3	4.00
F1	41.39	3	4.00
F3	34.57	3	4.00
F0	26.78	3	4.00

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

TC. a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.92	0.85	11.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	855.79	5	171.16	13.11	0.0035
BLOQUES	6.31	2	3.15	0.24	0.7926
TRAT	849.49	3	283.16	21.70	0.0013
Error	78.31	6	13.05		
Total	934.11	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.21133

Error: 13.0519 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F2	41.37	3	2.09	A
F1	34.42	3	2.09	A B
F3	26.60	3	2.09	B C
F0	18.90	3	2.09	C

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

TC. a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.86	0.75	22.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1423.74	5	284.75	7.67	0.0139
BLOQUES	57.22	2	28.61	0.77	0.5037
TRAT	1366.52	3	455.51	12.27	0.0057
Error	222.82	6	37.14		
Total	1646.56	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.22432

Error: 37.1359 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F2	42.44	3	3.52	A
F3	28.67	3	3.52	A B
F1	26.22	3	3.52	A B
F0	12.35	3	3.52	B

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

TC. a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C	12	0.90	0.81	13.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	770.97	5	154.19	10.68	0.0060
BLOQUES	32.87	2	16.44	1.14	0.3810
TRAT	738.09	3	246.03	17.04	0.0024
Error	86.65	6	14.44		
Total	857.62	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.74135

Error: 14.4420 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
F2	39.71	3	2.19	A
F1	29.49	3	2.19	A B
F3	26.47	3	2.19	B C
F0	17.76	3	2.19	C

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

Anexo 9. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Niveles de Fertilización del Primer Corte.

Raigrás

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	16	0.84	0.73	5.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	910.44	6	151.74	7.91	0.0035
TRAT	450.09	3	150.03	7.82	0.0071
DÍAS	460.35	3	153.45	8.00	0.0066
Error	172.57	9	19.17		
Total	1083.02	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.66622

Error: 19.1749 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F1	94.18	4	2.19 A
F2	88.57	4	2.19 A B
F3	87.86	4	2.19 A B
F0	79.34	4	2.19 B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.66622

Error: 19.1749 gl: 9

DÍAS	Medias	n	E.E.
45	93.58	4	2.19 A
30	89.05	4	2.19 A
60	88.45	4	2.19 A B
75	78.85	4	2.19 B

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

Trébol

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	16	0.74	0.57	71.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	457.64	6	76.27	4.32	0.0250
TRAT	114.83	3	38.28	2.17	0.1616
DÍAS	342.81	3	114.27	6.47	0.0126
Error	158.88	9	17.65		
Total	616.52	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.27478

Error: 17.6534 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F0	8.87	4	2.10 A
F3	8.23	4	2.10 A
F2	3.68	4	2.10 A
F1	2.80	4	2.10 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.27478

Error: 17.6534 gl: 9

DÍAS	Medias	n	E.E.
75	13.77	4	2.10 A
60	4.58	4	2.10 A B
45	3.08	4	2.10 B
30	2.15	4	2.10 B

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

Maleza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	16	0.40	0.00	90.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	214.75	6	35.79	0.99	0.4858
TRAT	149.48	3	49.83	1.38	0.3115
DÍAS	65.27	3	21.76	0.60	0.6305
Error	325.85	9	36.21		
Total	540.59	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.28239

Error: 36.2054 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F0	11.82	4	3.01 A
F2	5.86	4	3.01 A
F1	5.01	4	3.01 A
F3	3.94	4	3.01 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.28239

Error: 36.2054 gl: 9

DÍAS	Medias	n	E.E.
30	8.86	4	3.01 A
75	7.42	4	3.01 A
60	6.99	4	3.01 A
45	3.37	4	3.01 A

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

Anexo 10. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Frecuencia de Corte en el Primer Corte.

Raigrás

Raigrás a los 30 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRAS	12	0.90	0.81	4.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	695.50	5	139.10	10.37	0.0065
BLOQUES	21.50	2	10.75	0.80	0.4916
TRAT.	674.00	3	224.67	16.75	0.0025
Error	80.50	6	13.42		
Total	776.00	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.35303

Error: 13.4167 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F2	96.67	3	2.11	A
F3	93.67	3	2.11	A
F1	88.67	3	2.11	A
F0	77.00	3	2.11	B

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

Raigrás a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	12	0.56	0.20	4.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	152.08	5	30.42	1.54	0.3062
BLOQUES	13.17	2	6.58	0.33	0.7296
TRAT.	138.92	3	46.31	2.34	0.1730
Error	118.83	6	19.81		
Total	270.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=12.57879

