

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**“EFICIENCIA DE TRES FUENTES NITROGENADAS EN EL RENDIMIENTO DE  
RAIGRÁS ECOTIPO CAJAMARQUINO-TRÉBOL BLANCO EN EL CASERÍO  
ALTO PALMITO- PROVINCIA DE SAN MIGUEL-CAJAMARCA”**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por la Bachiller:**

**FLOR KARINA LLANOS VERA**

**Asesor:**

**Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2025-**



## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
**FLOR KARINA LLANOS VERA**  
DNI: N° 72295483  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**DE AGRONOMÍA**
2. Asesor:  
**Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**  
Facultad/Unidad UNC:  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
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:  
**EFICIENCIA DE TRES FUENTES NITROGENADAS EN EL RENDIMIENTO DE RAIGRÁS ECOTIPO CAJAMARQUINO – TRÉBOL BLANCO EN EL CASERÍO ALTO PALMITO – PROVINCIA DE SAN MIGUEL – CAJAMARCA.**
6. Fecha de evaluación: 08/02/2025
7. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **15%**
9. Código Documento :oid:::**3117:428039672**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO    PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 17/02/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... <b>Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia</b> DNI: 26620894



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

“NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA”

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los cuatro días del mes de febrero del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 019-2025-FCA-UNC, de fecha 13 de enero del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **“EFICIENCIA DE TRES FUENTES NITROGENADAS EN EL RENDIMIENTO DE RAIGRÁS ECOTIPO CAJAMARQUINO - TRÉBOL BLANCO EN EL CASERÍO ALTO PALMITO - PROVINCIA DE SAN MIGUEL - CAJAMARCA”**, realizada por la Bachiller **FLOR KARINA LLANOS VERA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las nueve horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diez horas y doce minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera  
PRESIDENTE

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego  
VOCAL

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

*A mis queridos padres y mi hermano, quienes han sido mi mayor inspiración y apoyo incondicional en cada paso de este camino. A mi padre Vicente Llanos Cerquin y a mi madre María Emérita Vera Ortiz, por su amor, sacrificio y valores que me inculcaron, que han sido el pilar para superar cada desafío; y a mi hermano Alex David Llanos Vera, por su compañía constante, sus palabras de aliento y su confianza inquebrantable en mí. Este logro es el reflejo de todo lo que me han dado y una muestra de mi gratitud.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, fuente infinita de sabiduría, fortaleza y amor, por haber guiado cada paso de este proceso. Gracias por las bendiciones derramadas en mi vida, por darme la salud, la claridad y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta. Este logro es un testimonio de tu fidelidad y gracia infinita, por lo cual te ofrezco.*

*Al Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia, por su valiosa guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia y consejos fueron fundamentales para superar los desafíos y alcanzar este logro académico.*

*Al proyecto "Estrategias tecnológicas para incrementar la calidad del suelo, pasturas y leche en la Región Cajamarca", de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC, por brindarme las facilidades para participar en su desarrollo. Su apoyo fue clave para llevar a cabo esta investigación, ofreciéndome acceso a recursos, conocimientos y experiencias que enriquecieron mi formación académica y profesional. Este trabajo es el resultado de la valiosa oportunidad y confianza depositada en mí.*

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	página
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. OBJETIVOS .....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	5
2.2. MARCO TEÓRICO .....	8
2.2.1. <i>Raigrás</i> .....	8
2.2.2. <i>Trébol</i> .....	11
2.2.3. <i>Asociación de raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco</i> .....	13
2.2.4. <i>Rendimiento de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco</i> .....	13
2.2.5. <i>Fertilización</i> .....	14
2.2.6. <i>Nitrógeno</i> .....	15
2.2.7. <i>Fuentes nitrogenadas utilizadas en el estudio</i> .....	16
2.2.8. <i>Fertilización Nitrogenada en pasturas</i> .....	19
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	19
2.3.1. <i>Pastos</i> .....	19
2.3.2. <i>Rendimiento de pastos</i> .....	20
2.3.3. <i>Materia Verde (MV)</i> .....	20
2.3.4. <i>Materia seca (MS)</i> .....	20
2.3.5. <i>Fertilizante</i> .....	20
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>21</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA .....	21

3.2. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS.....	21
3.2.1. <i>Temperatura</i> .....	21
3.2.2. <i>Humedad relativa</i> .....	22
3.2.3. <i>Precipitación</i> .....	23
3.3. MATERIALES.....	23
3.3.1. <i>Material Biológico</i> .....	23
3.3.2. <i>Material de campo</i> .....	23
3.3.3. <i>Material de escritorio</i> .....	24
3.3.4. <i>Insumos</i> .....	24
3.4. METODOLOGÍA .....	24
3.4.1. <i>Tratamiento del estudio</i> .....	24
3.4.2. <i>Arreglo de los tratamientos</i> .....	25
3.4.3. <i>Metodología</i> .....	26
3.4.4. <i>Evaluaciones</i> .....	31
3.4.5. <i>Análisis Estadístico</i> .....	33
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>34</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS ECOTIPO CAJAMARQUINO – TRÉBOL BLANCO, A LOS 60 DÍAS DEL PERIODO DE CORTE .....	34
4.2. TENDENCIA DEL RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS-TRÉBOL BLANCO.....	37
4.3. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL RAIGRÁS ECOTIPO CAJAMARQUINO – TRÉBOL BLANCO, A LOS 60 DÍAS DEL PERIODO DE CORTE .....	40
4.4. TENDENCIA DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE LA ASOCIACIÓN RAIGRÁS – TRÉBOL BLANCO.....	44
4.5. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA ALTURA DE PLANTA DE RAIGRÁS ECOTIPO CAJAMARQUINO A LOS 60 DÍAS DE EVALUACIÓN .....	46
4.6. TENDENCIA DE LA ALTURA DE PLANTA DE RAIGRÁS ECOTIPO CAJAMARQUINO .....	49
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN .....</b>	<b>52</b>
5.1. CONCLUSIÓN .....	52
5.2. RECOMENDACIÓN.....	53
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO VII .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	página
<b>Tabla 1</b> <i>Propiedades físico-químicas del fertilizante urea <math>CO(NH_2)_2</math></i> .....	16
<b>Tabla 2</b> <i>Propiedades físico-químicas del fertilizante nitrato de amonio <math>NH_4NO_3</math></i> .....	17
<b>Tabla 3</b> <i>Propiedades físico-químicas del fertilizante sulfato de amonio <math>(NH_4)_2SO_4</math></i> .....	18
<b>Tabla 4</b> <i>Fuentes de fertilización y cantidad utilizada en cada unidad experimental</i> .....	25
<b>Tabla 5</b> <i>Resultado del análisis de suelo del experimento</i> .....	27
<b>Tabla 6</b> <i>Interpretación de la materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio del suelo</i> .....	27
<b>Tabla 7</b> <i>Interpretación de pH del suelo</i> .....	27
<b>Tabla 8</b> <i>Análisis de germinación de la semilla de raigrás ecotipo cajamarquino</i> .....	28
<b>Tabla 9</b> <i>Análisis de germinación de la semilla de trébol blanco</i> .....	28
<b>Tabla 10</b> <i>Dosis de semillas utilizadas en cada unidad experimental</i> .....	29
<b>Tabla 11</b> <i>Fuentes de fertilización y cantidad utilizada en cada unidad experimental</i> .....	30
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días</i> .....	34
<b>Tabla 13</b> <i>Prueba de Tukey para el rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días</i> .....	35
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de materia seca de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días</i> .....	40
<b>Tabla 15</b> <i>Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días</i> .....	41
<b>Tabla 16</b> <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta del raigrás ecotipo cajamarquino, a los 60 días de evaluación</i> .....	46
<b>Tabla 17</b> <i>Prueba de Tukey para la altura (cm) de planta raigrás ecotipo cajamarquino, a los 60 días de evaluación</i> .....	47
<b>Tabla 18</b> <i>Reporte del análisis de suelos del campo experimental</i> .....	61
<b>Tabla 19.</b> <i>Rendimiento de forraje verde de las pasturas en <math>kg\ ha^{-1}</math></i> .....	62
<b>Tabla 20</b> <i>Rendimiento de Materia seca de las pasturas en <math>kg\ ha^{-1}</math></i> .....	62
<b>Tabla 21</b> <i>Altura (cm) de planta del raigrás</i> .....	62
<b>Tabla 22</b> <i>Materia seca (%) de las pasturas a los 30 días de corte</i> .....	63
<b>Tabla 23</b> <i>Materia seca (%) de las pasturas a los 45 días de corte</i> .....	63
<b>Tabla 24</b> <i>Materia seca (%) de las pasturas a los 60 días de corte</i> .....	64
<b>Tabla 25</b> <i>Materia seca (%) de las pasturas a los 75 días de corte</i> .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	página
<b>Figura 1</b> <i>Ubicación del experimento.....</i>	21
<b>Figura 2</b> <i>Registro de la temperatura ( máxima, mínima y promedio) durante el periodo de evaluación .....</i>	22
<b>Figura 3</b> <i>Registro de la humedad relativa ( máxima, mínima y promedio) durante el periodo de evaluación.....</i>	22
<b>Figura 4</b> <i>Registro de la precipitación durante el periodo de evaluación .....</i>	23
<b>Figura 5</b> <i>Distribución de las unidades experimentales.....</i>	25
<b>Figura 6</b> <i>Distribución de la frecuencia de evaluación de cada unidad experimental (12UE).....</i>	31
<b>Figura 7</b> <i>Rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás - trébol blanco según los tratamientos.....</i>	31
<b>Figura 8</b> <i>Tendencia del rendimiento de forraje verde en kg ha<sup>-1</sup> de la asociación raigrás-trébol blanco.....</i>	38
<b>Figura 9</b> <i>Rendimiento de materia seca de la asociación raigrás – trébol blanco según los tratamientos.....</i>	41
<b>Figura 10</b> <i>Tendencia del rendimiento de materia seca en kg ha<sup>-1</sup> de la asociación raigrás-trébol blanco .....</i>	45
<b>Figura 11</b> <i>Altura de planta del raigrás ecotipo cajamarquino según tratamientos.....</i>	48
<b>Figura 12</b> <i>Tendencia de altura de las plantas del raigrás ecotipo cajamarquino .....</i>	50
<b>Figura 13</b> <i>Interpretación del análisis de suelos .....</i>	61
<b>Figura 14</b> <i>Preparación del terreno, siembra y fertilización de las pasturas .....</i>	65
<b>Figura 15</b> <i>Corte de limpieza y fertilización de la asociación raigrás - trébol blanco.....</i>	65
<b>Figura 16</b> <i>Evaluación de la asociación raigrás - trébol blanco.....</i>	65
<b>Figura 17</b> <i>Determinación del % de materia seca de las pasturas .....</i>	66

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar 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 llevó a cabo bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos (urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio aplicados a una dosis de 180 kg N ha<sup>-1</sup> y un testigo), en un área de 280 m<sup>2</sup>. Se evaluaron las variables rendimiento de forraje verde, rendimiento de materia seca y altura de planta, mostrando en todas diferencias significativas (p-valor < 0.05). Los resultados indicaron que el nitrato de amonio fue la fuente que generó mayor rendimiento de forraje verde (23,146.67 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por el sulfato de amonio (14,133.33 kg ha<sup>-1</sup>) y la urea (13,146.67 kg ha<sup>-1</sup>), mientras que el testigo registró el menor rendimiento (7,493.33 kg ha<sup>-1</sup>). Para materia seca, el nitrato de amonio también generó el mayor rendimiento (5,394.4 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por el sulfato de amonio (3,392 kg ha<sup>-1</sup>) y la urea (3,108.27 kg ha<sup>-1</sup>), siendo el testigo nuevamente el menor (1748 kg ha<sup>-1</sup>). En cuanto a la altura de planta, el nitrato de amonio promovió el mayor crecimiento (56 cm), seguido por la urea (33 cm) y el sulfato de amonio (30.67 cm), con el testigo registrando la menor altura (23 cm). Los resultados indicaron que, la fertilización nitrogenada incrementó el rendimiento y crecimiento de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco, siendo el nitrato de amonio la fuente más eficiente.

**Palabras claves:** Forraje verde, materia seca, altura de planta, fertilizantes nitrogenados.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of three nitrogen sources on the yield of Cajamarcan ecotype ryegrass-white clover in the Alto Palmito hamlet, San Miguel province, Cajamarca. The experiment was carried out under a completely randomized block design (CRBD), with four treatments (urea, ammonium nitrate, ammonium sulfate applied at a dose of 180 kg N ha<sup>-1</sup> and a control), in an area of 280 m<sup>2</sup>. The variables green forage yield, dry matter yield and plant height were evaluated, showing significant differences in all (p-value < 0.05). The results indicated that ammonium nitrate was the source that generated the highest green forage yield (23,146.67 kg ha<sup>-1</sup>), followed by ammonium sulfate (14,133.33 kg ha<sup>-1</sup>) and urea (13,146.67 kg ha<sup>-1</sup>), while the control registered the lowest yield (7,493.33 kg ha<sup>-1</sup>). For dry matter, ammonium nitrate also generated the highest yield (5,394.4 kg ha<sup>-1</sup>), followed by ammonium sulfate (3,392 kg ha<sup>-1</sup>) and urea (3,108.27 kg ha<sup>-1</sup>), with the control again being the lowest (1748 kg ha<sup>-1</sup>). Regarding plant height, ammonium nitrate promoted the greatest growth (56 cm), followed by urea (33 cm) and ammonium sulfate (30.67 cm), with the control registering the lowest height (23 cm). The results indicated that nitrogen fertilization increased the yield and growth of the Cajamarca ecotype ryegrass-white clover association, with ammonium nitrate being the most efficient source.

**Keywords:** Green forage, dry matter, plant height, nitrogen fertilizers.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La asociación raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco, constituye la base de la alimentación del ganado lechero en la Región Cajamarca (Escrura, 2001). A pesar de que estas pasturas (gramínea y leguminosa) se complementan bien, es necesario que se le provea al suelo nutrientes que puedan ser aprovechados por las plantas (Marino, 2004). Sin embargo, el poco interés que se da al manejo de los suelos, como escasa o inadecuada fertilización, por parte de los productores, es una de las causas del bajo rendimiento de las pasturas (Vallejos, 2009).

Gutiérrez (2022) manifiesta que el desafío que se tiene hoy en día en la agricultura, es reducir el proceso de degradación de los suelos, proveyendo de nutrientes en cantidades adecuadas que favorezca el equilibrio entre suelo y planta. Además, Navarro & Villalobos (2021), refieren que el nitrógeno es el principal nutriente para el correcto funcionamiento y desarrollo en cultivos forrajeros que contribuye en la productividad de las pasturas.

Si se tiene en cuenta que la mayor parte de las familias del campo, viven de la ganadería lechera, es necesario que se plantee alternativas de solución con la finalidad de mejorar el rendimiento de las pasturas. Es por eso, que la presente investigación propuso, evaluar el uso de tres fuentes nitrogenadas con el fin de conocer su influencia en el rendimiento de esta asociación.

## 1.1.Descripción del problema

El raigrás (*Lolium multiflorum*) es considerado el cultivo más importante para la actividad agropecuaria, siendo el alimento más completo en la dieta animal (Velásquez, 2009). Según la FAO (2023), las pasturas de raigrás a nivel mundial, sufre una disminución en su rendimiento debido al estrés térmico, sequía, baja calidad de los suelos y falta de un manejo agronómico adecuado, factores que afectan tanto a la cantidad y calidad del forraje.

INIA (2019) determina que, en la sierra del Perú, las pasturas vienen siendo amenazadas por la disminución de áreas de cobertura forrajera, la disminución de las especies deseables de mayor valor forrajero, el sobrepastoreo y deficiencia agronómica que se les brinda, situación que conlleva a una disponibilidad insuficiente de pastos en cantidad y calidad nutritiva. Vallejos (2020) refiere que los suelos de la provincia de San Miguel, con instalación de pasturas, presentan una fertilidad baja, inadecuado manejo de las pasturas y un pastoreo intensivo por el exceso de carga animal.

Es por eso, García *et al.*(2018) manifiesta que la importancia de los fertilizantes está relacionada con el ámbito agrícola, siendo el principal insumo utilizado para incrementar la productividad. La escasa fertilidad de suelos es un factor inminente en el crecimiento de pastos, si la cantidad de alguno de los nutrientes necesarios es insuficiente, el crecimiento y desarrollo de las plantas es limitado, por ende, el rendimiento de las pasturas es bajo (FAO, 2002).

Los suelos con cobertura de pastos forrajeros, de la provincia San Miguel, presentan una fertilidad natural baja en nitrógeno total. Sierra (1992) menciona que el nitrógeno es considerado el elemento más importante en la producción de forraje. Además, refiere que la incorporación del elemento nutritivo con un nivel deficiente al suelo, es el elemento clave para estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas y de esta manera aumentar el rendimiento de pasturas.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la eficiencia de tres fuentes nitrogenadas en el rendimiento de raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco?

## **1.3. Justificación**

La presente investigación, se realizó con el fin de incrementar el rendimiento de raigrás “ecotipo cajamarquino” – trébol blanco a través de la incorporación de tres fuentes nitrogenadas, con la finalidad de proveer más forraje y por lo tanto mayor volumen de leche.

La utilización de diferentes fuentes nitrogenadas en el rendimiento de raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, se basa en el aumento de biomasa tanto en forraje verde, materia seca y altura de planta, de los cuales se desea analizar, que fuente nitrogenada genera una respuesta rápida en la producción de pasturas.

