

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“EFECTO DE TRES DOSIS DE FÓSFORO EN EL RENDIMIENTO DE
OCHO VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL INIA – CAJAMARCA”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller

FERNANDO FERNÁNDEZ YUPANQUI

Asesores:

Dr. ISIDRO RIMARACHÍN CABRERA

Ing. M.Sc. WILLIAM LEONCIO CARRASCO CHILÓN


CAJAMARCA – PERÚ

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Fernando Fernández Yupanqui
DNI: 47046783
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Isidro Rimarachin Cabrera
Facultad/Unidad UNC: 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:** EFECTO DE TRES DOSIS DE FÓSFORO EN EL RENDIMIENTO DE OCHO VARIETADES DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL INIA – CAJAMARCA.
6. **Fecha de evaluación:** 21/04/2026
7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 16 %
9. **Código Documento:** oid: 3117:581385368
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 21/04/2026

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. ISIDRO RIMARACHIN CABRERA
DNI: 26676820



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 veintiséis días del mes de enero del año dos mil veintiséis, 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° 063-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DE TRES DOSIS DE FÓSFORO EN EL RENDIMIENTO DE OCHO VARIETADES DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL INIA - CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **FERNANDO FERNÁNDEZ YUPANQUI** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciséis horas y veinticinco 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 quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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



Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. Jorge Ricardo De La Torre Araujo
SECRETARIO



Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL



Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
ASESOR



Ing. M. Sc. William Leoncio Carrasco Chilón
ASESOR

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado:

A mi venerada y querida madre Francisca Brígida Yupanqui Chiclote, que con la humildad siempre me brindó cariño, cuidado y apoyo incondicional para seguir adelante, el cual se convirtió en mi inspiración y la fortaleza para conseguir este objetivo.

A todos mis queridos hermanos, en especial a Lidia, Rosa, José por estar siempre pendiente del apoyo necesario durante toda mi carrera profesional ya que sin el apoyo desinteresado que siempre me brindaron no hubiera sido posible lograr este objetivo tan anhelado.

Fernando Fernández Yupanqui

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por darme salud y bienestar para seguir adelante en esta hermosa carrera profesional.

Al Dr. Isidro Rimarachín Cabrera por darme la oportunidad de ser mi asesor y guía para realizar este trabajo, el cual siempre estuvo pendiente del proceso de desarrollo de la investigación.

Al Ing. M.Cs. William Leoncio Carrasco Chilón Coordinador del Programa Nacional en Pastos y Forrajes de INIA por darme el espacio para realizar la investigación en la Estación Experimental de Los Baños Del Inca y guiarme también en todo el proceso de esta investigación.

Agradecer a toda la plana docente de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, por los conocimientos compartidos durante mi formación profesional.

Fernando Fernández Yupanqui

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
1.5. Hipótesis de investigación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Bases teóricas.....	10
2.3. Definición de términos básicos.....	26
CAPÍTULO III.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. Ubicación del experimento.....	35
3.2. Materiales y equipos.....	36
3.3. Metodología de la investigación.....	37
3.4. Diseño Experimental y modelo estadístico en la investigación.....	38
3.5. Croquis del experimento.....	38
3.6. Conducción de las parcelas en Campo.....	39
3.7. Toma de datos biométricos (Variables Evaluadas).....	40
CAPÍTULO IV.....	42
RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	42