Error: 19.8056 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F2	99.00	3	2.57	A
F3	93.33	3	2.57	A
F1	92.33	3	2.57	A
F0	89.67	3	2.57	A

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

Raigrás a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	12	0.92	0.85	3.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	548.75	5	109.75	13.13	0.0035
BLOQUES	27.17	2	13.58	1.62	0.2730
TRAT.	521.58	3	173.86	20.79	0.0014
Error	50.17	6	8.36		
Total	598.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.17292

Error: 8.3611 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F1	98.33	3	1.67	A
F2	89.00	3	1.67	B
F3	86.33	3	1.67	B
F0	80.00	3	1.67	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Raigrás a los 75 días de corte****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGÁS	12	0.82	0.66	5.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	559.50	5	111.90	5.32	0.0327
BLOQUES	43.17	2	21.58	1.03	0.4136
TRAT.	516.33	3	172.11	8.18	0.0153
Error	126.17	6	21.03		
Total	685.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=12.96110

Error: 21.0278 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F1	89.00	3	2.65	A
F3	78.00	3	2.65	A
F2	77.67	3	2.65	A
F0	70.67	3	2.65	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Trébol****Trébol a los 30 días de corte****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	12	0.53	0.14	129.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	49.08	5	9.82	1.34	0.3605
BLOQUES	6.17	2	3.08	0.42	0.6738
TRAT.	42.92	3	14.31	1.96	0.2217
Error	43.83	6	7.31		
Total	92.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.63962

Error: 7.3056 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.
F3	5.33	3	1.56 A
F1	1.33	3	1.56 A
F2	1.00	3	1.56 A
F0	0.67	3	1.56 A

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

Trébol a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	12	0.22	0.00	125.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.75	5	5.15	0.35	0.8675
BLOQUES	4.17	2	2.08	0.14	0.8720
TRAT.	21.58	3	7.19	0.48	0.7055
Error	89.17	6	14.86		
Total	114.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.89609

Error: 14.8611 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.
F0	4.67	3	2.23 A
F1	3.67	3	2.23 A
F3	3.00	3	2.23 A
F2	1.00	3	2.23 A

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

Trébol a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	12	0.87	0.76	51.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	225.58	5	45.12	8.12	0.0120
BLOQUES	4.67	2	2.33	0.42	0.6750
TRAT.	220.92	3	73.64	13.26	0.0047
Error	33.33	6	5.56		
Total	258.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.66207

Error: 5.5556 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.
F0	12.00	3	1.36 A
F3	2.33	3	1.36 B
F2	2.33	3	1.36 B
F1	1.67	3	1.36 B

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

Trébol a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	12	0.85	0.73	29.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	561.75	5	112.35	6.99	0.0174
BLOQUES	31.50	2	15.75	0.98	0.4285
TRAT.	530.25	3	176.75	10.99	0.0075
Error	96.50	6	16.08		
Total	658.25	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.33531

Error: 16.0833 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F3	22.00	3	2.32	A
F0	18.00	3	2.32	A B
F2	10.00	3	2.32	B C
F1	5.00	3	2.32	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Maleza****Maleza a los 30 días de corte****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.98	0.95	21.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	866.75	5	173.35	46.92	0.0001
BLOQUES	5.17	2	2.58	0.70	0.5334
TRAT.	861.58	3	287.19	77.74	<0.0001
Error	22.17	6	3.69		
Total	888.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.43275

Error: 3.6944 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F0	22.33	3	1.11	A
F1	10.00	3	1.11	B
F2	2.33	3	1.11	C
F3	1.00	3	1.11	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Maleza a los 45 días de corte****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.93	0.87	25.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52.50	5	10.50	15.12	0.0024
BLOQUES	1.17	2	0.58	0.84	0.4768
TRAT.	51.33	3	17.11	24.64	0.0009
Error	4.17	6	0.69		
Total	56.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.35540

Error: 0.6944 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F0	5.67	3	0.48	A
F1	4.00	3	0.48	A
F3	3.67	3	0.48	A
F2	0.00	3	0.48	B

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

Maleza a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.95	0.92	19.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	227.17	5	45.43	25.16	0.0006
BLOQUES	12.50	2	6.25	3.46	0.1001
TRAT.	214.67	3	71.56	39.63	0.0002
Error	10.83	6	1.81		
Total	238.00	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.79796