Esta investigación resultaría beneficiosa para los productores agropecuarios al observar los resultados obtenidos en la investigación, lo cual adquirirían conocimientos sobre que fuente nitrogenada resultaría más beneficiosa en la fertilización de los suelos con cobertura de pastizales. A la misma vez beneficiaría a las entidades públicas y privadas en futuras investigaciones.

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. *Objetivo general***

- Evaluar el efecto de tres fuentes nitrogenadas en el rendimiento de raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco en el caserío Alto Palmito, provincia de San Miguel – Cajamarca.

### **1.4.2. *Objetivos específicos***

- Determinar el efecto de las fuentes nitrogenadas en el rendimiento de forraje verde de la asociación de pasturas raigrás ecotipo cajamarquino -trébol blanco.
- Determinar el efecto de las fuentes nitrogenadas en el rendimiento de materia seca de la asociación de pasturas raigrás ecotipo cajamarquino -trébol blanco.
- Determinar el efecto de las fuentes nitrogenadas en altura de las plantas de raigrás ecotipo cajamarquino.

## **1.5. Hipótesis**

Las fuentes nitrogenadas incrementan significativamente el rendimiento de raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, al menos una de ellas es superior.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

Cueva (2023) analizó el impacto del nitrato de amonio en comparación con la urea en la producción de forraje. La dosis aplicada en el tratamiento para ambas fuentes nitrogenadas, fue de 25 kg N ha<sup>-1</sup>, junto con un tratamiento testigo. Los resultados mostraron que el nitrato de amonio logró una altura promedio de planta de 53.18 cm, mientras que la urea alcanzó una altura promedio de 35 cm y el testigo presentó una altura promedio de 16 cm. Estos hallazgos sugieren que la fertilización con nitrato de amonio es más efectiva para incrementar la altura de planta en comparación con la urea. El nitrato de amonio, gracias a la rápida disponibilidad de nitrógeno en forma de nitrato, favorece una mayor altura de planta, así como una mayor longitud de hoja y área foliar. En cambio, la urea requiere una conversión en el suelo, donde la enzima ureasa transforma la urea en NH<sub>3</sub>, que luego se reduce a NH<sub>4</sub>, lo que resulta en una eficiencia menor debido a este proceso de transformación.

Quenguan (2022) evaluó el impacto de cinco tipos de fertilizantes nitrogenados (urea, urea protegida, nitrato de amonio, fertilizante foliar, y la combinación de nitrato de amonio con fertilizante foliar) en el rendimiento y la calidad del raigrás perenne en el CADET. El experimento se realizó aplicando fertilizantes nitrogenados a dosis de 160 kg ha<sup>-1</sup> para los fertilizantes convencionales y 40 kg ha<sup>-1</sup> para el fertilizante foliar. Los resultados obtenidos a los 30 días de corte, revelaron que, en términos de rendimiento de materia seca, el nitrato de amonio se destacó sobre los demás fertilizantes, logrando un valor de 3934 kg ha<sup>-1</sup>. Le siguieron la urea protegida con 3702 kg ha<sup>-1</sup>, la combinación de nitrato de amonio con fertilizante foliar con 3533 kg ha<sup>-1</sup>, y la urea con 3495 kg ha<sup>-1</sup>, todos ellos superando al fertilizante foliar que alcanzó un rendimiento de 2599 kg ha<sup>-1</sup> y al testigo con 3280 kg ha<sup>-1</sup>. Los resultados evidencian que los fertilizantes nitrogenados tienen un impacto significativo en el aumento del rendimiento

del raigrás perenne, siendo el nitrato de amonio el más eficaz debido a que proporciona nitrógeno en las formas de nitrato y amonio, las cuales son absorbidas con mayor facilidad por las plantas.

Rodríguez (2020) evaluó la eficiencia de un fertilizante nitrogenado en la recuperación de pastos degradados, específicamente del pasto Marandú. aplicando dosis de 25, 50, 75 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio, comparado con un testigo. Los resultados mostraron que el uso de sulfato de amonio incrementó el macollamiento de la pastura en todos los tratamientos, lo que mejoró la cobertura del suelo, suprimió las malezas y previno la erosión. En cuanto al rendimiento de biomasa, la mayor producción se obtuvo con la dosis de 75 kg ha<sup>-1</sup>, alcanzando 14,000 kg de ms ha<sup>-1</sup>, seguido de la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> con 13,500 kg ms ha<sup>-1</sup>. La dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup> presentó un rendimiento de 12,500 kg ms ha<sup>-1</sup>, mientras que la dosis de 25 kg ha<sup>-1</sup> alcanzó 10,000 kg ms ha<sup>-1</sup>, siendo el testigo el de menor producción, con 7,500 kg ms ha<sup>-1</sup>. Estos resultados evidencian que el sulfato de amonio es clave en la recuperación de pasturas, una dosis adecuada de nitrógeno maximiza el desarrollo y rendimiento del cultivo, por el contrario, una fertilización excesiva puede causar pérdidas por volatilización o lixiviación, y una dosis insuficiente no cubre las necesidades de la planta.

Sierra *et al.* (2020) llevaron a cabo un estudio en el que compararon los efectos de la fertilización nitrogenada y fosfatada en raigrases perennes-tréboles rojos. los tratamientos fueron con aplicación de nitrógeno en dosis de 50, 100 y 150 kg N ha<sup>-1</sup>, y fósforo en dosis de 25 y 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Los resultados mostraron que, a los 49 días de corte, el tratamiento con la dosis de 50 kg N ha<sup>-1</sup>, el rendimiento fue de 2,420 kg de materia seca por hectárea; con 100 kg N ha<sup>-1</sup>, el rendimiento alcanzó 2,610 kg ha<sup>-1</sup>, y con 150 kg N ha<sup>-1</sup>, se incrementó a 3,200 kg ha<sup>-1</sup>. En cuanto a la fertilización fosfatada, el rendimiento con 25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> fue de 2,500 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que con 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> se obtuvo 2,540 kg ha<sup>-1</sup>. El testigo, por otro lado, presentó un rendimiento inferior de 1,770 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados indican que la aplicación

de nitrógeno en dosis crecientes mejora notablemente la producción y calidad de la asociación raigrás-trébol, en comparación con la fertilización fosfatada, que mostró un efecto más limitado en el rendimiento. Se concluye que la fertilización nitrogenada por sí sola puede maximizar el rendimiento de las pasturas sin la necesidad de fertilizantes adicionales.

Navarro (2019) realizó una evaluación sobre la respuesta del pasto raigrás anual (*L. multiflorum*) cv. Jumbo a tres fuentes de fertilizantes nitrogenados (urea, nitrato de amonio y urea protegida) aplicados en dos altitudes diferentes (2.000 y 2.800 m.s.n.m.) bajo condiciones tropicales en Costa Rica. La dosis aplicada fue de 200 kg N ha<sup>-1</sup> en cada caso. Los resultados mostraron que el nitrato de amonio fue la fuente nitrogenada más efectiva en ambas altitudes, logrando rendimientos de 4580 y 3225 kg ms ha<sup>-1</sup>. La urea protegida se ubicó en segundo lugar con rendimientos de 4108 y 3190 kg ms ha<sup>-1</sup>, mientras que la urea presentó los rendimientos más bajos, alcanzando 3915 y 2747 kg ms ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos hallazgos resaltan que el nitrato de amonio, debido a su alta solubilidad en forma de nitrato, es rápidamente absorbido, favoreciendo la síntesis de clorofila y aumentando la producción de biomasa. Aunque la urea protegida es de liberación lenta, su eficacia puede verse afectada por factores edafoclimáticos como la lluvia y las altas temperaturas. Por otro lado, la urea demostró una eficiencia reducida debido a su volatilidad y la necesidad de conversión antes de ser absorbida por las plantas.

Chuquicahua (2022) evaluó el rendimiento en el segundo corte de las variedades de raigrás (*Lolium multiflorum*) ecotipo Cajamarquino y (*Lolium perenne*) introducidas de Nueva Zelanda (variedades Alto y Viscount), fertilizadas con diferentes dosis de nitrógeno, en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. La dosis de nitrógeno fue de 50 y 75 kg N ha<sup>-1</sup>, en comparación con un tratamiento testigo. Los resultados obtenidos a los 60 días de corte, mostraron que el ecotipo Cajamarquino alcanzó un rendimiento de 28,030 kg fv ha<sup>-1</sup>, la variedad Viscount obtuvo 29,167 kg fv ha<sup>-1</sup>, y la variedad Alto alcanzó 31,933 kg fv ha<sup>-1</sup>, mientras que el testigo presentó un rendimiento inferior de 27,800 kg fv ha<sup>-1</sup>. Estos resultados

indican que la fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo en el rendimiento de forraje verde en las variedades de raigrás (*Lolium multiflorum*) ecotipo Cajamarquino y (*Lolium perenne*) introducidas de Nueva Zelanda (variedades Alto y Viscount).

Vallejos (2021) llevó a cabo una evaluación sobre la producción de forraje y el valor nutricional de la asociación de raigrás ecotipo cajamarquino y trébol blanco en la región de Cajamarca. Se determinó el rendimiento y la altura de la asociación en cortes realizados a los 30, 45 y 60 días de crecimiento. Los resultados mostraron que, a los 30 días, la pastura alcanzó una altura de 20.5 cm y un rendimiento de 2,567 kg de ms ha<sup>-1</sup>. A los 45 días, la altura aumentó a 33.9 cm y el rendimiento fue de 4,046 kg de ms ha<sup>-1</sup>. Finalmente, a los 60 días, la altura de la pastura llegó a 47.1 cm y el rendimiento alcanzó 5,588 kg ms ha<sup>-1</sup>. Estos resultados evidencian que, a medida que se prolonga el tiempo hasta el corte, tanto la altura como el rendimiento de la pastura incrementan, siendo mayores a los 60 días.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Raigrás**

#### **2.2.1.1. Origen del Raigrás (*Lolium multiflorum*)**

El raigrás forrajero es originario del mediterráneo, sur de Europa, norte de África y Asia menor, cultivada por primera vez en el norte de Italia en el siglo XIII Y XIV, se encuentra distribuido en todas las regiones templadas del mundo como una especie agrícola, y es considerado el cultivo más importante para la actividad agropecuaria, siendo el alimento más completo en la dieta animal (Velásquez, 2009).

#### **2.2.1.2. Características generales**

El raigrás o ballico como se le conoce en otras regiones, es una gramínea herbácea forrajera de muy buena calidad, produce un pasto denso con mucho follaje, la importancia dentro de los sistemas pastoriles es por su rápido crecimiento, alta productividad y forraje de óptima calidad (Hannaway *et al.*, 1999).

Arbito (2011) menciona que el raigrás por su digestibilidad, palatabilidad, ahijamiento, rapidez de rebrote, resistencia al pisoteo, es la planta ideal para ser pastoreada en laderas de medio y largo plazo. León *et al.* (2018) señalan que el raigrás es muy resistente a las heladas moderadas y severas, siendo un pasto de óptimo desarrollo en alturas hasta 3800 msnm donde otras especies forrajeras son difíciles de implantar.

Es exigente en la fertilidad, especialmente requiere fertilización nitrogenada, se adapta a suelos francos a francos arcillosos, de pH menor a 5.5 y se desarrollan mejor en suelos de pH cercanos a la neutralidad. Además, es intolerante a la salinidad, alcalinidad, sequías e inundación, sin embargo, cuando el suelo posee humedad muy bajo, retarda su desarrollo (Hernández, 2016).

#### **2.2.1.3. Clasificación taxonómica del raigrás**

Dominio	: Eukaryota
Reino	: Eukaryota
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida (= Monocotyledoneae)
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Género	: <i>Lolium</i>
Especie	: <i>multiflorum</i>

Nombre científico: *Lolium multiflorum* . (Cobos & Narváez, 2018)

#### **2.2.1.4. Características morfológicas**

El raigrás al ser una especie forrajera, crece en matas densas con gran número de macollos por planta, posee un sistema radicular ramificado y denso con numerosas raíces fibrosas y adventicias (Hannaway *et al.*, 1999).

Produce tallos subalternos, dando lugar a nuevos brotes, los tallos son de color verde amarillento que llegan a medir de 30 a 60 cm, y en condiciones de fertilización llega a medir hasta 90 cm de altura; las hojas tienen un tamaño de 4 a 10 mm de ancho y de 6 a 20 cm de largo, la vaina recubre al tallo en forma de abrazadera, presenta lígula membranosa y 2 aurículas que fijan la hoja a la vaina (Muñoz *et al.*, 2007).

La inflorescencia se coloca de manera alterna al raquis, son racimos compuestos de 1 a 3 espigas, los cuales contiene de 40 a 100 espiguillas, que miden de 35 a 45 cm de largo, las espiguillas poseen de 8 a 30 mm de longitud, son planas y delgadas, poseen una sola gluma que cubre la mitad de la espiguilla; la semilla se cubre con una lema y una palea, la lema es una bráctea con una arista recta (Hannaway *et al.*, 1999).

#### **2.2.1.5. Variedades de raigrás**

##### ***a. Raygrass italiano***

Conocido también con el nombre de raigrás anual, raigrás italiano, lolio y ballica italiana, es la gramínea más forrajera, tiene una gran velocidad de establecimiento y alta tasa de crecimiento que varía de 50 a 60 cm antes del espigado, posee brotes vigorosos con hojas largas y anchas. Además, un elevado potencial productivo, mayor calidad, digestibilidad y palatabilidad, que incrementan el consumo animal (Herrera, 2019).

##### ***b. Raygrass Westerwold***

Variedad de raigrás con alto desarrollo vegetativo después de la implantación, llega a medir de 50 a 60 cm de altura hasta el espigado, con mayor número de follaje, es considerada de alta producción, buena calidad y muy apetecible para el ganado, también se adecua a praderas de pastoreo y de recorte, mejora su calidad y productividad cuando se asocia con leguminosas como el trébol blanco o trébol rojo (Herrera, 2019).

### ***c. Raigrás ecotipo Cajamarquino (Diploide)***

Raigrás ecotipo cajamarquino Lolium, es el resultado de un cruzamiento genético entre el “Rye grass italiano” con el “Ryr grass perenne” es de fácil implantación, prosperando entre los 2 500 y 3 500 msnm, en suelos fértiles cercanos a la neutralidad, pero son tolerantes a suelos ácidos menores a 5.5 pH (Rojas ,2018).

Es la especie forrajera más común implantada en las praderas del valle de Cajamarca, por su palatabilidad y alto grado de digestibilidad, tiene un elevado contenido en agua (80-82 %) y 12 % de proteína, un excelente valor energético y un elevado contenido en cenizas (INIA, 2014).

#### **2.2.2. Trébol**

##### **2.2.2.1. Trébol blanco (*Trifolium repens* L)**

El trébol blanco es una especie forrajera encontrada en casi todas las praderas de pastoreo asociadas con otras especies forrajeras, se caracteriza por ser una leguminosa de excelente adaptación a praderas de pastoreo. Además, por su alto contenido de agua y alto valor nutricional (18 % de proteína), es muy palatable para los animales que lo consumen (INIA, 2014).

Esta especie es tolerante a condiciones bajas de temperatura, prefieren suelos arcillosos de media a alta fertilidad con pH de 5.5 a 7.5, con buena disponibilidad de agua, luz y fósforo, elemento esencial en su crecimiento y desarrollo, se abastece de nitrógeno gracias a la fijación biológica, su producción está presente en las cuatro estaciones del año, sin embargo, cuando presenta un déficit de algún elemento necesario para su desarrollo puede permanecer en latencia o con cierta actividad (Nila, 2016).

### 2.2.2.2. Clasificación taxonómica del trébol blanco

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Género	: <i>Trifolium</i>
Especie	: <i>repens</i>

Nombre científico : *Trifolium repens* L. (España, 2015)

### 2.2.2.3. Características morfológicas

El trébol blanco es una especie forrajera perenne, rastrera que alcanza hasta 10 cm de altura, su propagación es mediante estolones y semillas, posee una raíz ramificada con nudos compactos donde se desarrolla raíces adventicias estoloníferas, los estolones son envueltos por estipulas de las hojas, las hojas son pecioladas y trifoliadas, los folíolos son ovales con una mancha blanca a mitad de la hoja, la inflorescencia de esta gramínea es de tipo capítulos globulares de 1.5 a 2 cm de ancho, contienen de 50 a 200 flores blancas o una combinación de blanco-rosado, el pedúnculo mide 7 cm desde la base hasta el capítulo (Nila, 2016).

El fruto del trébol blanco es ovoide, de tres a cuatro semillas acorazonada, aplanada con la superficie lisa, el tamaño promedio es de 1 mm de largo a 0.9 mm de ancho; la semilla posee un color amarillo brillante y las semillas viejas se tornan de color rojo. Además, posee una protuberancia que coincide con la posición de la futura radícula (INIA, 2014).

### **2.2.3. Asociación de raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco**

Cáceres (2015) refiere que una buena producción de pasturas se inicia con un buen establecimiento de los pastizales, esto significa tener un número adecuado de plantas que cubran toda la cobertura del suelo en el mismo tiempo después de la siembra. INIA (2011) manifiesta que las mejores pasturas son mezclas de gramíneas y leguminosas forrajeras, con esta asociación se consigue elevar el rendimiento y mejorar la calidad nutritiva de los forrajes, siendo más apetecible para el ganado.

La importancia de asociar raigrás con trébol blanco es por el incremento de la calidad y productividad forrajera, además, el trébol blanco es un excelente fijador de nitrógeno atmosférico, este nitrógeno es usado por la misma planta y a la vez proporciona al suelo, de allí que las gramíneas asociadas con esta leguminosa pueden aprovechar el nitrógeno, incrementando su crecimiento y desarrollo (Nila, 2016).