4.1. Resultados	42
CAPÍTULO V	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
4.2. Conclusiones	52
4.3. Recomendaciones.....	52
CAPÍTULO VI.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
CAPÍTULO VII.....	64
ANEXOS	64
ANEXO 1: Datos de los parámetros evaluados para el análisis ANOVA	64
ANEXO 2: Análisis de suelo.....	66
ANEXO 3: Resultado de análisis de proteína.	70
ANEXO 4: Fotografías de todas las labores realizadas en la EEA.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valor nutricional de la alfalfa.....	14
Tabla 2 Valor nutricional del ensilado de alfalfa	15
Tabla 3 Valor nutricional del heno de alfalfa.....	15
Tabla 4 Recomendación de fertilización del cultivo de alfalfa en kg ha ⁻¹	20
Tabla 5 Superficie sembrada y rendimiento nacional, regional, provincial y distrital de alfalfa.....	22
Tabla 6 Análisis de varianza del forraje verde	42
Tabla 7 Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para Rendimiento de forraje verde en (Kg ha ⁻¹ corte ⁻¹) entre niveles de fertilización.	43
Tabla 8. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para Rendimiento de forraje verde en (Kg ha ⁻¹ corte ⁻¹) entre tratamientos (variedades).	43
Tabla 9 Análisis de varianza de materia seca.....	45
Tabla 10 Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para Rendimiento de materia seca en (Kg ha ⁻¹ corte ⁻¹) entre niveles de fertilización y tratamientos (variedades).	45
Tabla 11 Análisis de varianza de la altura de planta	47
Tabla 12 Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la altura de planta entre niveles de fertilización y tratamientos (variedades).....	47
Tabla 13 Análisis de varianza para proteína	49
Tabla 14 Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el contenido de proteína entre niveles de fertilización y tratamientos (variedades).....	49
Tabla 15 Evaluación de altura de planta por bloques y tratamientos	64
Tabla 16 Evaluación del forraje verde por m ²	64
Tabla 17 Evaluación de materia seca en Kg m ² corte ⁻¹	65
Tabla 18 Análisis del contenido de proteína en porcentaje (%)......	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Rendimiento de alfalfa en Kg ha ⁻¹ en los distritos de Cajamarca	22
Figura 2 Ciclo de la erosión del suelo.....	29
Figura 3 Análisis de suelo de la investigación.....	30
Figura 4 Recomendación de fertilización para nuestra investigación.....	31
Figura 5 Mapa de localización distrital de la parcela de alfalfa estación experimental INIA – Los Baños.....	35
Figura 6 Ubicación de la parcela en estudio donde se realizará la investigación. Nota: Google Earth Pro-2025.....	36
Figura 7 Croquis del experimento.....	38
Figura 8 Resultado del análisis de suelo, elaborado por el INIA.....	66
Figura 9 Resultado del análisis de proteína, hecho en el INIA.....	70
Figura 10 Colocación de estacas y delimitación de parcelas.....	73
Figura 11 Mantenimiento agronómico de las parcelas en estudio.....	73
Figura 12 Evaluación de la altura de planta de cada parcela.....	74
Figura 13 Corte del metro cuadrado para la evaluación de forraje verde.....	74
Figura 14 Toma del peso total de forraje verde del metro cuadrado cortado.....	75
Figura 15 Peso de 100 gr para analizar materia seca y colocar a la estufa por 12 horas.....	75
Figura 16 Toma del peso de las muestras salida de la estufa, para el cálculo de materia seca.	76
Figura 17 Identificación de muestras de alfalfa molidas para llevar al laboratorio.....	76

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la estación experimental INIA ubicada en el distrito de Los Baños Del Inca, donde se tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de tres dosis de fósforo en el rendimiento de ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en la estación experimental INIA – Cajamarca, en la cual se utilizó un Diseño Bloques Completos al Azar con 3 bloques y 8 repeticiones. El fertilizante utilizado fue el fosfato di amónico aplicado al voleo con dosis de 60 Kg, 80 Kg y 100 Kg de P_2O_5 por ha^{-1} en el bloque I, II y III respectivamente. La producción Anual de materia seca por año para el bloque I de $27 t ha^{-1}$, para el bloque II es de $26 t ha^{-1}$ y para el bloque 3 es de $26 t ha^{-1}$. Para la evaluación entre la dosis de fertilización y rendimiento se utilizó el método del ANOVA. De acuerdo con el análisis se obtuvo que la fertilización con fósforo entre dosis no mostró un efecto significativo en la altura de planta ($p = 0.945$) ni en el rendimiento de forraje verde y materia seca ($p = 0.436$), el contenido de proteína fue la variable más sensible al fósforo, mostrando un incremento altamente significativo ($p < 0.001$), la dosis de $100 kg P_2O_5 ha^{-1}$ produjo el valor más alto (35.61%) que corresponde al bloque III, confirmando el rol clave del fósforo en la síntesis de proteínas y la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en leguminosas. Finalmente, la variedad fue el factor más determinante en casi todas las variables, superando el efecto de la nutrición fosfatada: Moapa destacó en altura (70.13 cm) y rendimiento de materia seca. AGP-450, Andina 6 y Super Sonic destacaron en contenido proteico (superando el 31%, que es más de $8 t$ proteína por ha^{-1} anualmente).