Error: 1.8056 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F3 11.33	3	0.78 A
F2 8.67	3	0.78 A
F0 8.00	3	0.78 A
F1 0.00	3	0.78 B

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

Maleza a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.98	0.96	14.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	298.25	5	59.65	53.69	0.0001
BLOQUES	8.67	2	4.33	3.90	0.0822
TRAT.	289.58	3	96.53	86.88	<0.0001
Error	6.67	6	1.11		
Total	304.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.97937

Error: 1.1111 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F2 12.33	3	0.61 A
F0 11.33	3	0.61 A
F1 6.00	3	0.61 B
F3 0.00	3	0.61 C

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

Anexo 11. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Niveles de Fertilización del Segundo Corte.

Raigrás

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	16	0.85	0.75	9.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3310.08	6	551.68	8.64	0.0025
TRAT	499.10	3	166.37	2.61	0.1160
DÍAS	2810.98	3	936.99	14.68	0.0008
Error	574.40	9	63.82		
Total	3884.48	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.63498

Error: 63.8219 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F1	88.28	4	3.99 A
F2	86.74	4	3.99 A
F3	77.63	4	3.99 A
F0	75.38	4	3.99 A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.63498

Error: 63.8219 gl: 9

DÍAS	Medias	n	E.E.
75	94.11	4	3.99 A
60	91.48	4	3.99 A
45	82.03	4	3.99 A
30	60.41	4	3.99 B

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

Trébol

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	16	0.83	0.72	44.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	136.19	6	22.70	7.41	0.0044
TRAT	61.76	3	20.59	6.72	0.0113
DÍAS	74.43	3	24.81	8.10	0.0063
Error	27.57	9	3.06		
Total	163.76	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.86337

Error: 3.0630 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.
F1	6.75	4	0.88 A
F0	4.12	4	0.88 A B
F3	3.79	4	0.88 A B
F2	1.20	4	0.88 B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.86337

Error: 3.0630 gl: 9

DÍAS	Medias	n	E.E.	
45	7.31	4	0.88	A
60	4.42	4	0.88	A B
75	2.07	4	0.88	B
30	2.06	4	0.88	B

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

Maleza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	16	0.86	0.76	58.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3653.94	6	608.99	9.05	0.0022
TRAT	574.92	3	191.64	2.85	0.0976
DÍAS	3079.02	3	1026.34	15.25	0.0007
Error	605.82	9	67.31		
Total	4259.75	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=18.11087

Error: 67.3130 gl: 9

TRAT	Medias	n	E.E.	
F0	20.54	4	4.10	A
F3	18.62	4	4.10	A
F1	11.57	4	4.10	A
F2	5.42	4	4.10	A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=18.11087

Error: 67.3130 gl: 9

DÍAS	Medias	n	E.E.	
30	37.58	4	4.10	A
45	10.74	4	4.10	B
60	4.17	4	4.10	B
75	3.67	4	4.10	B

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

Anexo 12. Análisis de Varianza de la Composición Florística de las Pasturas según Frecuencia de Corte en el Segundo Corte.

Raigrás

Raigrás a los 30 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	12	0.97	0.94	6.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2284.17	5	456.83	33.91	0.0003
BLOQUES	6.50	2	3.25	0.24	0.7929
TRAT.	2277.67	3	759.22	56.35	0.0001
Error	80.83	6	13.47		
Total	2365.00	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.37444

Error: 13.4722 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F2 83.00	3	2.12 A
F1 60.33	3	2.12 B
F3 50.67	3	2.12 B C
F0 48.00	3	2.12 C

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

Raigrás a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.81	0.66	6.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	643.83	5	128.77	5.21	0.0343
BLOQUES	6.50	2	3.25	0.13	0.8791
TRAT.	637.33	3	212.44	8.60	0.0136
Error	148.17	6	24.69		
Total	792.00	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=14.04575

Error: 24.6944 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F2 91.33	3	2.87 A
F1 86.67	3	2.87 A B
F3 76.67	3	2.87 B
F0 73.33	3	2.87 B

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

Raigrás a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	12	0.82	0.67	3.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	352.08	5	70.42	5.50	0.0304
BLOQUES	117.17	2	58.58	4.57	0.0621
TRAT.	234.92	3	78.31	6.11	0.0296
Error	76.83	6	12.81		
Total	428.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.11450

Error: 12.8056 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F2	98.67	3	2.07	A
F3	91.33	3	2.07	A
F0	88.00	3	2.07	B
F1	87.67	3	2.07	B