SIAP (2020) manifiesta que, para establecer un cultivo de pasturas, se debe tener en cuenta una adecuada población de plantas, esto se logra con 25 kg de semilla ha<sup>-1</sup>, presentando una germinación del 85 % y 30 kg de semilla ha<sup>-1</sup>, presentando una germinación del 70 %. Además. Demanet (2019) refiere que, en una asociación de pasturas con trébol blanco, es necesario incorporar 3 kg de semilla ha<sup>-1</sup> cuando su germinación es mayor al 90 %.

### **2.2.4. Rendimiento de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco**

Los rendimientos obtenidos de la asociación raigrás-trébol blanco son de aproximadamente 25 000 kg ms ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, en suelos profundos con macro-micronutrientes necesarios y humedad abundante, se pueden realizar hasta 13 pastoreos al año (período de descanso de 28 días), más comúnmente se realizan 10 pastoreos (períodos de descanso entre 31 a 35 días)” (León *et al.*, 2018).

En una investigación con el objetivo de evaluar la producción de forraje verde y materia seca de la asociación *Lolium multiflorum* Lam. ecotipo cajamarquino con *Trifolium repens*

L. var. Ladino y *Trifolium repens* L. var. Tetrone con *Trifolium repens* L. var. Ladino. Los resultados obtenidos fueron que la asociación raigrás ecotipo cajamarquino y trébol blanco supera en producción con 126 920 kg fv ha<sup>-1</sup> por año y 30 770 kg ms ha<sup>-1</sup> por año, mientras que la asociación raigrás var. Tetrone y trébol blanco obtuvo 84 210 kg fv ha<sup>-1</sup> por año y 17 500 kg ms ha<sup>-1</sup> por año, concluyendo que la asociación raigrás ecotipo cajamarquino y trébol blanco aumenta la producción y mejora la calidad de las pasturas (Chávez, 1980).

En el trabajo de investigación realizado con el objetivo de evaluar la producción en las asociaciones raigrás variedad Delish (tetraploide) - trébol blanco y raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, en el distrito de Cochán – Chota, se determinó que el rendimiento de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino más trébol blanco durante la época de estiaje fue de 23 669.17 kg fv ha<sup>-1</sup> y 5 663.23 kg ms ha<sup>-1</sup>, en lluvia 21 711,67 kg fv ha<sup>-1</sup> y 4 021,87 kg ms ha<sup>-1</sup> siendo superior a la asociación raigrás variedad Delish (tetraploide) - trébol blanco donde el rendimiento en época de estiaje fue de 22 420,00 kg fv ha<sup>-1</sup> y 4 857,27 kg ms ha<sup>-1</sup>, en época de lluvia con 20 060,83 kg fv ha<sup>-1</sup> y 3 710,47 kg ms ha<sup>-1</sup> respectivamente (Villegas, 2020).

### **2.2.5. Fertilización**

De la Peña (2019) refiere que los fertilizantes es cualquier material orgánica o inorgánica de origen natural o sintético que se añade al suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes son sustancias con alto contenido de nutrientes utilizados para enriquecer las propiedades del suelo y promover un mayor crecimiento y desarrollo de los cultivos (FAO, 2002).

García *et al.*(2018) señalan que la importancia de los fertilizantes está relacionada con el ámbito agrícola, siendo el principal insumo utilizado para incrementar la productividad. González (2019) refiere que los fertilizantes como tal, han contribuido al rendimiento de los cultivos, generando un aumento en la producción de alimentos.

### 2.2.6. Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento más importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, es absorbido del suelo a través de las raíces en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ); en la planta durante el metabolismo de los carbohidratos se liberan componentes que se une al elemento nitrogenado para formar aminoácidos y proteínas, como componente proteico importante, participa en todos los procesos primordiales del desarrollo de la planta AGROVITRA (2022). Además, una buena distribución de nitrógeno a la planta ayuda a la absorción de otros nutrientes (FAO, 2002).

Los elementos nitrogenados son absorbidos por la planta en forma de iones inorgánicos nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), siendo el nitrato más móvil en el suelo y se diluye fácilmente con el agua desplazándose hacia las raíces de las plantas para ser absorbidos; por su parte el amonio se une a las partículas del suelo y en condiciones adecuadas de temperatura, humedad, aireación, pH del suelo, los organismos transforman el nitrógeno amoniacal en nitrato, convirtiéndose en nitrógeno asimilable para ser absorbidas por las plantas y utilizadas para sintetizar aminoácidos componentes primarios de la proteína, clorofila, ácidos nucleicos y enzimas (Coraspe *et al.*, 2009).

Las plantas necesitan el nitrógeno más que cualquier otro elemento, especialmente en las épocas de crecimiento activo, se considera que, del 85 al 90 % aproximadamente del contenido del nitrógeno celular de las plantas forrajeras, es proteína bruta, sintetizada a partir de los aminoácidos; este nitrógeno retenido por las plantas procede del nitrógeno del suelo y del nitrógeno del aire obtenido por simbiosis, teniendo en cuenta que el nitrógeno del suelo es insuficiente para lo que requiere la planta, por esta razón, regula el balance de nitrógeno en el suelo, maximizando las entradas y minimizar las salidas, las que varían según el tipo de suelo, la especie del cultivar, fertilización, cantidad de materia orgánica del suelo y prácticas agronómicas (Sánchez, 2013).

## 2.2.7. Fuentes nitrogenadas utilizadas en el estudio

### 2.2.7.1. Urea

La urea es la fuente más importante de fertilización nitrogenada en el mundo, la ventaja de la urea como fertilizante es que proporciona un alto contenido de nitrógeno (46 %); este producto se encuentra en forma granulada, y debido a su alta solubilidad se puede disolver en agua, una vez que la urea entre en contacto con el suelo, es absorbido por la planta en forma de  $\text{NH}_4^+$  y aprovechado en los procesos metabólicos de las plantas (Morales *et al.*,2019).

Para obtener la urea como fertilizante comercial se debe producir una reacción del amoníaco con dióxido de carbono en presencia de un catalizador, al concentrar esta sustancia se obtiene urea granulada o perlada, cualquiera que sea la presentación obtiene el 46 % de nitrógeno disponible para la planta (Sela, 2023).

**Tabla 1**

*Propiedades físico-químicas del fertilizante urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$*

<b>Propiedades físico-químicas de la urea</b>	
<i>Propiedades</i>	<i>Especificación</i>
Fórmula molecular	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Granulada o perlada
Color	Blanco
Olor	Característico amoniacal
Sabor	Salino
Masa molar	60,06 g mol a
Densidad	1,34 g $\text{cm}^3$ a 20 °C
pH (potencial de hidrógeno)	4
Solubilidad	108 g 100ml de agua a 20 °C
Punto de fusión	132 - 135 °C
Punto de ebullición	480 g L a 20 °C

(Ospina, 2020).

### 2.2.7.2. Nitrato de amonio

El nitrato de amonio es uno de los fertilizantes nitrogenados más solubles, posee una concentración de 33 % de N, en forma de nitrato y amonio, el nitrato se moviliza fácilmente por el agua en el suelo hacia las raíces de las plantas, el cual es tomada de manera inmediata por su disponibilidad, mientras que el amonio posee un efecto a largo plazo ya que debe ser transformada en nitrato por acción de los microorganismos para ser absorbido por las plantas (INIA, 1999).

El fertilizante nitrato de amonio es una sal formada por iones de nitrato y de amonio, se obtiene por neutralización de ácido nítrico con amoníaco tras la evaporación del agua, como fertilizante el nitrato de amonio presenta 33 % de concentración de nitrógeno, en donde el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) contenido es del 16.5 % del N total y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) el otro 16.5 % del N total, de las dos formas pueden ser tomadas y asimilada por las plantas (IPNI, 2019).

**Tabla 2**

*Propiedades físico-químicas del fertilizante nitrato de amonio  $\text{NH}_4\text{NO}_3$*

<b>Propiedades físico-químicas del nitrato de amonio</b>	
<i>Propiedades</i>	<i>Especificación</i>
Fórmula molecular	$\text{NH}_4\text{NO}_3$
Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Granulada
Color	Blanco higroscópico
Olor	Inodoro
Sabor	Salino
Masa molar	80,043 g mol
Densidad	1,72 g $\text{cm}^3$
pH (potencial de hidrógeno)	4.43
Solubilidad	190 g 100ml de agua a 20 °C
Punto de fusión	169 °C
Punto de ebullición	210 °C

(Ospina, 2020).

### 2.2.7.3. Sulfato de amonio

El sulfato de amonio, además de tener 21 % de nitrógeno, también posee 24 % de azufre en forma soluble como sulfato; en la fracción nitrogenada está presente en forma de amonio, su utilidad como fertilizante se debe a que la necesidad de azufre está muy relacionada con la cantidad de nitrógeno disponible para la planta, por lo que el sulfato de amonio hace un aporte balanceado de ambos nutrientes (Carrera *et al.*,2017).

El sulfato de amonio es producido a partir de una reacción de ácido sulfúrico y amoníaco caliente, por esta razón, en su presentación del fertilizante encontramos nitrógeno (N) en un 21 % del total y azufre (S) en un 24 % del total para ser distribuido como fuente nutricional de los cultivos (IPNI, 2019).

**Tabla 3**

*Propiedades físico-químicas del fertilizante sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*

<b>Propiedades físico-químicas del sulfato de amonio</b>	
<i>Propiedades</i>	<i>Especificación</i>
Fórmula molecular	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Cristalino
Color	Blanco a Pardusco
Olor	Inodoro
Sabor	Salino
Masa molar	132,14 g mol
Densidad	1,77 g cm <sup>3</sup>
pH	5 a 6
Solubilidad	76g 100ml de agua a 25 °C
Punto de fusión	350 °C
Punto de ebullición	No determinado

(Fertinova, 2015).

### **2.2.8. Fertilización Nitrogenada en pasturas**

Los principales nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las pasturas son el nitrógeno, fósforo y potasio. Sierra (1992) señala que el nitrógeno es el elemento más deficiente en praderas de pasturas permanentes. La fertilización nitrogenada es el elemento más utilizado en praderas de raigrás y trébol blanco, la independencia de este nutriente ha llevado a esfuerzos para mantener el equilibrio entre los ingresos de nitrógeno y las pérdidas de este mineral por la producción de MS y el bajo reciclaje animal (López, 2015).

El nitrógeno es un componente importante de los aminoácidos de las plantas que producen proteínas y ácidos nucleicos, también forma parte de vitaminas, fosfolípidos y de la clorofila, su función principal es promover la formación de tejido vegetal, aumentando el vigor, potenciando el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Echeverri *et al.*, 2010).

Sierra *et al.*(2020) afirma que la fertilización nitrogenada en raigrás (*Lolium perenne*) y trébol rojo (*Trifolium repens*) propicia un aumento en la concentración de clorofila y mayor capacidad para la síntesis de foto-asimilados. Además, induce al desarrollo de nuevas plantas por macollo incrementando la producción de biomasa forrajera. Akmal (2004), menciona que al realizar aplicaciones de nitrógeno en raigrás (*Lolium perenne* L.) no solo incrementa el número de macollos, sino que también amplían el área foliar presentando laminas más largas y anchas, generando un aumento en la producción de raigrás.

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Pastos**

El pasto es cualquier recurso vegetal que sirve como alimento del ganado, esta denominación engloba tanto a los pastos naturales o seminaturales, como los pastos de origen agrícola, pastos herbáceos y pastos leñosos, ya sean éstos arbustivos o arbóreos que el ganado aproveche para alimentarse mientras este circula sobre ellas (Ayanz, 2001).

### **2.3.2. Rendimiento de pastos**

Los rendimientos de los pastos se indican en peso de forraje verde (FV) y materia seca (MS) por hectárea (ha), siendo un parámetro importante al momento de elegir el tipo de pasto que se va a establecer, para garantizar el nivel de abastecimiento en un sistema de producción y alimentación animal (Hernández, 2022).

### **2.3.3. Materia Verde (MV)**

La materia verde es la muestra con la fracción de agua y materia seca.

### **2.3.4. Materia seca (MS)**

La materia seca es la parte que queda de una muestra de forraje fresco (materia verde), ya sea pradera, ensilaje, heno o granos, a la que se le ha extraído el agua mediante secado forzado. Además, la materia seca es un indicador de la cantidad de nutrientes que están disponibles en un alimento en particular (INIA, 2019).

### **2.3.5. Fertilizante**

Un fertilizante es cualquier material orgánica o inorgánica de origen natural o sintético que se añade al suelo para suministrar los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y optimizar la productividad (De la Peña, 2019).

# CAPÍTULO III

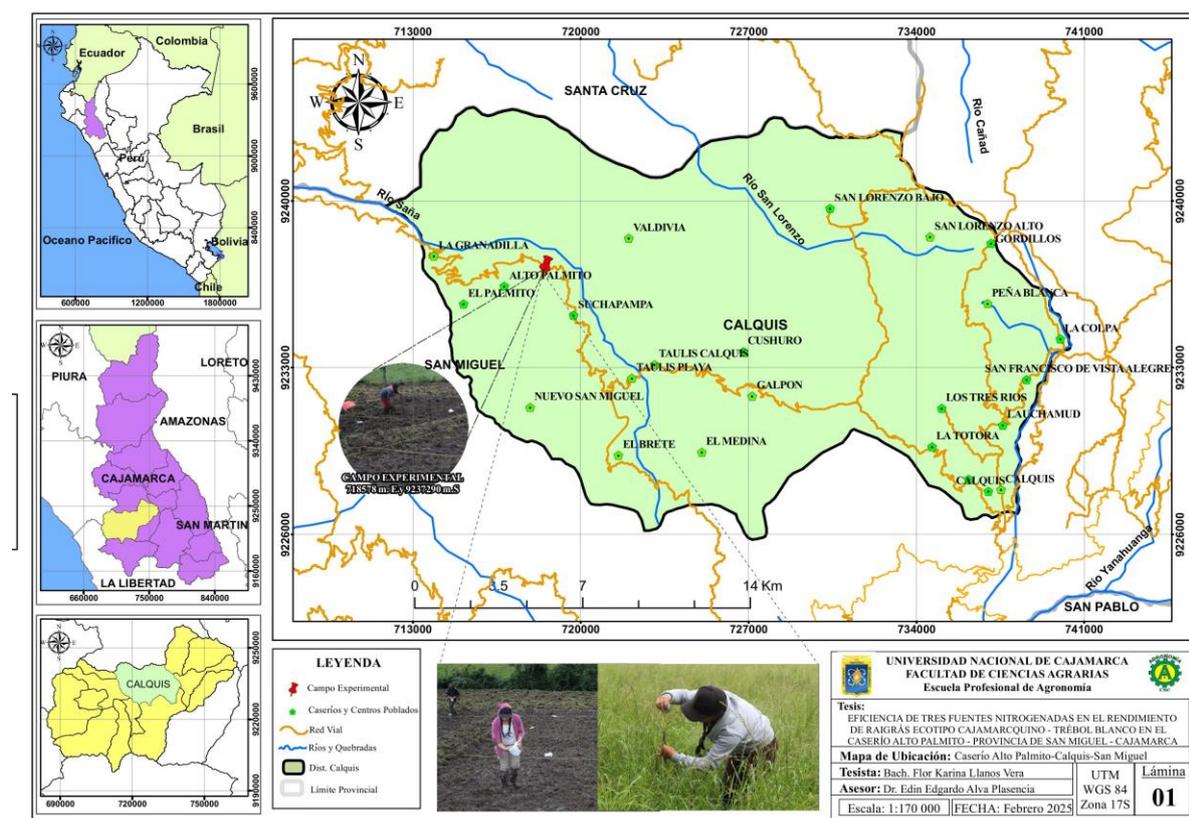
## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación geográfica y Política

La presente investigación se llevó a cabo en el caserío Alto Palmito, distrito de Calquis, provincia San Miguel-Cajamarca a una altitud de 2537 m.s.n.m cuyas coordenadas UTM son: 718578 m E y 9237290 m S , en zona 17 S.

**Figura 1**

*Ubicación del experimento*



*Nota. Elaboración propia*

### 3.2. Condiciones climatológicas

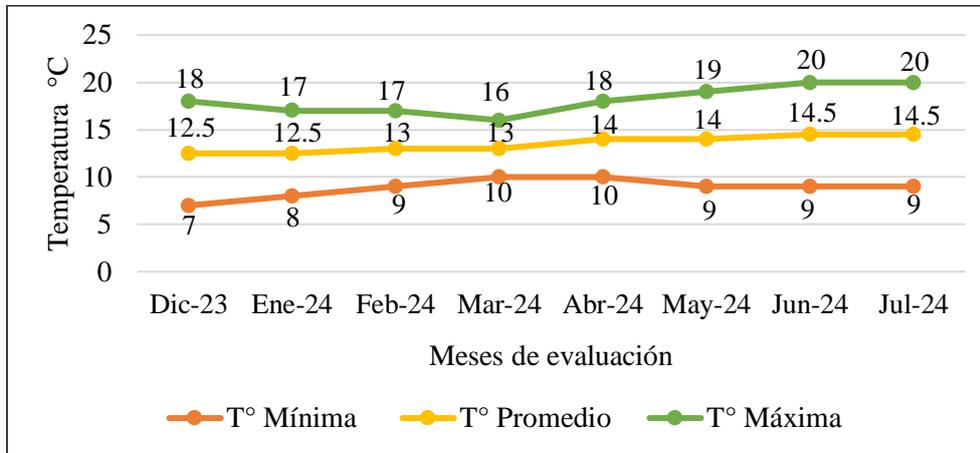
#### 3.2.1. Temperatura

La figura 2, muestra el registro de la temperatura máxima, mínima y promedio a partir de la instalación del experimento hasta la última evaluación, el cual fue desde diciembre del

año 2023 hasta el mes de julio del año 2024. Presentó una temperatura máxima de 20 °C, temperatura mínima de 7 °C y la temperatura promedio fue de 13 °C.