Palabras claves: Alfalfa, fertilización fosfatada, calidad proteica, variedad, ANOVA, materia seca, forraje verde, rendimiento, cálculo.

ABSTRACT

This research was conducted at the INIA experimental station located in the district of Los Baños Del Inca. The primary objective was to evaluate the effect of three phosphorus doses on the yield of eight alfalfa varieties (*Medicago sativa* L.) in Cajamarca. The study employed a Randomized Complete Block Design with 3 blocks and 8 replications. The fertilizer used was diammonium phosphate applied by broadcasting with doses of (60 Kg), (80Kg), and (100Kg) per ha in blocks I, II, and III, respectively. The annual dry matter production was (27 t ha⁻¹) for block I, (26 t ha⁻¹) for block II, and (26 t ha⁻¹) for block III. ANOVA was used for the evaluation between fertilization dose and yield. According to the analysis, phosphorus fertilization did not show a significant effect on plant height (p=0.945) nor on green fodder and dry matter yield (p=0.436). Protein content was the most sensitive variable to phosphorus, showing a highly significant increase (p<0.001); the (100 kg P₂O₅ ha⁻¹) dose produced the highest value (35.61 %) corresponding to block III, confirming the key role of phosphorus in protein synthesis and Biological Nitrogen Fixation (BNF) in legumes. Finally, the variety was the most determining factor in almost all variables, exceeding the effect of phosphorus nutrition: Moapa stood out in height (70.13 cm) and dry matter yield. AGP-450, Andina 6, and Super Sonic stood out in protein content (31 %, which is more than (8 t protein per ha⁻¹ annually).

Keywords: Alfalfa, phosphate fertilization, protein quality, variety, ANOVA, dry matter, green forage, yield, calculation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) fue considerada como una de las especies prioritarias; si bien no es una especie nativa, destaca por ser una de las leguminosas más cultivadas y de mayor importancia en el Perú. Su principal uso está destinado a la alimentación del ganado y a la crianza de cuyes y conejos, debido tanto al alto rendimiento de forraje por unidad de superficie como a su elevado valor nutricional. De acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego, en el Perú siembra alrededor de 172 mil hectáreas (ha), distribuidas principalmente en las zonas altas de Puno (55,4 mil ha), Arequipa (37,3 mil ha) y Tacna (11,1 mil ha) (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

La productividad, el rendimiento y la permanencia de la alfalfa en el campo están influenciados por distintos factores, como las características del suelo, las condiciones climáticas, el estado sanitario del cultivo, así como la forma en que se utiliza y se maneja. Entre estos aspectos, los que pueden ser directamente manejados por el productor están principalmente relacionados con la nutrición adecuada de la planta. De acuerdo con eso, los suelos de Cajamarca no son muy ricos en nutrientes ya que existe poca disponibilidad de fósforo para que absorba el cultivo de alfalfa, es por eso también que se obtiene alfalfa de mala calidad, bajos en nutrientes, poca materia seca y muy cortos en su vida fisiológica, lo cual terminan el agricultor va renovando cada 2 o 3 años.

Escobar (2015) indica que la aplicación de nutrimentos es una forma eficiente y rápida de aportar nutrientes al cultivo, su empleo reduce la cantidad de fertilizante y el riesgo de contaminación ambiental y pérdidas económicas, su propósito es activar y estimular el crecimiento de nuevos tejidos; en alfalfa el suministro de nutrientes va desde cuando los rebrotes tienen 15 cm de altura hasta 10 días antes del corte (Carpio 2011); asimismo, Barone

(2010) citado por Carpio (2011), mencionan que para la aplicación no debe haber rocío y altas temperaturas.

Entonces, Montesano (2008), indica que la alfalfa es un cultivo de alta exigencia nutricional, por lo que su adecuada producción depende de la capacidad del suelo para suministrar nutrientes y de la reposición oportuna de estos mediante prácticas de fertilización, a fin de mantener la sostenibilidad del sistema productivo. Entre los macronutrientes, el fósforo cumple un rol fundamental en el crecimiento y desarrollo de la alfalfa, ya que forma parte de estructuras celulares clave como los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y el ATP, los cuales participan activamente en los procesos metabólicos de la planta. Asimismo, este nutriente favorece la fijación biológica del nitrógeno atmosférico al estimular una mayor formación de nódulos, contribuye a incrementar la tolerancia del cultivo frente a enfermedades y promueve un mejor desarrollo del sistema radicular.