Raigrás a los 75 días de corte**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIGRÁS	12	0.64	0.34	2.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67.08	5	13.42	2.13	0.1924
BLOQUES	22.17	2	11.08	1.76	0.2507
TRAT.	44.92	3	14.97	2.37	0.1691
Error	37.83	6	6.31		
Total	104.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.09752

Error: 6.3056 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F2	96.33	3	1.45	A
F1	95.67	3	1.45	A
F0	92.33	3	1.45	A
F3	92.00	3	1.45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Trébol****Trébol a los 30 días de corte****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	12	0.80	0.63	70.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46.17	5	9.23	4.68	0.0435
BLOQUES	1.50	2	0.75	0.38	0.6990
TRAT.	44.67	3	14.89	7.55	0.0184
Error	11.83	6	1.97		
Total	58.00	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.96938

Error: 1.9722 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.	
F2	5.33	3	0.81	A
F1	1.00	3	0.81	B
F0	1.00	3	0.81	B
F3	0.67	3	0.81	B

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

Trébol a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	12	0.60	0.26	50.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	117.42	5	23.48	1.79	0.2496
BLOQUES	4.50	2	2.25	0.17	0.8466
TRAT.	112.92	3	37.64	2.86	0.1262
Error	78.83	6	13.14		
Total	196.25	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.24530

Error: 13.1389 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F1 10.00	3	2.09 A
F0 9.67	3	2.09 A
F3 7.00	3	2.09 A
F2 2.33	3	2.09 A

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

Trébol a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	12	0.78	0.60	67.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	193.58	5	38.72	4.36	0.0508
BLOQUES	88.67	2	44.33	4.99	0.0530
TRAT.	104.92	3	34.97	3.93	0.0723
Error	53.33	6	8.89		
Total	246.92	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.42692

Error: 8.8889 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F1 8.67	3	1.72 A
F3 5.33	3	1.72 A
F0 3.00	3	1.72 A
F2 0.67	3	1.72 A

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

Trébol a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TRÉBOL	12	0.51	0.10	88.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20.75	5	4.15	1.23	0.3965
BLOQUES	11.17	2	5.58	1.66	0.2666
TRAT.	9.58	3	3.19	0.95	0.4737
Error	20.17	6	3.36		
Total	40.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.18187

Error: 3.3611 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.
F1	3.00	3	1.06 A
F0	2.67	3	1.06 A
F3	2.00	3	1.06 A
F2	0.67	3	1.06 A

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

Maleza

Maleza a los 30 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.98	0.97	8.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2961.75	5	592.35	64.42	<0.0001
BLOQUES	12.17	2	6.08	0.66	0.5500
TRAT.	2949.58	3	983.19	106.93	<0.0001
Error	55.17	6	9.19		
Total	3016.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.57054

Error: 9.1944 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.
F0	51.00	3	1.75 A
F3	49.00	3	1.75 A
F1	38.67	3	1.75 B
F2	11.67	3	1.75 C

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

Maleza a los 45 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.91	0.83	25.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	437.75	5	87.55	11.80	0.0046
BLOQUES	3.50	2	1.75	0.24	0.7968
TRAT.	434.25	3	144.75	19.52	0.0017
Error	44.50	6	7.42		
Total	482.25	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.69750

Error: 7.4167 gl: 6

TRAT.	Medias	n	E.E.
F0	17.00	3	1.57 A
F3	16.33	3	1.57 A
F2	6.33	3	1.57 B
F1	3.33	3	1.57 B

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

Maleza a los 60 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.95	0.91	23.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	111.83	5	22.37	23.01	0.0008
BLOQUES	2.17	2	1.08	1.11	0.3877
TRAT.	109.67	3	36.56	37.60	0.0003
Error	5.83	6	0.97		
Total	117.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.78694

Error: 0.9722 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F0 9.00	3	0.57 A
F1 3.67	3	0.57 B
F3 3.33	3	0.57 B C
F2 0.67	3	0.57 C

Maleza a los 75 días de corte

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZA	12	0.92	0.85	23.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52.17	5	10.43	13.91	0.0030
BLOQUES	2.17	2	1.08	1.44	0.3075
TRAT.	50.00	3	16.67	22.22	0.0012
Error	4.50	6	0.75		
Total	56.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.44780

Error: 0.7500 gl: 6

TRAT. Medias	n	E.E.
F3 6.00	3	0.50 A
F0 5.00	3	0.50 A B
F2 3.00	3	0.50 B C
F1 0.67	3	0.50 C

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