**Figura 2**

*Registro de la temperatura ( máxima, mínima y promedio) durante el periodo de evaluación*

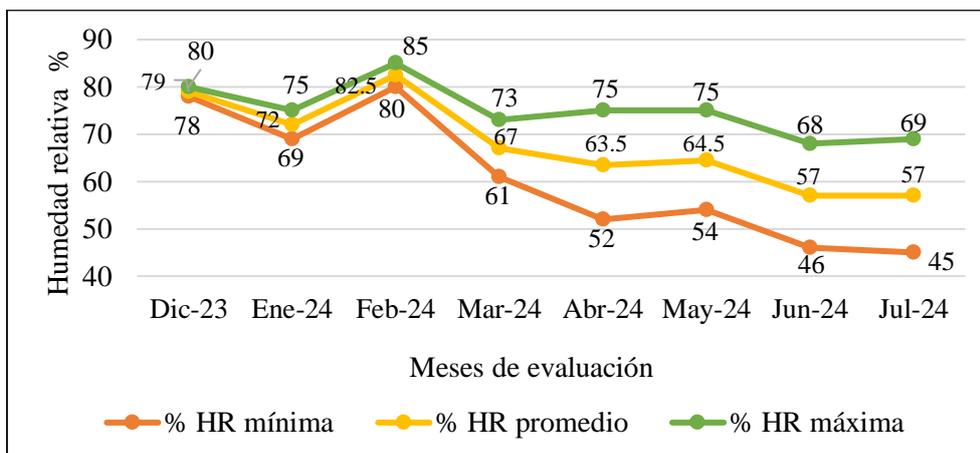


### 3.2.2. Humedad relativa

La figura 3, muestra el registro de la humedad relativa máxima, mínima y promedio a partir de la instalación del experimento hasta la última evaluación, el cual fue desde el mes de diciembre del año 2023 hasta el mes de julio del año 2024. Presentó una HR máxima de 85 % , HR mínima de 45 % y una HR promedio de 67 %.

**Figura 3**

*Registro de la humedad relativa ( máxima, mínima y promedio) durante el periodo de evaluación*

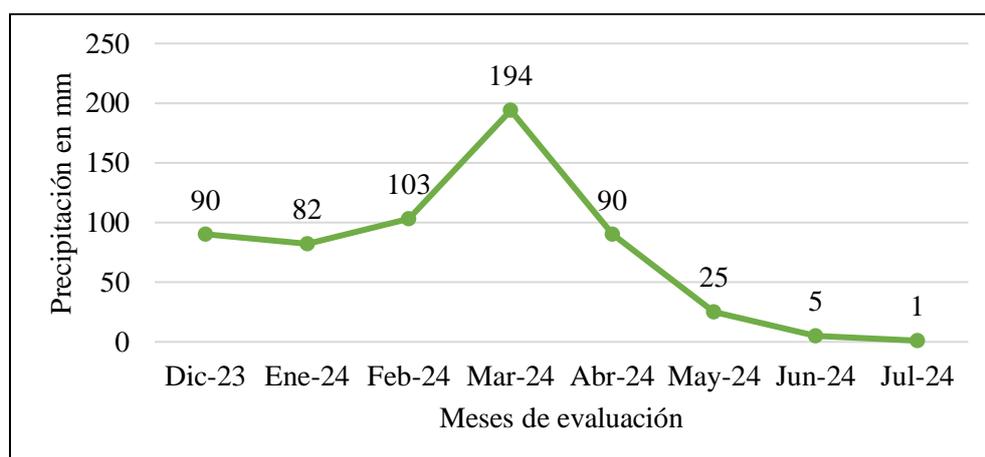


### 3.2.3. Precipitación

La figura 4, muestra el registro de la precipitación a partir de la instalación del experimento hasta la última evaluación, siendo a partir del mes de diciembre del año 2023 hasta el mes de julio del año 2024. Las precipitaciones registradas a partir del mes de diciembre, fueron las ideales para realizar una siembra de pasturas, debido a que la humedad del suelo favoreció la germinación de las semillas y su desarrollo durante todo el periodo de evaluación.

**Figura 4**

*Registro de la precipitación durante el periodo de evaluación*



### 3.3. Materiales

#### 3.3.1. Material Biológico

- Semillas de raigrás y trébol blanco.

#### 3.3.2. Material de campo

- Barreno
- GPS
- Wincha
- Estacas
- Rafia
- Etiquetas
- Cámara fotográfica
- Bolsas plásticas

### **3.3.3. Material de escritorio**

- Laptop
- Impresora
- USB
- Libreta de apuntes
- Hojas bond A4
- Lápiz

### **3.3.4. Insumos**

- Urea (46 % N)
- Nitrato de amonio (33.5 % N)
- Sulfato de amonio (21 % N)

## **3.4. Metodología**

### **Variables**

#### **Variable independiente**

Fertilizantes Nitrogenados como la Urea, Nitrato de amonio y Sulfato de amonio con una dosis única de 180 kg N ha<sup>-1</sup>.

#### **Variable Dependiente**

Rendimiento de la asociación Raigrás Ecotipo cajamarquino – Trébol blanco en base al forraje verde, materia seca y altura de planta.

#### **3.4.1. Tratamiento del estudio**

La tabla 4, muestra los tratamientos y la cantidad de fertilización que le corresponde a cada unidad experimental con las diferentes fuentes nitrogenadas.

**Tabla 4***Fuentes de fertilización y cantidad utilizada en cada unidad experimental*

Tratamientos	Cantidad	Dosis	Clave
Sin fertilizante	Testigo	00 kg N ha <sup>-1</sup>	T0
Urea (46 %N)	0.783 kg	180 kg N ha <sup>-1</sup>	T1
Nitrato de amonio (33 %N)	1.1 kg	180 kg N ha <sup>-1</sup>	T2
sulfato de amonio (21 %N)	1.714 kg	180 kg N ha <sup>-1</sup>	T3

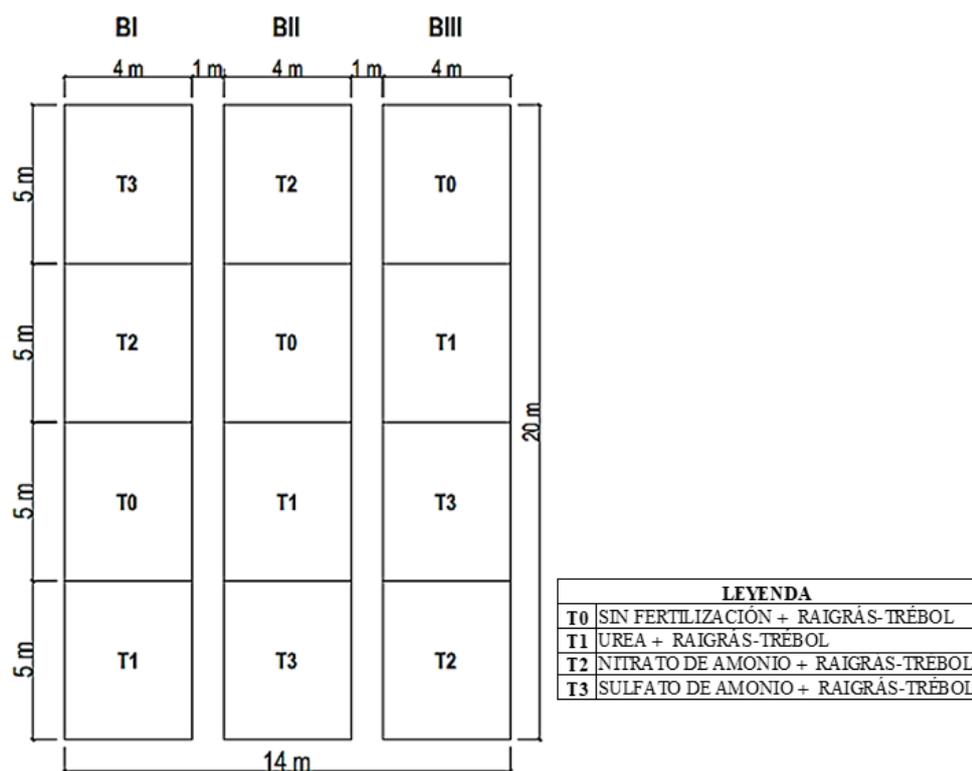
**3.4.2. Arreglo de los tratamientos**

La distribución de los tratamientos se encuentra detallado en la figura 5, el cual se empleó el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con 4 tratamientos, 3 repeticiones, con un total de 12 unidades experimentales.

Área total del experimento: 280 m<sup>2</sup> (20 m de largo y 14 m de ancho).

Área de cada unidad experimental (12 UE): 20 m<sup>2</sup> (5 m de largo y 4 m de ancho).

Área del espacio entre bloques (3B): 1m.

**Figura 5***Distribución de las unidades experimentales*

### **3.4.3. Metodología**

#### **3.4.3.1. Reconocimiento del área de trabajo**

En el mes de octubre del año 2023 se realizó el reconocimiento del área de trabajo, con la finalidad de obtener información concreta del predio seleccionado para llevar a cabo el experimento. En esta actividad se recolectó una muestra de suelo para su previo análisis que permitió mostrar el estado nutricional del suelo, y a partir de su respectivo análisis, se llevó a cabo dicha investigación. Además, se recolectó datos como la temperatura, humedad relativa y precipitación.

#### **3.4.3.2. Muestreo de suelos**

El método escogido para la recolección de submuestras, fue el método del zigzag. Con ayuda de un barreno se tomó las submuestras del suelo caminando en líneas cruzadas cada 10 pasos desde cada punto seleccionado de muestreo, permitiendo así cubrir toda el área deseada a evaluar. Posterior a ello, toda la cantidad de suelo muestreado se mezcló para obtener una sola muestra representativa (1 kg) del predio, esta muestra representativa se etiquetó mencionando el lugar del predio muestreado y el nombre del propietario, para finalmente ser enviada al laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología (LASAE) de la Universidad Nacional Agraria la Selva (UNAS).

#### **3.4.3.3. Análisis de suelo**

En el mes de noviembre del año 2023 se realizó la interpretación del análisis de suelo del predio experimental. El análisis de suelos es el diagnóstico más elemental para determinar la fertilidad del suelo. La tabla 5, muestra el análisis de suelo realizado, determinándose que la materia orgánica presentó 4.478 %, alto; nitrógeno total 0.224 %, medio; fósforo disponible 8.153 ppm, medio y potasio disponible 171.974 ppm, medio, según la escala de interpretación (Tabla 6) del laboratorio de análisis de suelos y plantas (FCA-UNC).

**Tabla 5***Resultado del análisis de suelo del experimento*

Clase textural	pH	Materia orgánica (M.O)	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
	1:1	%	%	ppm	ppm
Franco arenoso	5.28	4.48	0.224	8.154	171.97

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología (LASAE) de la Universidad Nacional Agraria la Selva (UNAS).

**Tabla 6***Interpretación de la materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio del suelo*

Denominación	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (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 análisis de suelos y plantas (FCA-UNC)

**Tabla 7***Interpretación del pH del suelo*

Denominación	pH
	1.1
Fuertemente ácido	< 5.5
Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutro	7.0
Ligeramente alcalino	7.2 - 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
fuertemente alcalino	> 8.5

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina

#### 3.4.3.4. 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 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 8**

*Análisis de germinación de la semilla de raigrás ecotipo cajamarquino*

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

**Tabla 9**

*Análisis de germinación de la semilla de trébol blanco*

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

#### 3.4.3.5. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en el mes de diciembre del 2023. Tuvo como objetivo mejorar las condiciones para la siembra de pasturas. Para remover el suelo se utilizó arado a tracción animal, la profundidad de arado fue de 30 cm, profundidad adecuada para la siembra de raigrás ecotipo cajamarquino y trébol blanco por las características fisiológicas que posee en su hábitat de desarrollo (enraizado superficial).

En la preparación del terreno se eliminó la maleza como es el kikuyo planta invasora de los campos de cultivos, dejando mullido la tierra para obtener una buena cama de siembra facilitando el contacto y la interacción de la semilla con su medio de desarrollo.

### 3.4.3.6. Delimitación de las parcelas

La delimitación de las parcelas experimentales se realizó utilizando estacas y rafia, donde cada unidad experimental se identificó con un cartel para facilitar las evaluaciones de dicha investigación. El área total del experimento fue de 280 m<sup>2</sup>, cada unidad experimental tuvo un área de 20 m<sup>2</sup> (5 m largo y 4 m de ancho), dejando un espacio de 1 m entre bloques.

### 3.4.3.7. Siembra

La siembra de las pasturas se realizó el 16 de diciembre del año 2023.

Una vez delimitada cada unidad experimental, y antes de realizar la siembra, se humedeció el suelo para facilitar el contacto de la semilla con su medio de crecimiento. En la siembra, las semillas de raigrás ecotipo cajamarquino y trébol blanco, se aplicaron lo más cercano posible al suelo, para evitar ser llevado por el viento. Posterior a la siembra se fertilizó y se tapó con ayuda de un rastrillo con débiles golpeteos hacia el suelo que nos permitió asegurar la siembra de esta asociación.

La tabla 9, muestra la dosis de semilla que se utilizó. Por recomendación, la dosis de semilla fue de 30 kg ha<sup>-1</sup> y de trébol blanco fue de 3 kg ha<sup>-1</sup>. En cada unidad experimental se utilizó 0.06 kg de semilla de raigrás en 20 m<sup>2</sup> y 0.006 kg de semilla de trébol blanco en 20 m<sup>2</sup>.

**Tabla 10**

*Dosis de semillas utilizadas en cada unidad experimental*

Raigrás ecotipo cajamarquino		Trébol blanco	
Cantidad (kg)	Área	Cantidad (kg)	Área
30	1 ha <sup>-1</sup>	3	1 ha <sup>-1</sup>
0.720	240 m <sup>2</sup>	0.072	240 m <sup>2</sup>
0.06	20 m <sup>2</sup>	0.006	20 m <sup>2</sup>

### 3.4.3.8. Dosis de fertilización

Al evaluar el análisis de suelo realizado en el predio experimental de la presente investigación, se determinó que, el elemento nitrógeno se encuentra deficiente para una siembra de pasturas, por ende, la dosis de abonamiento recomendado fue de 180 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Por esta razón se incorporó diferentes fuentes de fertilización nitrogenada (Urea, Nitrato de amonio, Sulfato de amonio) para determinar la productividad de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco.

Debido a que estas fuentes químicas nitrogenadas por sus características, tienden a volatilizarse con mayor rapidez y perderse por diferentes motivos, es recomendable fraccionar la aplicación de nitrógeno (Santamaria, 2022). por esta razón se aplicó el 50 % de la fertilización al momento de la siembra, el día 16 de diciembre del año 2023 y el 50 % faltante se incorporó después del corte de limpieza de la asociación de pasturas, el día 15 día marzo del año 2024.

**Tabla 11**

*Fuentes de fertilización y cantidad utilizada en cada unidad experimental*

Fuentes Nitrogenadas	Clave	Total de fertilizante (kg)	Primera fertilización (kg)	Segunda fertilización (kg)
Sin fertilizante	T0	0	0	0
Urea (46 %N)	T1	0.783	0.3915	0.3915
Nitrato de amonio (33 %N)	T2	1.1	0.55	0.55
sulfato de amonio (21 %N)	T3	1.714	0.857	0.857

### 3.4.3.9. Practicas agronómicas

#### *a. Riego*

El experimento al realizarse en época de lluvia, se mantuvo la humedad del suelo, garantizando el éxito de la instalación del cultivo de pasturas.

#### *b. Primer corte (Corte de limpieza)*

El primer corte (corte de limpieza), se realizó a los 90 días después de la siembra, el día 15 de marzo del año 2024. Este corte tubo la finalidad de fomentar la uniformidad del cultivo en el nuevo rebrote y tener evaluaciones con muestras representativas.

### 3.4.4. Evaluaciones

#### 3.4.4.1. Cortes de evaluación

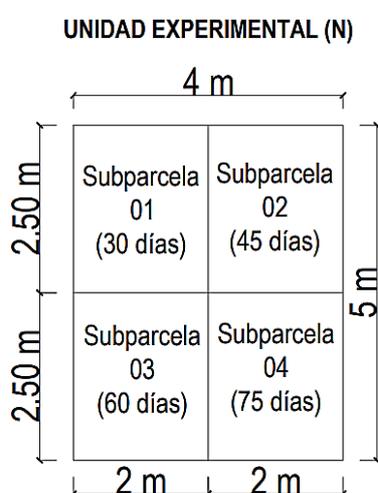
Para estimar la producción de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino-trébol blanco se realizó evaluaciones a los 30, 45, 60 y 75 días después de haber transcurrido un mes del corte de limpieza. Las fechas estimadas fueron: 17 de abril del 2024, 30 de abril del 2024, 15 de mayo del 2024 y 30 de mayo del 2024.

Para esta evaluación, cada unidad experimental se dividió en cuatro subparcelas facilitando las evaluaciones del primer corte de 30 días, segundo corte de 45 días, tercer corte de 60 días y cuarto corte de 75 días, respectivamente.