1.1. Problema de investigación

La región Cajamarca, uno de los principales problemas que enfrenta la ganadería lechera es la escasez de forrajes de calidad y producción constante todo el año. Esto se debe a las condiciones geográficas y climáticas que afectan el abastecimiento de alimento fresco, sobre todo durante la época de estiaje. Esta situación limita la correcta crianza del ganado vacuno y de otros herbívoros, se necesita optimizar la producción forrajera mediante el manejo agronómico que incluye una adecuada fertilización (Sánchez, 2024). La alfalfa (*Medicago sativa* L.) como cultivo estratégico para la producción de forraje depende en gran medida del fósforo, un nutriente esencial para su sistema radicular y productividad. Los suelos de la zona presentan bajos niveles de fósforo disponible y no se conoce qué dosis aplicadas en distintos estados fisiológicos pueden afectar el rendimiento, lo cual son limitantes para fijar prácticas agropecuarias más eficientes.

En ese contexto se requiere una investigación en la cual se evalué la aplicación de diferentes dosis fósforo en el rendimiento del cultivo de alfalfa ya que esto afecta la absorción de los demás nutrientes disponibles en el suelo. Por ello, esta investigación busca determinar el efecto de tres dosis de fósforo aplicadas en dos estados fisiológicos diferentes sobre el rendimiento del cultivo de alfalfa en la Estación Experimental INIA – Cajamarca, con el fin de contribuir a la mejora de la producción forrajera sostenible en la región (Sánchez y Liñán, 2024). Los beneficios de la fertilización fosfatada inicial de alfalfa se perciben, entre otros, en la mayor formación de nódulos, en el estímulo del crecimiento inicial, mayor desarrollo radicular, mejor competencia con las malezas y en el anticipo del primer aprovechamiento (Vivas y Quaino, 2001).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de tres dosis de fósforo en el rendimiento de ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación experimental INIA – Cajamarca?

1.3. Justificación

La fertilización con fósforo es muy importante y fundamental para el crecimiento, desarrollo y rendimiento del forraje del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), ya que este nutriente interviene en procesos fisiológicos esenciales como la formación y fortalecimiento del sistema radicular, fotosíntesis y transferencia de energía (Sánchez et al., 2018). En regiones como Cajamarca, donde los suelos presentan limitaciones en fósforo disponible, la aplicación adecuada de este elemento es indispensable para mejorar la producción de forraje y favorecer la sostenibilidad agrícola (Gonzales y Vargas, 2020). Además, el estado fisiológico en que se aplica el fósforo puede afectar su absorción y eficiencia, impactando directamente en el rendimiento final del cultivo.

De acuerdo con la información reportada por el Ministerio de Agricultura y Riego (2019), en el Perú se establecen aproximadamente 175 mil hectáreas de alfalfa, concentrándose principalmente en las zonas altoandinas del país. Entre las regiones con mayor superficie cultivada destacan Puno, con 59,242 mil hectáreas, seguida de Arequipa con 36,377 mil hectáreas y Tacna con 11,104 mil hectáreas. Por otro lado, informa que la alfalfa en el departamento de Cajamarca cuenta con una producción de 171.091 toneladas, una superficie de 3 218 ha, un rendimiento de 53 175 kg ha⁻¹, un precio en chacra de 0.22 S/. Kg. y con una participación del 2.8 en el PBI nacional.

Según Sanz et al. (2017), menciona que, el fósforo es un constituyente estructural objetivo de compuestos energéticos (ATP, ADP), ácidos nucleicos, azúcares fosfato, etc., que son esenciales para el metabolismo celular y el desarrollo de las plantas. El conocimiento actual destaca que la baja disponibilidad de P afecta negativamente el crecimiento de los órganos aéreos y subterráneos, como consecuencia, en parte, del pobre desempeño fotosintético. Si bien es esencial para todas las plantas, el requerimiento de P de las plantas fijadoras de N₂ se ha descrito como mayor que el de las plantas que no fijan N₂, principalmente como consecuencia de la gran demanda de P para los procesos de fijación biológica de N₂ (BNF).

Según Tingal (2015) y Quispe (2009), en Cajamarca para mejorar el desarrollo y el rendimiento de alfalfa, se aplica fertilizantes químicos, ya que éstos son los que aumentan la producción de follaje, ocasionando una buena productividad lo que conlleva a una mayor carga animal y un aumento económico. Por ello, el presente estudio en cual evalúa el efecto de tres dosis de fósforo aplicadas en dos estados fisiológicos diferentes en la Estación Experimental INIA – Cajamarca, aporta información relevante para optimizar las prácticas de fertilización, adaptándolas a las condiciones específicas del área y generando recomendaciones técnicas sustentadas que contribuyen al desarrollo agropecuario sostenible de la región.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres dosis de fósforo en el rendimiento de ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en la estación experimental INIA – Cajamarca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de cada dosis de fósforo en el forraje verde, materia seca de las ocho variedades de alfalfa.
- Determinar el efecto de cada dosis de fósforo en la altura de planta de las ocho variedades de alfalfa.
- Determinar el efecto de cada dosis de fósforo en el contenido de proteína de las ocho variedades de alfalfa.

1.5. Hipótesis de investigación

- La aplicación de tres dosis de fósforo tiene un efecto significativo en el rendimiento de las ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en la estación experimental INIA – Cajamarca.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional

Toniutti y Fornasero (2020) desarrollaron un estudio orientado a analizar la influencia de la inoculación con *Ensifer meliloti* y la aplicación de diferentes dosis de fósforo (0, 20 y 40 kg/ha) sobre la nodulación y el rendimiento de una pastura de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la zona central de la provincia de Santa Fe, Argentina. Los autores evidenciaron que tanto la inoculación como el incremento progresivo de fósforo generaron efectos positivos en el número y peso de nódulos, así como en la producción de forraje. Asimismo, reportaron que la práctica de inoculación permitió aumentar la producción de materia seca entre 23 y 58 % en los tratamientos que recibieron la mayor dosis de fósforo, evaluados a los 120, 180 y 240 días después de la siembra. En este sentido, la combinación de la cepa rizobiana empleada y la fertilización fosfatada fue considerada una alternativa eficiente para mejorar la productividad del cultivo de alfalfa.

Oñate y Flores (2019) en su trabajo de investigación titulado “Comportamiento agronómico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de fertilización fosfatada” El ensayo se realizó en la Estación Experimental Tunshi, ubicada en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo -Ecuador-cumplieron con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de *Medicago sativa* L. con tres dosis de fertilización fosfatada, Los tratamientos fueron: las variedades de alfalfa como factor A (abunda verde, cuf-101 y sw-8210) y las dosis de fertilización (0, 50, 100 y 150 kg de P ha⁻¹) como factor B, frente al eco tipo flor morada (control). Las unidades experimentales se establecieron bajo un diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. Los resultados obtenidos evidenciaron que las variedades Abunda

Verde, Cuf-101 y SW-8210, bajo condiciones de fertilización fosfatada, alcanzaron mayores porcentajes de emergencia en comparación con la variedad Flor Morada, además de presentar una calidad superior, reflejada en una mejor relación hoja/tallo. La evaluación de la cosecha se efectuó a los 90 días, momento en el cual los alfalfares mostraron rebrotes superiores a 5 cm de longitud.

2.1.2. Nacional

Cayetano (2022) en su tesis titulada “efecto de la fertilización fosfatada en el establecimiento y producción de tres variedades de alfalfa”, tuvo por finalidad estimar el efecto fertilización fosforada en la estructura vegetal, calidad y rendimiento productivo del cultivo de alfalfa, evaluar la adaptación de tres variedades de alfalfa no dormantes introducidas (Moapa 69, CUF 101 y SW 8210) a las condiciones de la costa peruana e identificar el efecto de las interacción de ambos factores en la fase de establecimiento y producción forrajera de la alfalfa, Los tratamientos fueron las combinaciones factoriales de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, SW 8210 y CUF 101) y dos niveles de fósforo (0 kg ha^{-1} y 35 kg ha^{-1}) en un diseño completo al azar con tres repeticiones. En el estudio se consideraron como variables de evaluación, durante la etapa de establecimiento, la densidad de plantas, índice de macollamiento, altura de planta, longitud de raíz, relación hoja/tallo, peso de biomasa aérea y peso de raíz; mientras que, en la fase productiva, se analizaron el rendimiento de forraje, rendimiento acumulado, tasa de crecimiento, altura de planta, biomasa aérea y relación hoja/tallo. Los resultados indicaron que la aplicación de fósforo tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) en la supervivencia y el desarrollo inicial de las plántulas después de la siembra, y que, durante la etapa productiva, contribuyó a incrementar el rendimiento forrajero de la alfalfa. En la fase de establecimiento, las variedades SW-8210 y CUF-101 presentaron los mayores valores ($p < 0,05$) en altura y densidad de plantas, mientras que la variedad Moapa 69 destacó por mostrar una mejor relación hoja/tallo y un mayor índice de macollamiento. Por su parte, en la etapa productiva, las