Para la recolección de muestras de pasturas, se utilizó un cuadrante de  $1/4 \text{ m}^2$  en cada evaluación. En cada subparcela, se recolectaron tres muestras, cuyos valores fueron promediados para obtener un resultado representativo. Este promedio se convirtió primero a un metro cuadrado y luego se proyectó a una hectárea, con el propósito de estandarizar los datos.

#### Figura 6

*Distribución de la frecuencia de evaluación en cada unidad experimental*



### 3.4.4.2. Evaluación del rendimiento de forraje verde de las pasturas en kg ha<sup>-1</sup>

Para evaluar dicho parámetro, se empleó el método del cuadrante de 1/4 m<sup>2</sup> para recolectar muestras de forraje verde en cada unidad experimental. En cada evaluación, se tomaron tres muestras, las cuales fueron pesadas en una balanza graduada para obtener un promedio representativo del peso. Este valor se utilizó posteriormente para estimar el rendimiento de forraje verde por hectárea (kg fv ha<sup>-1</sup>).

### 3.4.4.3. Evaluación del rendimiento de materia seca de las pasturas en kg ha<sup>-1</sup>

Para evaluar el contenido de materia seca en los forrajes, el material recolectado de forraje verde de cada unidad experimental fue trasladado al laboratorio de pastos y forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la UNC. De cada muestra se separaron 100 gramos, los cuales se colocaron en bolsas de papel Kraft y se sometieron a secado en una estufa a 105 °C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, las muestras fueron pesadas para determinar el porcentaje de materia seca (%MS). Este dato fue esencial para calcular la cantidad de materia seca en kilogramos por hectárea (kg MS ha<sup>-1</sup>), utilizando una fórmula específica que se detalla a continuación.

- Fórmula de la obtención del %MS y MS en kg ha<sup>-1</sup>

Donde:

$$\%MS = \left( \frac{\text{Peso final muestra}}{\text{Peso inicial muestra}} \right) \times 100$$

MS= Materia seca de la pastura

$$\text{Kg MS ha}^{-1} = \frac{\text{kg FV ha}^{-1} \times \% \text{ MS}}{100}$$

FV = Peso del forraje verde de las pasturas

### 3.4.4.3. Evaluación de la altura de las plantas

Para estimar la altura de las plantas, se utilizó una wincha métrica, tomando las mediciones dentro del cuadrante empleado para recolectar las muestras de forraje. La altura fue medida desde la base de la planta hasta la zona con la mayor concentración de hojas. En el

caso de plantas que alcanzaron la etapa de espigado, las evaluaciones se realizaron exclusivamente antes de la espiga, asegurando que las mediciones fueran representativas

### ***3.4.5. Análisis Estadístico***

El análisis estadístico para determinar el efecto de tres fuentes nitrogenadas en el rendimiento de raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, fue el análisis de varianza (ANOVA) y para las comparaciones de medias se empleó la prueba de Tukey (5%).

Modelo lineal.

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

$Y_{ij}$  = Rendimiento del raigrás ecotipo cajamarquino – Trébol blanco

$\mu$  = El efecto medio de la muestra

$t_i$  = El efecto del fertilizante nitrogenado

$\beta_j$  = El efecto del bloque

$E_{ij}$  = El efecto del error experimental

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, a los 60 días del periodo de corte

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el rendimiento de forraje verde (Tabla 11 ), el valor de significancia (p-valor = 0.2805) es mayor al 0.05, esto indica que no existe una diferencia significativa entre los bloques. Así mismo, el valor de significancia (p-valor = 0.0001) para los tratamientos es menor a 0.05, indicando diferencias significativas entre los tratamientos, es decir, que las distintas fuentes nitrogenadas evaluadas (urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio) tienen un impacto significativo en el rendimiento del cultivo.

El coeficiente de variación (CV) evaluado a los 60 días del periodo de corte, fue de 7.41 %, el cual indica que la variabilidad de los resultados del rendimiento de forraje verde  $\text{kg ha}^{-1}$  dentro de cada tratamiento es baja. Además, indica que el diseño empleado en el experimento presentó un buen control sobre la variabilidad del rendimiento.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloques	3645600	2	1822800	1.58	0.2805
Tratamientos	377467733.3	3	125822578	109.27	<0.0001
Error	6909066.67	6	1151511.11		
Total	388022400	11			

CV =7.41%

La prueba de Tukey, realizada para la comparación de medias en el rendimiento de forraje verde (Tabla 12 y Figura 7), muestra que la fuente con nitrato de amonio (T2) obtuvo el mayor rendimiento de las pasturas, con un promedio de 23,146.67  $\text{kg ha}^{-1}$ . clasificándose en la

categoría A, lo que indica que su efecto en el rendimiento de las pasturas es superior en comparación a las demás fuentes nitrogenadas.

Las fuentes sulfato de amonio (T3) y la urea (T1), generaron rendimientos promedios de 14,133.33 kg ha<sup>-1</sup> y 13,146.67 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, agrupándose en la categoría B. Esto significa que no existe diferencia entre estas dos fuentes nitrogenadas, pero ambas incrementan el rendimiento de las pasturas en comparación al testigo.

Las pasturas (T0), que no recibió ninguna fuente nitrogenada, mostró el rendimiento más bajo con un promedio de 7,493.33 kg ha<sup>-1</sup>, clasificándose en la categoría C. Esto indica que su rendimiento es inferior a las pasturas que sí recibieron nitrógeno. La falta de fertilización nitrogenada limitó la producción de forraje verde.

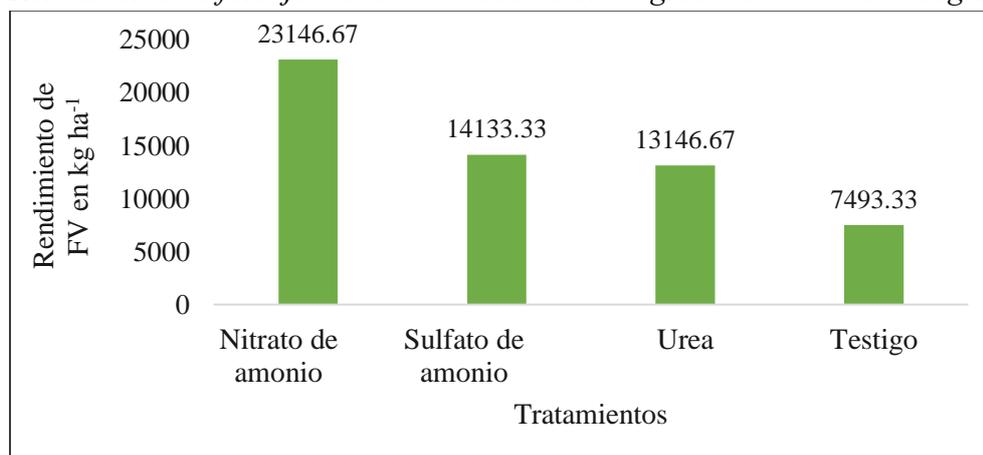
**Tabla 13**

*Prueba de Tukey para el rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días*

Tratamientos	Rendimiento de FV en kg ha <sup>-1</sup>	Agrupación
Nitrato de amonio (T2)	23 146.67	A
Sulfato de amonio (T3)	14 133.33	B
Urea (T1)	13 146.67	B
Testigo (T0)	7 493.33	C

**Figura 7**

*Rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás – trébol blanco según los tratamientos*



Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que el nitrato de amonio es la fuente de nitrógeno más eficiente para aumentar el rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco, alcanzando un valor de 23,146.67 kg ha<sup>-1</sup>. En comparación, el sulfato de amonio, con un rendimiento de 14,133.33 kg ha<sup>-1</sup>, y la urea, con 13,146.67 kg ha<sup>-1</sup>, aunque también incrementan el rendimiento, requieren de un proceso de conversión en el suelo para ser aprovechados eficientemente, lo que podría explicar su menor eficiencia. Las plantas testigo, sin fertilización nitrogenada, mostró un rendimiento menor de 7,493.33 kg ha<sup>-1</sup>, evidenciando las limitaciones del crecimiento en ausencia de un aporte adecuado de nitrógeno.

Estos resultados son semejantes a los de Cerdas y Vallejos (2011) quienes también observaron un aumento en la producción de biomasa verde del pasto Guinea Tanzania con la aplicación de nitrato de amonio y sulfato de amonio, con rendimientos de 14,218.75 kg ha<sup>-1</sup> y 11,468.75 kg ha<sup>-1</sup> a los 45 días de corte. Además, Chuquicahua (2022) menciona que la fertilización nitrogenada a base de urea también mejora el rendimiento de forraje verde en raigrás ecotipo cajamarquino, por lo que, a los 60 días de corte obtuvo 14,015 kg fv ha<sup>-1</sup> lo que refuerza la importancia del nitrógeno en el crecimiento de pasturas.

Por otro lado, Rodríguez y Flores (2004) refieren que el nitrato es la forma preferida de nitrógeno absorbida por las raíces del raigrás debido a su mayor movilidad en el suelo, lo cual explica la mayor efectividad del nitrato de amonio en comparación con otras fuentes nitrogenadas. Además, AGROVITRA (2020), manifiesta que el nitrógeno en forma de ion nitrato es absorbido con mayor facilidad por las raíces y es transportado a las partes aéreas de la planta, donde es convertido en aminoácidos y proteínas, facilitando la producción de la enzima nitrato reductasa que produce hormonas como las auxinas y giberelinas, los cuales promueven la división celular y el alargamiento del tallo, contribuyendo al desarrollo apical, formación de plantas más altas y robustas.

Estos antecedentes sustentan que la elección de la fuente nitrogenada y su forma de disponibilidad son cruciales para optimizar el rendimiento en cultivos de pasturas, demostrando que la fuente nitrogenada nitrato de amonio por su forma de disponibilidad es más eficiente para aumentar el rendimiento de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco.

#### **4.2. Tendencia del Rendimiento de forraje verde de la asociación raigrás-trébol blanco**

La Figura 8, muestra el rendimiento de forraje verde en  $\text{kg ha}^{-1}$ , en función de la frecuencia de corte y los diferentes tratamientos. A los 30 días, las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) presentó el mayor rendimiento con  $11,493.33 \text{ kg ha}^{-1}$ , destacándose como la fuente más eficiente en esta etapa inicial debido a su rápida disponibilidad de nitrógeno. Las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio (T3) obtuvieron un rendimiento de  $8,760.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , con la ventaja de proporcionar azufre, nutriente importante para el desarrollo de la planta. Las pasturas fertilizadas con urea obtuvieron un rendimiento de  $8,226.67 \text{ kg ha}^{-1}$ , lo que indica que, al descomponerse libera nitrógeno, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de la planta. El testigo mostró el menor rendimiento con  $2,426.67 \text{ kg ha}^{-1}$ , evidenciando que, sin la aplicación de fertilización nitrogenada, el crecimiento del forraje es menor.

A los 45 días, las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) nuevamente mostró el mayor rendimiento con  $20,426.67 \text{ kg ha}^{-1}$ , afirmando su eficacia superior. Las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio (T3) aumentó su rendimiento a  $13,546.67 \text{ kg ha}^{-1}$ , indicando una buena respuesta a la fertilización combinada. Las pasturas fertilizadas con urea (T1) incrementó el rendimiento a  $12,853.33 \text{ kg ha}^{-1}$ , lo que indica que la mineralización continúa beneficiando el crecimiento. El rendimiento de las pasturas del tratamiento testigo (T0) mejoró a  $5,960.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , aunque siguió siendo el más bajo.

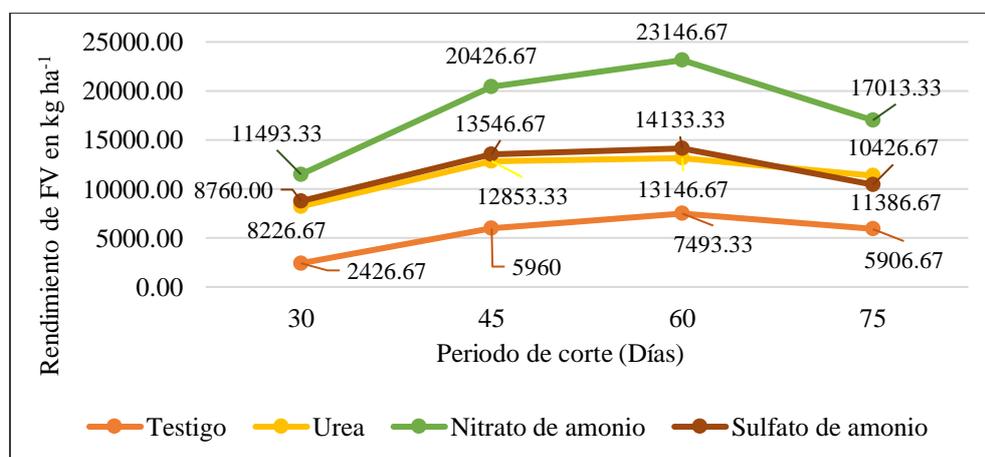
A los 60 días, el nitrato de amonio fue la fuente que generó mayor rendimiento en esta etapa, con  $23,146.67 \text{ kg ha}^{-1}$ , demostrando que su efecto beneficioso se mantiene con el tiempo. Las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio también presentaron un buen rendimiento con

14,133.33 kg ha<sup>-1</sup>, superando a las fertilizadas con urea que tuvo un rendimiento de 13,146.67 kg ha<sup>-1</sup>. El testigo (T0) alcanzó un rendimiento de 7,493.33 kg ha<sup>-1</sup> siendo inferior al rendimiento de las pasturas que recibieron fertilización nitrogenada.

Finalmente, a los 75 días, se evidencia una disminución en el rendimiento de las pasturas de todos los tratamientos, probablemente debido a la madurez del forraje en esta etapa. Las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) mantuvieron el mejor rendimiento con 17,013.33 kg ha<sup>-1</sup> seguidas por las fertilizadas con urea (T1), que alcanzaron 11,386.67 kg ha<sup>-1</sup>. Las fertilizadas con sulfato de amonio (T3) presentó un rendimiento de 10,426.67 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el testigo (T0) registró el menor rendimiento, con 5,906.67 kg ha<sup>-1</sup>, reafirmando la superioridad de los tratamientos con fertilización nitrogenada.

**Figura 8**

*Tendencia del rendimiento de forraje verde en kg ha<sup>-1</sup> de la asociación raigrás-trébol blanco*



Los resultados obtenidos en la presente investigación revelan que la fertilización nitrogenada incrementa significativamente el rendimiento de forraje verde en el cultivo de raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco. Entre las fuentes nitrogenadas evaluadas, el nitrato de amonio se destaca como la más eficiente para aumentar el rendimiento de las pasturas en todas las etapas del crecimiento, superando a la urea y al sulfato de amonio, esto debido a su rápida disponibilidad y eficacia sostenida en la provisión de nitrógeno. Las plantas del

tratamiento testigo, que no recibió fertilización nitrogenada, demostró claramente las limitaciones del crecimiento sin un adecuado suministro de nitrógeno.

Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Alcoser (2016), quien determinó que la producción de materia verde y materia seca en el cultivo de ryegrass perenne está directamente influenciada por el nitrógeno aplicado. Además, también observó que, a medida que aumenta el nitrógeno disponible para la planta, también incrementa la producción de biomasa, lo que confirma la importancia del nitrógeno en la mejora del rendimiento del forraje. Esto refuerza la eficacia observada del nitrato de amonio en la presente investigación, al ser la fuente de nitrógeno que mostró un mayor impacto en el rendimiento.

Por otro lado, Beltrán *et al.* (2020) subrayan la importancia del nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de los pastos, indicando que este nutriente estimula la producción de hojas, rebrotes y entrenudos, contribuyendo al aumento del área foliar. Además, permite que las plantas mantengan su valor nutritivo por más tiempo, lo que es crucial para la producción de forraje de alta calidad. Este argumento respalda los resultados obtenidos, donde se observa que las fuentes nitrogenadas mejoran el rendimiento de forraje verde en comparación con el testigo.

Es importante señalar que, a los 60 días del periodo vegetativo del raigrás, en todos los tratamientos alcanzarán su máxima producción de forraje verde, seguida de una declinación en las etapas posteriores. Esta tendencia puede atribuirse a la pérdida progresiva de agua en la biomasa y al inicio del proceso de senescencia, que reduce la capacidad de producción. Serrano *et al.* (2020) describen un fenómeno similar en su estudio sobre la degradación estacional de la calidad de los pastos, donde la biomasa total continúa aumentando hasta la maduración completa, pero la calidad de la vegetación disminuye debido a la reducción del contenido de clorofila, lo que se refleja en una disminución del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Esto indica que, aunque el rendimiento de biomasa total puede seguir en aumento, la calidad del forraje puede deteriorarse a medida que el cultivo envejece, lo cual es un aspecto crucial a considerar en la gestión de pasturas para asegurar una producción sostenida y de alta calidad.

#### 4.3. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de materia seca del raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, a los 60 días del periodo de corte

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el rendimiento de materia seca del cultivo de raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco, muestra un valor (p-valor = 0.4424) mayor al 0.05 para los bloques, lo que indica que no existe diferencias significativas entre bloques. En cuanto a los tratamientos se obtuvo un valor (p-valor = 0.0001) menor al 0.05, lo que indica una diferencia significativa entre las diferentes fuentes de nitrógeno utilizadas (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio).

El coeficiente de variación (CV) evaluado a los 60 días del periodo de corte, es de 6.35 %, el cual indica que la variabilidad de los resultados del rendimiento de MS kg ha<sup>-1</sup> dentro de cada tratamiento es baja. Además, indica que el diseño empleado en el experimento presentó un buen control sobre la variabilidad del rendimiento.