variedades Moapa 69 y SW-8210 superaron a CUF-101 en cuanto al rendimiento expresado en (kgMS ha^{-1} y $\text{kgMSha}^{-1}\text{día}^{-1}$). Asimismo, se observó que la respuesta de las variedades a las dosis de fósforo fue semejante, razón por la cual no se detectó interacción significativa entre el factor variedad y el nivel de fertilización fosfatada durante el desarrollo de la investigación.

Huicho (2024) realizó una investigación orientada a determinar el efecto de la fertilización con fósforo y azufre sobre el rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la localidad de Canaán, situada a 2 750 m s. n. m., en la región Ayacucho. El estudio consideró como variables de respuesta la altura de planta, la producción de forraje verde y el contenido de materia seca, evaluadas bajo dos niveles de fósforo (0 y 220 kg ha^{-1}), dos niveles de azufre (0 y 100 kg ha^{-1}) y su aplicación combinada (220 kg ha^{-1} de P + 100 kg ha^{-1} de S). Para el análisis de los distintos cortes se empleó un diseño de parcelas divididas, con cuatro tratamientos, tres repeticiones y 12 subparcelas experimentales. Los resultados evidenciaron que la mayor altura promedio de planta (90,88 cm) se obtuvo con la aplicación conjunta de fósforo y azufre. Asimismo, los tratamientos con fertilización exclusiva con fósforo alcanzaron rendimientos de $19\,090,38 \text{ kg ha}^{-1}$ de forraje verde y $4\,186,90 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia seca por corte, mientras que la fertilización solo con azufre registró $19\,449,90 \text{ kg ha}^{-1}$ de forraje verde y $4\,272,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia seca por corte. En cuanto a la interacción fósforo–azufre, el rendimiento acumulado de biomasa fresca alcanzó $159\,528 \text{ t ha}^{-1}$ año, representando un incremento de 16,97 % respecto al tratamiento testigo. En este sentido, el autor concluye que la aplicación de dosis elevadas de fósforo y azufre favorece significativamente el rendimiento de la alfalfa, expresado en mayores valores de altura de planta, forraje verde y materia seca.

2.1.3. Regional

Bautista (2023) desarrolló una investigación titulada “Biomasa forrajera de alfalfa (*Medicago sativa*), variedad 1001, con diferentes dosis de fósforo en Chota”, la cual se llevó a

cabo en el centro poblado de Llasavilca, provincia de Chota, región Cajamarca. El estudio se condujo bajo un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos correspondientes a distintas dosis de fósforo aplicadas al primer corte de establecimiento: T0, dosis de fertilización utilizada por el productor (80–50–70 de NPK); T1, incremento del 20 % de fósforo respecto al manejo del productor; T2, incremento del 40 % de fósforo; y T3, incremento del 60 % de fósforo. Los resultados mostraron que el aumento progresivo de fósforo permitió obtener mayores rendimientos de materia verde y materia seca, registrándose valores de 3,578 y 0,816; 4,226 y 0,978; 4,254 y 0,930; y 4,830 t ha⁻¹ corte⁻¹ de materia verde, así como 1,150 t ha⁻¹ corte⁻¹ de materia seca para los tratamientos T0, T1, T2 y T3, respectivamente, con diferencias altamente significativas ($p < 0,01$). Asimismo, la altura de planta se incrementó conforme aumentó la dosis de fósforo, alcanzando promedios de 35,6 cm en T0, 40,6 cm en T1, 41,0 cm en T2 y 42,7 cm en T3, con diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). En cuanto a la calidad nutricional del forraje, el contenido de proteína cruda fue de 19,74; 20,40; 23,39 y 21,00 %, mientras que la fibra cruda registró 31,67; 30,99; 32,86 y 30,45 %, el extracto etéreo 4,43; 4,80; 5,03 y 4,68 %, y las cenizas 9,17; 9,12; 9,70 y 9,01 % para T0, T1, T2 y T3, respectivamente. Al estimar el rendimiento de nutrientes, se obtuvieron valores de 0,161; 0,200; 0,218 y 0,242 t ha⁻¹ corte⁻¹ de proteína cruda y 0,258; 0,303; 0,306 y 0,350 t ha⁻¹ corte⁻¹ de fibra cruda. Desde el punto de vista económico, la utilidad neta al primer corte fue de 719,21; 976,82; 986,42 y 1 215,23 soles ha⁻¹ corte⁻¹, lo que representó incrementos de 35,82 %, 37,15 % y 68,97 % en T1, T2 y T3 respecto al tratamiento testigo. El autor concluye que el incremento de las dosis de fósforo en la fertilización inicial de la alfalfa permite mejorar significativamente el rendimiento, la calidad del forraje y la rentabilidad del cultivo.