**Tabla 14**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de materia seca de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	87886.59	2	43943.29	0.94	0.4424
Tratamientos	20374357.76	3	6791452.59	144.83	<0.0001
Error	281361.52	6	46893.59		
Total	20743605.87	11			

CV = 6.35%

La prueba de Tukey realizado para la comparación de medias en el rendimiento de materia seca de las pasturas (Tabla 14 y Figura 9), muestra que la fuente nitrato de amonio (T2)

mejoró el rendimiento de las pasturas con 5,394.4 kg ha<sup>-1</sup>, ubicándose en la agrupación A . Esto indica que el nitrato de amonio es la fuente de nitrógeno más eficiente entre las probadas y el testigo.

Por su parte, las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio (T3) y urea (T1) obtuvieron rendimientos de 3,392 kg ha<sup>-1</sup> y 3,108.27 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, clasificándose en la agrupación B. Aunque ambas fuentes nitrogenadas mejoraron el rendimiento de materia seca respecto al testigo, no alcanzaron el nivel de eficacia del nitrato de amonio

Finalmente, las pasturas del tratamiento testigo (T0), sin aplicación de nitrógeno, presentó el menor rendimiento con 1,748 kg ha<sup>-1</sup>, situándose en la agrupación C. Este resultado resalta la importancia de la fertilización nitrogenada, ya que la falta de este nutriente limitó significativamente el rendimiento de materia seca del cultivo.

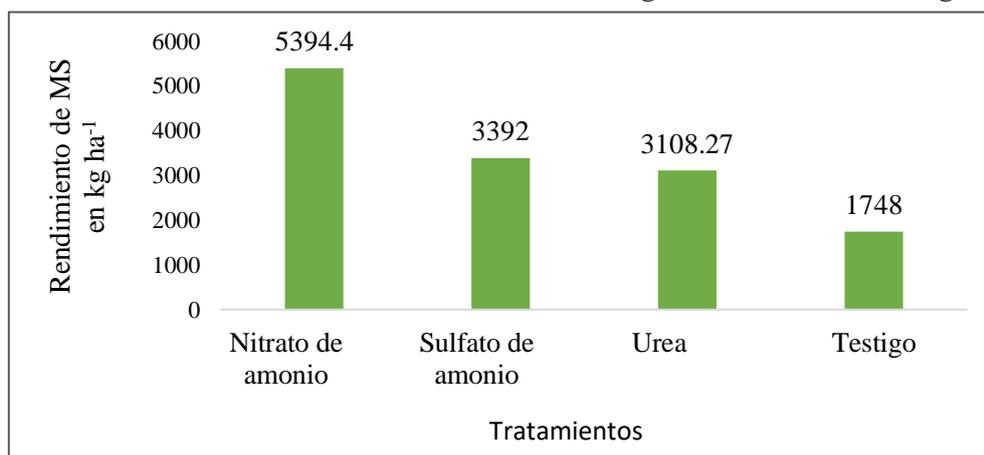
**Tabla 15**

*Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino – trébol blanco, periodo de corte de 60 días*

Tratamientos	Rendimiento de MS en kg ha <sup>-1</sup>	Agrupación
Nitrato de amonio (T2)	5 394.4	A
Sulfato de amonio (T3)	3 392	B
Urea (T1)	3108.27	B
Testigo (T0)	1748	C

**Figura 9**

*Rendimiento de materia seca de la asociación raigrás – trébol blanco según los tratamientos*



Según los resultados obtenidos para el rendimiento de materia seca de las pasturas, se determinó que el tratamiento con la fuente nitrato de amonio es la más efectiva para aumentar el rendimiento de materia seca, alcanzando un valor de 5,394.4 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el sulfato de amonio y la urea también mejoran el rendimiento de materia seca, con valores de 3,392 kg ha<sup>-1</sup> y 3,108.27 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, superando a las pasturas del tratamiento testigo con un valor de 1,748 kg ha<sup>-1</sup> que no recibió ninguna fuente de nitrógeno. Estos resultados demuestran que la aplicación adecuada de fertilizantes nitrogenados influye positivamente en el rendimiento de raigrás y trébol.

Los resultados obtenidos se asemejan a los de Navarro (2019), quien evaluó la respuesta del ryegrass anual (*L. multiflorum*) cv. Jumbo a diferentes fuentes nitrogenadas en condiciones del trópico de Costa Rica. En su investigación, a los 60 días de corte, el nitrato de amonio fue la fuente que generó mayor rendimiento, con un valor de 4,580 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que la urea sola, tuvo un rendimiento inferior con valor de 3,915 kg ha<sup>-1</sup>. Esto sugiere que el nitrato de amonio, al proporcionar nitrógeno tanto en forma de nitrato como de amonio, ofrece una ventaja significativa en la nutrición de estos forrajes.

Por otro lado, Cerdas y Vallejos (2011), también observaron un aumento en la producción de materia seca del pasto Guinea Tanzania con la aplicación de nitrato de amonio y sulfato de amonio, con rendimientos de 4,543.54 kg ha<sup>-1</sup> y 3,600.69 kg ha<sup>-1</sup> a los 45 días de corte. Estos resultados demuestran que el nitrato de amonio es la fuente preferida de las pasturas, debido a su forma de disponibilidad de nitrógeno.

En el estudio de Ávalos y Castro (2020) quienes evaluaron la volatilización de nitrógeno y su efecto en el rendimiento en grano de sorgo utilizando urea y sulfato de amonio. Aunque sus resultados mostraron que ambas fuentes nitrogenadas produjeron rendimientos con valores estadísticamente iguales (5,225 y 5,089 kg ha<sup>-1</sup>), es importante destacar que tanto la

urea como el sulfato de amonio requieren un proceso de transformación para liberar nitrógeno disponible para las plantas.

AGROVITRA (2020), refiere que el nitrato de amonio, al proveer una fuente balanceada de nitrógeno en ambas formas, nitrato y amonio, ofrece una ventaja adicional, ya que las plantas pueden utilizar rápidamente el ion nitrato para la formación de aminoácidos y proteínas, fundamentales para el crecimiento y desarrollo vegetal.

Morales (2019) menciona que la urea al poseer al nitrógeno en forma de ion amonio, para que sea absorbido por las plantas se requiere de un proceso de transformación para llegar a la forma de ion nitrato, en este proceso, la pérdida de nitrógeno en la fase de hidrólisis por volatilización del amoniaco y en la nitrificación en forma de óxido nitroso, son las principales causas de la baja eficiencia de la urea y de contaminación ambiental. Además, refiere que la urea da mejores rendimientos en cultivos de pastos cuando se utiliza en suelos neutros o ligeramente alcalinos, debido a que, en suelos ácidos, el amonio está ligado a la superficie de las partículas del suelo y no se puede mover hacia las raíces

INTAGRI (2019), menciona que el azufre al pasar un proceso de conversión en el suelo formando ion sulfato y posteriormente absorbido por la planta destaca el papel fundamental en la fotosíntesis, formación de clorofila y el engrosamiento de la pared celular, procesos que también contribuyen al aumento de la biomasa y la resistencia de las plantas frente a factores ambientales.

Estos antecedentes explican por qué el nitrato de amonio ha mostrado ser la fuente más efectiva en aumentar el rendimiento de materia seca en este estudio, superando a la urea y al sulfato de amonio que requieren ser convertidas en formas en que las plantas faciliten su absorción.

#### 4.4. Tendencia del rendimiento de materia seca de la asociación raigrás – trébol blanco

La Figura 10, muestra el rendimiento de materia seca en  $\text{kg ha}^{-1}$  en función de la frecuencia de corte y los diferentes tratamientos. A los 30 días, el nitrato de amonio (T2) fue la fuente que generó mayor rendimiento con  $2,298.67 \text{ kg ha}^{-1}$ , destacándose como la fuente de nitrógeno más eficiente en esta etapa inicial debido a su rápida disponibilidad de nitrógeno. El sulfato de amonio (T3) también generó un rendimiento elevado con  $1,752.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , indicando que la combinación de nitrógeno y azufre es beneficiosa para el crecimiento inicial del forraje. La urea (T1) aumento el rendimiento de las pasturas con un valor de  $1,645.33 \text{ kg ha}^{-1}$ , evidenciando una mejora en el crecimiento inicial gracias a la liberación de nitrógeno. Las pasturas del tratamiento testigo (T0) mostró el menor rendimiento con  $444.67 \text{ kg ha}^{-1}$ , lo que indica un crecimiento limitado en ausencia de fertilización nitrogenada.

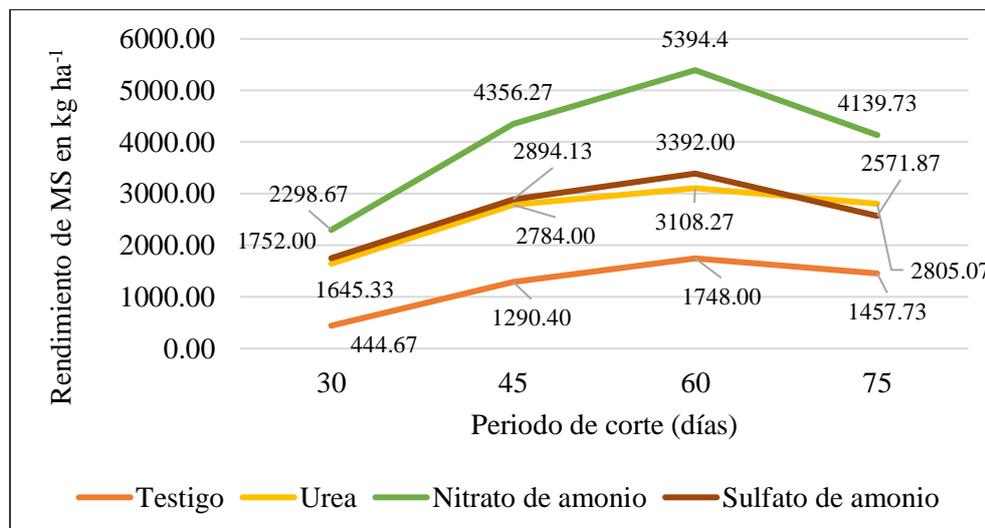
A los 45 días, las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) continuaron mostrando la mayor productividad, alcanzando  $4,356.27 \text{ kg ha}^{-1}$ , afirmando su eficacia superior en esta etapa de crecimiento. Las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio (T3) incrementó su rendimiento a  $2,894.13 \text{ kg ha}^{-1}$ , demostrando una buena respuesta a la combinación de nitrógeno y azufre. La urea también aumentó el rendimiento de las pasturas a  $2,784.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , lo que indica una liberación continua y disponibilidad de nitrógeno. Las pasturas del tratamiento testigo mejoró a  $1,290.40 \text{ kg ha}^{-1}$ , pero continuó siendo el más bajo.

A los 60 días, las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) registró el máximo rendimiento en esta etapa con  $5,394.40 \text{ kg ha}^{-1}$ , demostrando que su efecto beneficioso de esta fuente se mantiene a lo largo del tiempo. Las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio (T3) también mostró un buen rendimiento con  $3,392.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , superando a las fertilizadas con urea que tuvo un rendimiento de  $3,108.27 \text{ kg ha}^{-1}$ . Por su parte, las pasturas del tratamiento testigo (T0) alcanzó un rendimiento de  $1,748.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , destacando la importancia de la fertilización nitrogenada.

A los 75 días, se evidencia una disminución en el rendimiento de las pasturas de todos los tratamientos, probablemente debido a la madurez del forraje en esta etapa. Las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) tuvieron un rendimiento de 4,139.73 kg ha<sup>-1</sup>, seguida por las fertilizadas con urea (T1) que alcanzaron un valor de 2,805.07 kg ha<sup>-1</sup>, siendo superior a las fertilizadas con sulfato de amonio (T3) con un rendimiento de 2,571.87 kg ha<sup>-1</sup>, Aunque disminuyeron su rendimiento, fueron superiores a las pasturas del tratamiento testigo (T0), quien tuvo un valor de 1,457.73 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 10**

*Tendencia del rendimiento de materia seca en kg ha<sup>-1</sup> de la asociación raigrás-trébol blanco*



El comportamiento en el rendimiento de materia seca de la asociación de pasturas en función a las diferentes fuentes de nitrógeno aplicadas y el tiempo, muestra que, a los 60 días del periodo vegetativo, donde se registra un pico de producción seguido de una declinación en la materia seca, se puede atribuir a la pérdida de agua en la biomasa y al proceso de senescencia de las pasturas.

Villalobos y Navarro (2021) menciona que la pérdida de rebrote con el tiempo, la degradación de la clorofila, la degradación de proteínas cloroplásticas y la remoción de aminoácidos hacia las semillas, son factores que contribuyen a la reducción del contenido de materia seca a medida que el cultivo avanza hacia la madurez. Además. Oliva *et al.* (2018)

resalta que la pérdida de cloroplastos activos en las hojas, provoca un aumento natural de etileno, lo que promueve la senescencia y el secado de las hojas, generando así una pérdida de biomasa.

#### **4.5. Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta de raigrás ecotipo cajamarquino a los 60 días de evaluación**

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la altura de planta ( Tabla 15 ) mostró que el valor de significancia ( p-valor =0.9893) es mayor al 0.05, lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los bloques. Para los tratamientos el valor de significancia (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo que indica diferencias significativas en la altura de la planta entre los tratamientos, esto refiere que al menos uno de los tratamientos se diferencia al resto respecto a la altura de planta.

El coeficiente de variación (CV) a los 60 días de evaluación de las pasturas, es de 7.81 %, el cual indica que la variabilidad de los resultados de la altura de planta dentro de cada tratamiento es baja. Además, indica que el diseño empleado en el experimento presentó un buen control sobre la variabilidad del rendimiento.

**Tabla 16**

*Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta de raigrás ecotipo cajamarquino, a los 60 días de evaluación*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloques	0.17	2	0.08	0.01	0.9893
Tratamientos	1818	3	606	78.19	<0.0001
Error	46.5	6	7.75		
Total	1864.67	11			

$$\underline{CV = 7.81\%}$$

La prueba de Tukey realizada para la comparación de medias en la altura de las plantas (Tabla 16 y Figura 11) indicó que las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) alcanzaron la mayor altura promedio, con 56 cm, ubicándose en la agrupación A. Este resultado demuestra que el nitrato de amonio fue la fuente de nitrógeno más eficiente para fomentar el crecimiento en altura de las pasturas, destacándose como la opción más favorable entre las fuentes evaluadas.

Las pasturas fertilizadas con urea (T1) registraron una altura promedio de 33 cm, clasificándose en la agrupación B, cuyo resultado es mayor a la que se obtuvo con la fuente sulfato de amonio (T3), con el cual se obtuvo 30.67 cm de altura, clasificándose en la agrupación BC. Este tratamiento, no alcanzó los niveles de crecimiento observados con la fuente nitrato de amonio, pero fue similar a la altura de las pasturas fertilizadas con urea.

Las pasturas del tratamiento testigo (T0), sin aplicación de fertilización nitrogenada, presentaron la menor altura promedio, con 23 cm, situándose en la agrupación C. Este resultado resalta la importancia de la fertilización nitrogenada para el crecimiento óptimo del cultivo de las pasturas.

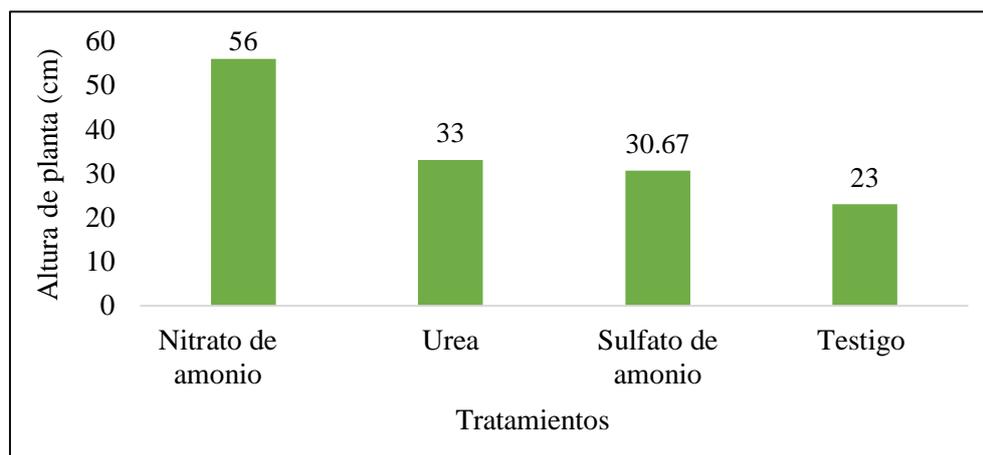
**Tabla 17**

*Prueba de Tukey para la altura (cm) de planta raigrás ecotipo cajamarquino, a los 60 días de evaluación*

<b>Tratamientos</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Agrupación</b>
Nitrato de amonio (T2)	56	A
Urea (T1)	33	B
Sulfato de amonio (T3)	30.67	BC
Testigo (T0)	23	C

**Figura 11**

*Altura de planta del raigrás ecotipo cajamarquino según tratamientos*



Según los resultados obtenidos para la altura de planta, se determinó que el nitrato de amonio es la fuente de nitrógeno más efectiva para incrementar la altura de las plantas, alcanzando un valor de 56 cm de altura, mientras que las pasturas fertilizadas con urea y sulfato de amonio tuvieron valores de 33 cm y 30.67 cm, respectivamente, superando a las pasturas del tratamiento testigo con un valor de 23 cm, esto indica que la aplicación adecuada de fertilizantes nitrogenados influye positivamente en el incremento de la altura de planta.

Los resultados obtenidos se asemejan a los de Cueva (2023), quien también observó que, a los 60 días del periodo vegetativo, el nitrato de amonio promovió un mayor crecimiento en la producción de forraje alcanzando un valor de 53.18 cm en comparación con las fertilizadas con urea que solo alcanzo una altura de 35 cm, esto debido a la rápida disponibilidad del nitrógeno en forma de nitrato, lo que resulta en un mejor desarrollo en términos de altura de planta, longitud de hoja y área foliar; la urea requiere un proceso de transformación en el suelo, por medio de la enzima ureasa para obtener el ion nitrato, lo que reduce su eficiencia y en consecuencia, su impacto en la altura de la planta.

Según AGROVITRA (2022), El nitrógeno en forma de ion nitrato es absorbido con mayor facilidad por las raíces y es transportado a las partes aéreas de la planta, donde es convertido en aminoácidos y proteínas; este proceso, facilitado por la enzima nitrato reductasa,

produce hormonas como las auxinas y giberelinas, que promueven la división celular y el alargamiento del tallo contribuyendo al desarrollo apical, formación de plantas más altas y robustas, lo que explica por qué el nitrato de amonio es más efectivo en aumentar la altura del cultivo en comparación con otras fuentes nitrogenadas.

El sulfato de amonio, aunque contiene nitrógeno en forma de ion amonio que es absorbido eficientemente, parece no ser tan efectivo en solitario para maximizar la altura de las plantas, como lo indican los resultados obtenidos en el estudio y lo mencionado por León *et al.* (2018), quienes señalan que, aunque el sulfato de amonio proporciona nitrógeno en forma de ion amonio, es crucial balancearlo con otras fuentes nitrogenadas para optimizar el aprovechamiento del nitrógeno en la planta y falta de este balance puede limitar el crecimiento y desarrollo adecuado, resultando en plantas más pequeñas.

#### **4.6. Tendencia de la altura de planta de raigrás ecotipo cajamarquino**

La figura 12, muestra los resultados de la altura de las plantas (cm) del cultivo de raigrás ecotipo cajamarquino, obtenida bajo el efecto de diferentes tratamientos (urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y un testigo) en función de la frecuencia de corte (30, 45, 60 y 75 días).

A los 30 días, las plantas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) alcanzaron la mayor altura con 32.67 cm, seguidas por las fertilizadas con sulfato de amonio (T3) con 22.67 cm y urea (T1) con 22.00 cm. Las plantas del testigo (T0) mostraron la menor altura con 14.67 cm. Estos resultados indican que el nitrato de amonio promueve un crecimiento inicial más vigoroso, posiblemente debido a su rápida disponibilidad de nitrógeno.

A los 45 días, se observa un patrón similar. Las plantas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) alcanzaron 42.33 cm, demostrando nuevamente su efectividad en promover un crecimiento significativo. Las plantas fertilizadas con urea (T1) y sulfato de amonio (T3)

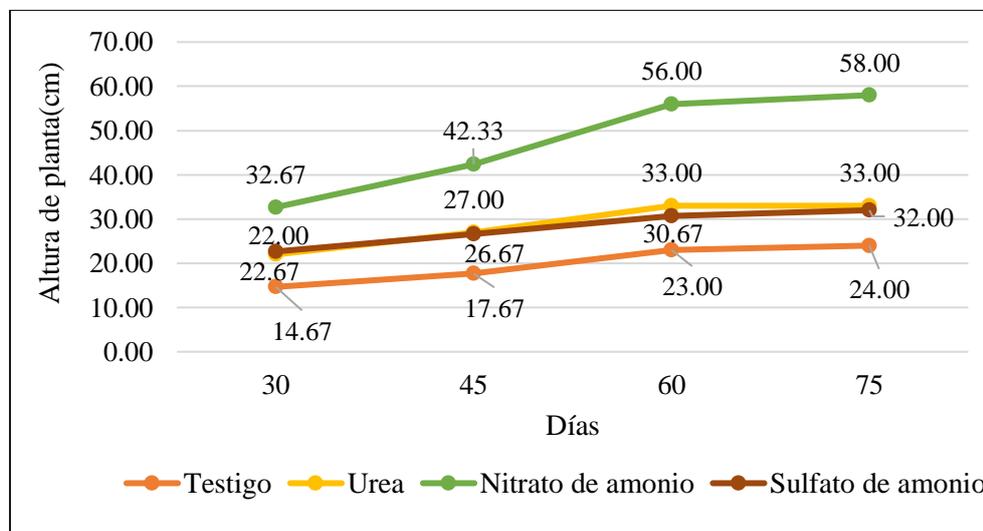
alcanzaron alturas de 27.00 cm y 26.67 cm, respectivamente, mientras que las plantas del tratamiento testigo (T0) registró 17.67 cm.

A los 60 días, la fuente nitrato de amonio (T2) generó un notable incremento en la altura de las plantas, alcanzando 56.00 cm, lo que sugiere un efecto sostenido y acumulativo del nitrógeno. Las plantas fertilizadas con urea (T1) alcanzaron 33.00 cm, mientras que las plantas fertilizadas con sulfato de amonio (T3) alcanzaron 30.67 cm. Las plantas del tratamiento testigo (T0) registró 23.00 cm. Estos resultados confirman que el nitrato de amonio sigue siendo la fuente de nitrógeno más eficiente en esta etapa de crecimiento.

A los 75 días, las plantas fertilizadas con nitrato de amonio (T2) alcanzaron la mayor altura con 58 cm, demostrando su superioridad en términos de eficacia en la provisión de nitrógeno a largo plazo. Las plantas fertilizadas con urea (T1) y sulfato de amonio (T3) alcanzaron alturas similares de 33.00 cm y 32.00 cm, respectivamente. Las plantas del tratamiento testigo (T0) mostró una altura de 24 cm. Estos datos reflejan que, aunque todos los tratamientos de fertilización nitrogenada mejoran el crecimiento en comparación con el testigo, el nitrato de amonio es el más efectivo.

**Figura 12**

*Tendencia de altura de las plantas del raigrás ecotipo cajamarquino*



Los resultados obtenidos demuestran que la fertilización nitrogenada aumenta la altura de planta del raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco. Los resultados evidencian que el nitrato de amonio es la fuente de nitrógeno más eficiente para promover el crecimiento en altura, superando a la urea y el sulfato de amonio, siendo el testigo que presenta una altura de planta inferior a los tratamientos con fertilización nitrogenada.

Estos resultados se asemejan a los de Vallejos (2021) quien evaluó la producción de forraje de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino - trébol blanco en Cajamarca, evidenciando que tanto la altura como el rendimiento incrementan a medida que transcurre el tiempo antes del corte, alcanzando su máximo desarrollo a los 60 días.

Beltrán *et al.* (2020) observaron un efecto positivo de la fertilización nitrogenada sobre la altura del raigrás (*Lolium multiflorum* Lam. cv. 'Winter Star') en un sistema de integración agricultura-ganadería. Este estudio demostró que los tratamientos con fertilización nitrogenada generaron un aumento significativo en la altura del pasto, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Lopes *et al.* (2011) aportan un enfoque fisiológico al señalar que el nitrógeno actúa directamente en la zona de alargamiento y división celular de la planta, aumentando el número de células y favoreciendo la tasa de expansión, este proceso biológico genera un desarrollo más pronunciado en los entrenudos y en la zona apical de la planta, lo que resulta en una mayor altura y un follaje más denso.

Estos mecanismos explican cómo el nitrato de amonio, al proporcionar nitrógeno de manera más eficiente, favorece un crecimiento superior en comparación con otras fuentes nitrogenadas. La relación directa entre la aplicación de nitrógeno y el incremento en altura reafirma la importancia de este elemento en el crecimiento estructural de las plantas.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

#### 5.1. Conclusión

La evaluación realizada para el rendimiento de forraje verde mostró su mayor valor en las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio, alcanzando 23,146.67 kg ha<sup>-1</sup>, superando a las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio y urea, que registraron rendimientos de 14,133.33 kg ha<sup>-1</sup> y 13,146.67 kg. ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En contraste, las pasturas que no recibieron fertilización nitrogenada, presento el valor más bajo con 7,493.33 kg/ha<sup>-1</sup>.

La evaluación realizada para el rendimiento de materia seca mostró su mayor valor en las pasturas fertilizada con nitrato de amonio, alcanzando un valor de 5,394.4 kg ha<sup>-1</sup>, superando a las pasturas fertilizadas con sulfato de amonio y urea, que registraron rendimientos de 3,392 kg ha<sup>-1</sup> y 3,108.27 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En cambio, las pasturas que no recibieron fertilización nitrogenada tuvieron el valor más bajo con 1,748 kg ha<sup>-1</sup>.

La evaluación realizada para la altura de planta se evidenció el mayor valor en las pasturas fertilizadas con nitrato de amonio, con un valor de 56 cm. Superando a las pasturas fertilizadas con urea y sulfato de amonio que registraron alturas de 33 cm y 30.67 cm, respectivamente. Siendo las pasturas del tratamiento testigo el que presentó menor altura con 23 cm.

## **5.2. Recomendación**

En el caserío Alto Palmito, para fertilización de pasturas, se recomienda utilizar como fuente de nitrógeno al nitrato de amonio, al evidenciar mejores resultados en el estudio.

Se recomienda realizar un análisis de suelo previo a la aplicación de fertilizantes, con el propósito de determinar su nivel de fertilidad y establecer un plan de fertilización acorde a los requerimientos nutricionales del cultivo. Esta práctica permite optimizar el uso de los fertilizantes, evitando aplicaciones excesivas que podrían generar desperdicio de insumos y efectos adversos, como la degradación del suelo por erosión o la contaminación del entorno.

Asimismo, es fundamental complementar la fertilización con abonos orgánicos, ya que estos contribuyen a mejorar la estructura del suelo, favorecer la actividad microbiana y mantener un equilibrio adecuado en su composición, asegurando así una producción sostenible a largo plazo.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- AGROBITRA (Asistente para el registro y control de todas las operaciones agronómicas que se realizan en la explotación agrícola). (2022). *La gran importancia del nitrógeno en las plantas*. <https://www.agrovitra.com/media/2022/12/Importancia-del-Nitrogeno-en-las-plantas-Fernanda-Habit.pdf>
- Akmal, M. (2004). Productividad y eficiencia en el uso de la luz del raigrás perenne con suministros contrastantes de agua y nitrógeno. *Revista Field Crops Research*, 8(2 y 3), 143-155. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429003002703>
- Alcoser, C. L. (2016). *Evaluación de la Eficiencia Agronómica de Nitrógeno en Rye Grass Perenne (Lolium perenne) var. One 50*. [Tesis de titulación, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1d5b345b-82fd-422d-9f3b-ec4ec3b7d5c6/content>
- Arbito, R. N. (2011). *Evaluación de la producción de pastos mediante la siembra de Ray Grass (Lolium perenne) y trébol rojo (Trifolium pratense) en un predio establecido de kikuyo (Pennisetum clandestinum), en suelos con pendiente de riego, comparado con la aplicación de abono de gallina y yaramilla, en el Cantón Guachapala* [Tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1098/15/UPS-CT002154.pdf>
- Avalos, E. C y Castro, S. J. (2020). Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. *Revista Digital Ciencias Agrarias*, 8(2), 32-42. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2475/3872>
- Ayanz, S. A. (2001). *Las nuevas tecnologías aplicadas al conocimiento de los ecosistemas* [Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio institucional. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/patrimonio-natural/21\\_sanmiguel\\_alfonso\\_pastos\\_herbaceos\\_tcm30-561826.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/patrimonio-natural/21_sanmiguel_alfonso_pastos_herbaceos_tcm30-561826.pdf)
- Beltrán, B. P; Correa, R; Brugnara, S. A; Simioni, A. T; Canaza, C. A. (2020). Intensidad de Pastoreo y Fertilización Nitrogenada sobre la Altura de Lolium multiflorum Lam. en un Sistema de Integración Agricultura-Ganadería. *Revista Agronomía Costarricense*, 44(2), 127-137. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v44n2/0377-9424-ac-44-02-127.pdf>
- Cáceres, C. R. (2015). *Manejo de la Producción Lechera en dos Sistemas de Utilización de Pasturas en la Sierra Central del Perú. forraje* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2128>
- Carrera, N; Franco, B; Martínez, J; Mazzolo, M. (2017). *Sulfato de Amonio* [Universidad Tecnológica Nacional]. Repositorio Institucional. <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/3983>

- Cerdas, R y Vallejos, E. (2011). Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica. *Revista Electrónica de las sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica*, 12(23), 32-44. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/975/1036>
- Chávez, J. (1980). *Producción de forraje verde y materia seca de la asociación de trébol blanco (Trifolium repens L.) y dos variedades de Rye-grass italiano (Lolium multiflorum Lam.) en el valle de Cajamarca*. [Universidad Nacional de Cajamarca]. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNC
- Chuquicahua, M. E. (2022). *Dosis de nitrógeno al segundo corte en Rye grass ecotipo Cajamarca y Nueva Zelanda, Cutervo* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Cutervo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11460>
- Cobos, E. F. y Narváez, V. D. (2018). *Fenología y producción de Rye grass (Lolium multiflorum) bajo sistema de labranza convencional y alternativa en la Granja de Irquis* [Tesis de titulación, Universidad de Cuenca-Ecuador]. Repositorio institucional. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28826/3/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf.pdf>
- Coraspe, L. H; Muraoka, T; Franzini, V; Contreras, F.; y Ocheuze, P. (2009). Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla. *Revista Agronomía tropical*, 59(1), 45-58. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2009000100005](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000100005)
- Cueva, B. S. (2023). *Evaluación del efecto de nitrato de amonio frente a urea en producción de forraje* [Tesis de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas-Ecuador]. Repositorio institucional. <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/36876/T-ESPESD-003314.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De la Peña, S. E. (2019). *El suelo y Su manejo Ecológico: Fertilizantes* (1<sup>ra</sup> ed), Lima. Perú
- Demagnet, F. R. (2019). *Manual de Especies Forrajeras* (2<sup>ed</sup>), Chile. [https://praderasypasturas.com/documentos/124.Manuales\\_Watts/2019/2019%20Manual%20Watts.pdf](https://praderasypasturas.com/documentos/124.Manuales_Watts/2019/2019%20Manual%20Watts.pdf)
- Echeverri, Z. J; Restrepo, L. F; y Parra, J. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 94-100. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69519014011.pdf>
- Escurrea, E. (2001). Situación de la ganadería lechera en Cajamarca. *Revista de Investigación Veterinaria*, 12(2), 21-26. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v12n2/a04v12n2.pdf>
- España, I. C. (2015). Aislamiento, Caracterización y Evaluación de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento vegetal en pasturas de raygrass (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). *Revista de ciencias de la vida la Granja*, 25(1), 53-62. <https://www.redalyc.org/journal/4760/476051824005/476051824005.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2023). *La importancia de los pastizales*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-publishes-its-first-global-assessment-of-soil-carbon-in-grasslands/es>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2002). *Los fertilizantes y su uso* (2<sup>da</sup> ed), Francia. París. [https://www.google.com.pe/books/edition/Los\\_Fertilizantes\\_y\\_Su\\_USO\\_una\\_Guia\\_d\\_e\\_B/9HtOrqp5josC?hl=es&gbpv=1&pg=PR1&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Los_Fertilizantes_y_Su_USO_una_Guia_d_e_B/9HtOrqp5josC?hl=es&gbpv=1&pg=PR1&printsec=frontcover)
- Fertinova. (2015). Sulfato de Amonio.
- García, S.J; Borja, B.M ; Rodríguez, L.G. (2018). Consumo de fertilizantes en el sector agrícola de México: un estudio sobre los factores que afectan la tasa de adopción. *Revista Interciencia Venezuela*, 43(7), 505-510. <https://www.redalyc.org/journal/339/33957461007/33957461007.pdf>
- González, F. S. (2022). Uso Eficiente de Nitrógeno en Aplicaciones Fraccionadas de Fertilizante Marcado Con Nitrógeno en Trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45 (4) 437-443. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/45-4/3a.pdf>
- González, U. P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*. [Biblioteca del Congreso Nacional de Chile]. Repositorio Institucional. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)
- Hannaway, D; Fransen, S; Cropper, J; Griggs, T. (1999). *Raigrás perenne (Lolium perenne L.)* [Investigación, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional. [https://www.researchgate.net/publication/45793996\\_Perennial\\_ryegrass\\_Lolium\\_perenne\\_L](https://www.researchgate.net/publication/45793996_Perennial_ryegrass_Lolium_perenne_L)
- Hernández, O. F; Portillo, L. P; Meneses, B. D; Castro, R. E. (2022). Evaluación y selección de genotipos de cereales forrajeros a través de técnicas multivariadas en Nariño, Colombia. *Revista científica Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA*, 45(1) 25-45. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v45/2078-8452-pyf-45-e25.pdf>
- Hernández, T. M. (2016). *Bioacumulación de cadmio en rye grass (Lolium perenne l. var. nui) sembrado en tres sustratos en condiciones de invernadero* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2790/T01-H47-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, H. S. (2019). *El Compost en el Rendimiento del Forraje Rye Grass Italiano (Lolium multiflorum Lam.) Variedad Oregon comun, en Condiciones Agroecológicas del Ambito de Limpacocha, Distrito de Huacrachuco 2018*. [Tesis de maestría, Universidad nacional Hermilio Valdizán- huánuco]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4893/TAG0799H46.pdf?sequence=1&isAllowed=y> <https://www.fertinova.mx/sites/default/files/FICHA%20SULFATO.pdf>

- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria- Ayacucho). (2011). *Producción de Pasturas en los Valles Interandinos. Ayacucho- Perú.*  
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/751/1/Mamani-Producci%C3%B3n\\_pasturas\\_valles\\_interandinos.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/751/1/Mamani-Producci%C3%B3n_pasturas_valles_interandinos.pdf)
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (1999). *Características de Algunos Fertilizantes Nitrogenados para uso en Goteo.*  
<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/342a033a-9a97-4417-b0aa-f73379ce8802/content>
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2014). *Manejo Eficiente de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre.*  
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/376/1/Villar-Valoracion\\_tecnica\\_economica\\_y\\_ambiental.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/376/1/Villar-Valoracion_tecnica_economica_y_ambiental.pdf)
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2019). *Concepto de Materia Seca y su Uso. Chile.* <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/5a91acd0-4101-4089-a46f-857904f57a19/content>
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2019). *revegetación con gramíneas nativas y materia orgánica en la recuperación de pastizales degradados en la estación experimental agraria INIA ILLPA Puno.*  
<https://vriunap.pe/fedu/upload/2022/p00000034-5-Proy.pdf>
- INTAGRI (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). (2020). *Importancia del Azufre en las plantas.* <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/importancia-del-azufre-s-en-las-plantas>
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). (2019). *Fuentes de Nutrientes Específicos.* Quito-Ecuador. <http://www.ipni.net/specifics-es>
- León, R; Bonifaz, N; Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas* (1<sup>ra</sup> ed), Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana
- Lopes, N. M; Duarte, C. M; Fernandes, F. R; Rodrigo, G. S; Lima, B. F. (2011). Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. *Revista de la Ciencia Agronómica*, 42(2), 518-525.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1953/195318915035.pdf>
- López, K. E. (2015). *Plan de mejoramiento de las praderas de lechería en la Estación Experimental Agropecuaria Austral* [Tesis de Titulación, Universidad Austral de Chile] Repositorio institucional.  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fal864e/doc/fal864e.pdf>
- Marino, M y Agnusdei, M. (2004). Conceptos básicos para el manejo de la nutrición nitrogenada y fosfatada de las pasturas. *Revista argentina de producción animal*, 17(1), 25-32.  
[https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/03-nutricion\\_nitrogenada\\_fosfatada.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/03-nutricion_nitrogenada_fosfatada.pdf)

- Morales, M. E; López, S. J; Rubí, A. M; Martínez, C. Á y Morales, R. E. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1875-1886. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1732/2818>
- Muñoz, J. E; Coello, M; Moreno, F. y Cruz, C. (2007). Methodology for evaluating the technological level of Rye grass growing in the Ecuadorian Andes. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4(8), 27pg. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5236397>
- Navarro, L y Villalobos, L, (2021). Composición morfológica del forraje ryegrass anual (*Lolium multiflorum*) cv. jumbo en respuesta a tres fórmulas nitrogenadas. *Revista de Nutrición Animal Tropical de Costa Rica*, 15(2), 99-122. <https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/48409/48136>
- Navarro, Z. L. (2019). *Evaluación de tres fórmulas de nitrógeno a dos altitudes, en el impacto de las características agronómicas del forraje ryegrass anual (Lolium multiflorum) cv. Jumbo*. [Tesis de titulación, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/a6ea1a85-0eaf-4b37-b13f-cb081a5a408/content>
- Nila, L. M. (2016). *Mejorando Praderas Nativas a Través de la Introducción de Trébol Blanco (Trifolium repens): Efecto de la Dosis de Fósforo y Distanciamiento entre Golpes*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2738/F01-L55-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oliva, R. M; Ojeda, G. F; Pozo, P. Y; Rondón, C. A; Milián, F. G. (2022). Evaluación de dos inóculos microbianos como activadores de la fermentación en ensilajes de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 45(1), 53-60. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v45/2078-8452-pyf-45-e22.pdf>
- Ospina, I. (2020). Ficha Técnica de la Urea y Nitrato de amonio. <https://www.dqisa.com/wp-content/uploads/2020/12/UREA-TECNICA.pdf>
- Quenguan, P. X. (2022). *Efecto de cinco fuentes de fertilizantes nitrogenadas sobre el rendimiento y calidad del raigrás perenne en el CADET* [Tesis de titulación, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6f00d044-bb76-45f8-9626-cc33cb64c04e/content>
- Rodríguez, S. M Y Flórez, R. V. (2004). *Elementos Esenciales y Beneficiosos*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá]. Repositorio Institucional. <https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>
- Rodríguez, S. P. (2020). *Adubação nitrogenada para recuperação de pasto degradado de capim marandu*. [Tesis de titulación, Universidad Federal de Rondonópolis]. Repositorio institucional. [https://ufr.edu.br/zootecnia/wpcontent/uploads/2020/02/Patricia\\_.pdf](https://ufr.edu.br/zootecnia/wpcontent/uploads/2020/02/Patricia_.pdf)

- Rojas, V. Z. (2018). *Efecto de la altura de pastura rye grass – ecotipo cajamarquino (Lolium multiflorum) y trébol blanco (Trifolium repens) sobre la conducta ingestiva, pH ruminal y producción láctea de vacas Holstein, en el fundo Tartar, Cajamarca - 2017* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2203/Efecto%20de%20a%20altura%20de%20pastura%20rye%20grass%20%E2%80%93%20ecotipo%20cajamarquino%20%28Lolium%20multiflorum%29%20y%20tr%C3%A9bol%20bl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, T. D. (2013). *Análisis de la Adaptabilidad y el Rendimiento de tres variedades de pastos: ray-grass inglés (Lolium perenne), brachiaria (Brachiaria brizantha) y trébol blanco (Trifolium repens) en el Distrito de Ayabaca-Perú* [Tesis de titulación, Instituto Nacional de Loja-Ecuador]. Repositorio Institucional. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11643/1/Tesis%20Lista%20con%20preliminares.pdf>
- Sela, G. (2023). *Fertilización y Riego: LOS FERTILIZANTES DE UREA* (2<sup>da</sup> ed), España.
- Serrano, J. Shahidian, S. Marques da silva, J. (2018). Monitoreo de la degradación estacional de la calidad de los pastos en el ecosistema del Montado Mediterráneo. *Revista de Gestión del agua mediante drones y satélites en la agricultura*, 10(10). 30-55. <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/10/1422>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). *Establecimiento del cultivo de Rye Grass*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726323/Rye\\_grass.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726323/Rye_grass.pdf)
- Sierra, A; Moreno, Y; Mancipe, E; Avellaneda, Y y Vargas, J. (2020). Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en raigrases perennes y tréboles rojos. *Revista de Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 841-854. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n3/2215-3608-am-30-03-00841.pdf>
- Sierra, B. C. (1992). *Fertilidad del suelo y praderas permanentes* [Centro Regional de Investigación INIA-Remehue N° 31]. Repositorio institucional. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/8fe4b4c4-4a1a-4634-8542-85879210bc93/content>
- Vallejos, C. R. (2021). *Producción de forraje y valor nutricional de la asociación raigrás ecotipo cajamarquino -trébol blanco en Cajamarca* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/6125/Tesis%20Romy%20Vallejos.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Vallejos, F. L y Álvarez, G. J. (2020). Propuesta de manejo mejorado de pasturas en la economía de ganaderos de la sierra norte de Perú. *Revista de investigación agroproducción sustentable*, 4(2), 1-9. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESADOS/article/view/547/706>
- Vallejos, F. 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 ryegrass-trébol en Cajamarca* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://www.lamolina.edu.pe/Gaceta/edicion2009/notas/nota026.htm>

- Velásquez, C. P. (2009). *Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de rye grass bianual (Lolium multiflorum) en lugares representativos de las zonas de producción de leche de las Provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha* [Tesis de titulación, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias(INIAP)]. Repositorio Latinoamericano. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8270493>
- Villegas, G. Y. (2020). *Comparación de la Performance Productiva de dos Asociaciones de Rye grass – Trébol blanco en Época de Lluvia y Estiaje en Cajamarca*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4009/Tesis%20Yaquelin%20Villegas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# CAPÍTULO VII

## ANEXOS

**Tabla 18**

Reporte del análisis de suelo del campo experimental

ANÁLISIS DE SUELOS																							
<b>1. DATOS</b>																							
SOLICITANTE:					CAJAMARCA					MUESTREO POR:													
DEPARTAMENTO:					SAN MIGUEL					FECHA DE RECEPCION:					20/10/2023								
PROVINCIA:					CALQUIS					FECHA DE INICIO DE ENSAYO:					20/10/2023								
DISTRITO:					-----					FECHA DE REPORTE:													
LUGAR:										RECIBO O FACTURA:													
CULTIVO:										OBSERVACION:					----								
<b>2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO</b>																							
N°	DATOS			ANÁLISIS MECANICO				pH	CE dS/m	M.O.	N	P disponible	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiabiles	Acidos Cambiabiles
	CODIGO DEL LAB.	CASERIO	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural																
3	S1088	ALTO PALMITO	EDILBRANDO BUSTAMANTE QUISEPÉ	54	12	35	Franco Arenoso	5.28	0.16	4.48	0.224	8.154	171.97	----	2.03	0.27	0.23	0.11	1.13	0.03	3.79	69.49	30.51

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

Nota. Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología-UNAS

**Figura 13**

Interpretación del análisis de suelos

### MÉTODOS ANALÍTICOS

- pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
- C.E. Conductímetro - Extracto Acuoso
- Materia orgánica: Método de Walkley y Black
- Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
- Fósforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de NH<sub>4</sub>CO<sub>3</sub> 0.6M, pH 8.5
- Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
- Capacidad de intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0  
Ca Mg K Na : Absorción atómica
- C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5)  
Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan
- Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta
- Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta
- Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso: Método Melich III - EAA
- Determinación del Boro: Método de la Azometría - H
- Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA - EAA
- Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 - EAA
- Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
- Determinación colorimétrica de molibdeno

### INTERPRETACIÓN DEL pH

Según Scheffer y Schachtschabel	pH en KCl	UNALM	pH en agua
Extremadamente ácido	< 4.0	Fuertemente ácido	< 6.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Neutro	7.0
Neutro	7.0	Ligeramente alcalino	7.2 - 7.8
Ligeramente alcalino	7.1 - 8.0	Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Mediana alcalino	8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino	> 8.5
Fuertemente alcalino	9.1 - 10		
Extremadamente alcalino	> 10		

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K <sub>2</sub> O/ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240



Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)
Bajo	< 1
Medio	1-5
Alto	5-15
Muy alto	> 15

Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2-4
Alto	> 4

Interpretación de Nitrógeno Total	Rango (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

Interpretación de Fósforo Disponible	Rango (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7-14
Alto	> 14

GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA

Nota. Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología-UNAS

**Tabla 19***Rendimiento de forraje verde de las pasturas en kg ha<sup>-1</sup>*

Frecuencia de corte (Días)	FUENTES			
	Testigo (T0)	Urea (T1)	Nitrato de amonio (T2)	Sulfato de amonio (T3)
30	2426.67	8226.67	11493.33	8760.00
45	5960.00	12853.33	20426.67	13546.67
60	7493.33	13146.67	23146.67	14133.33
75	5906.67	11386.67	17013.33	10426.67

**Tabla 20***Rendimiento de Materia seca de las pasturas en kg ha<sup>-1</sup>*

Frecuencia de corte (Días)	FUENTES			
	Testigo (T0)	Urea (T1)	Nitrato de amonio (T2)	Sulfato de amonio (T3)
30	444.67	1645.33	2298.67	1752.00
45	1290.40	2784.00	4356.27	2894.13
60	1748.00	3108.27	5394.40	3392.00
75	1457.73	2805.07	4139.73	2571.87

**Tabla 21***Altura (cm) de planta del raigrás*

Frecuencia de corte (Días)	FUENTES			
	Testigo (T0)	Urea (T1)	Nitrato de amonio (T2)	Sulfato de amonio (T3)
30	14.67	22.00	32.67	22.67
45	17.67	27.00	42.33	26.67
60	23.00	33.00	56.00	30.67
75	24.00	33.00	58.00	32.00

**Tabla 22**

*Materia seca (%) de las pasturas a los 30 días de corte*

RYE GRASS-TREBOL- 30 DIAS				
<b>PROCEDENCIA:</b>		PALMITO-CALQUIS-SAN MIGUEL		
<b>PROPIETARIO:</b>		IDELBRANDO BUSTAMANTE		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>		17/04/2024		
<b>RESPONSABLE DE TOMA DE LAS MUESTRAS: BACH. KARINA LLANOS VERA</b>				
TRATAMIENTOS	PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g)	PESO EN FRESCO (g)	PESO EN SECO (g)	MS %
BI/T0	61	100	17	17
BII/T0	61	100	18	18
BIII/T0	43	100	20	20
BI/T1	208	100	20	20
BII/T1	115	100	20	20
BIII/T1	154	100	20	20
BI/T2	299	100	20	20
BII/T2	152	100	20	20
BIII/T2	307	100	20	20
BI/T3	142	100	20	20
BII/T3	201	100	20	20
BIII/T3	266	100	20	20

FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 19/04/2024  
 HORA DE INGRESO DE LA MUESTRA A ESTUFA: 10:30 am  
 PERMANENCIA DE LA MUESTRA EN ESTUFA: 24 horas  
 FUENTE: Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC

  
**CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO**  
 Técnico Agropecuario  
 En la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC

**Tabla 23**

*Materia seca (%) de las pasturas a los 45 días de corte*

RYE GRASS-TREBOL-45 DIAS				
<b>PROCEDENCIA:</b>		PALMITO-CALQUIS-SAN MIGUEL		
<b>PROPIETARIO:</b>		IDELBRANDO BUSTAMANTE		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>		30/04/2024		
<b>RESPONSABLE DE TOMA DE LAS MUESTRAS: BACH. KARINA LLANOS VERA</b>				
TRATAMIENTOS	PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g)	PESO EN FRESCO (g)	PESO EN SECO (g)	MS %
BI/T0	156	100	21	21
BII/T0	136	100	22	22
BIII/T0	71	100	22	22
BI/T1	328	100	21	21
BII/T1	333	100	22	22
BIII/T1	303	100	22	22
BI/T2	518	100	21	21
BII/T2	368	100	21	21
BIII/T2	568	100	22	22
BI/T3	310	100	21	21
BII/T3	416	100	21	21
BIII/T3	370	100	22	22

FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 01/05/2024  
 HORA DE INGRESO DE LA MUESTRA A ESTUFA: 10:00 am  
 PERMANENCIA DE LA MUESTRA EN ESTUFA: 24 horas  
 FUENTE: Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC.

  
**CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO**  
 Técnico Agropecuario  
 En la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC

**Tabla 24**

*Materia seca (%) de las pasturas a los 60 días de corte*

RYE GRASS-TREBOL - 60 DIAS				
PROCEDENCIA:		PALMITO-CALQUIS-SAN MIGUEL		
PROPIETARIO:		IDELBRANDO BUSTAMANTE		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:		15/05/2024		
RESPONSABLE DE TOMA DE LAS MUESTRAS: BACH. KARINA LLANOS VERA				
TRATAMIENTOS	PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g)	PESO EN FRESCO (g)	PESO EN SECO (g)	MS %
BI/T0	184	100	24	24
BII/T0	150	100	23	23
BIII/T0	198	100	23	23
BI/T1	295	100	24	24
BII/T1	470	100	24	24
BIII/T1	352	100	23	23
BI/T2	500	100	24	24
BII/T2	603	100	23	23
BIII/T2	603	100	23	23
BI/T3	371	100	24	24
BII/T3	327	100	24	24
BIII/T3	452	100	24	24

FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 17/05/2024  
 HORA DE INGRESO DE LA MUESTRA A ESTUFA: 11:30 am  
 PERMANENCIA DE LA MUESTRA EN ESTUFA: 24 horas  
 FUENTE: Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC.

  
**CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO**  
 Técnico Agropecuario  
 En la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC

**Tabla 25**

*Materia seca (%) de las pasturas a los 75 días de corte*

RYE GRASS-TREBOL - 75 DIAS				
PROCEDENCIA:		PALMITO-CALQUIS-SAN MIGUEL		
PROPIETARIO:		IDELBRANDO BUSTAMANTE		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:		30/05/2024		
RESPONSABLE DE TOMA DE LAS MUESTRAS: BACH. KARINA LLANOS VERA				
TRATAMIENTOS	PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g)	PESO EN FRESCO (g)	PESO EN SECO (g)	MS %
BI/T0	103	100	25	25
BII/T0	169	100	25	25
BIII/T0	142	100	24	24
BI/T1	312	100	24	24
BII/T1	197	100	25	25
BIII/T1	240	100	25	25
BI/T2	437	100	24	24
BII/T2	415	100	24	24
BIII/T2	424	100	25	25
BI/T3	261	100	24	24
BII/T3	227	100	25	25
BIII/T3	267	100	25	25

FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 01/06/2024  
 HORA DE INGRESO DE LA MUESTRA A ESTUFA: 10:00 am  
 PERMANENCIA DE LA MUESTRA EN ESTUFA: 24 horas  
 FUENTE: Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC.

  
**CRISTHIAN ELVIS PORTAL MENDO**  
 Técnico Agropecuario  
 En la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias-UNC

**Figura 14**

*Preparación del terreno, siembra y fertilización de las pasturas*



**Figura 15**

*Corte de limpieza y fertilización de la asociación raigrás – trébol blanco*



**Figura 16**

*Evaluación de la asociación raigrás – trébol blanco*



## Figura 17

*Determinación del % de materia seca de las pasturas*