Oñate (2019) desarrolló una investigación orientada a evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) sometidas a diferentes niveles

de fertilización fosfatada durante la etapa de establecimiento, en condiciones de la serranía ecuatoriana. El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Tunshi, ubicada en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo (Ecuador). Como factores de estudio se consideraron, por un lado, las variedades Abunda Verde, CUF-101 y SW-8210, y por otro, cuatro dosis de fósforo (0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹), utilizando al ecotipo Flor Morada como tratamiento de referencia. El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones; los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la interacción entre variedades y niveles de fósforo. En particular, la variedad SW-8210 alcanzó un porcentaje de emergencia de 95,67 % con la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de fósforo, valor superior ($p < 0,05$) al registrado por el ecotipo Flor Morada sin fertilización. No obstante, este ecotipo destacó por presentar una cobertura aérea de 99,59 % y una cobertura basal de 34,09 % al primer corte, realizado a los 110 días después de la siembra, superando significativamente ($p < 0,01$) a las variedades introducidas. Asimismo, el ecotipo Flor Morada sin aplicación de fósforo registró producciones de 17,23 t ha⁻¹ por corte de forraje verde y 4,52 t ha⁻¹ por corte de materia seca, valores superiores ($p < 0,01$) a los obtenidos por la variedad Abunda Verde. En este sentido, el autor concluye que el ecotipo Flor Morada mostró un mejor desempeño productivo y agronómico sin fertilización fosfatada, reflejado en mayores rendimientos de forraje verde y seco, así como en una mejor cobertura y altura de planta. Además, se determinó que la cosecha es recomendable cuando el cultivo presenta alrededor del 10 % de floración

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Origen de la alfalfa

Ponce (2014) señala que la alfalfa tiene su centro de origen en la región de Asia Menor y el sur del Cáucaso, comprendiendo territorios que actualmente corresponden a Turquía, Irak,

Irán, Siria, Afganistán, la zona occidental de Pakistán y Cachemira. Desde estas áreas, el cultivo se difundió hacia Grecia y otros países de Europa, y más adelante fue introducido al continente americano. En el caso del Perú, la alfalfa fue incorporada durante la época de la colonización española, tal como lo menciona Aguilar (2017).

2.2.2. Importancia de la alfalfa

La alfalfa es un recurso fundamental para la producción agropecuaria en las regiones templadas del mundo. Su calidad nutritiva, producción de forraje, hábito de crecimiento, perennidad, plasticidad y capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, la convierten en una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria, desde los intensivos a corral que la incluyen en la dieta animal como forraje cosechado y procesado, hasta los pastoriles que la utilizan en pastoreo directo (Martínez y Leiva, 2018).

El cultivo de alfalfa reviste gran relevancia dentro de los sistemas de producción agrícola y pecuaria, principalmente por su elevado valor nutritivo, ya que constituye una fuente importante de proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Asimismo, cumple un rol significativo en la conservación del entorno, al contribuir al mejoramiento del paisaje y al favorecer el equilibrio ecológico, lo que la convierte en un cultivo con función conservacionista.

De igual manera, la alfalfa se caracteriza por su capacidad de asociarse simbióticamente con bacterias fijadoras de nitrógeno, lo que permite reducir el uso de fertilizantes nitrogenados y mejorar la disponibilidad de este nutriente tanto para el propio cultivo como para los que se establecen posteriormente dentro de una rotación. Al tratarse de una especie pratense y perenne, su establecimiento también aporta beneficios en la protección del suelo, al disminuir los procesos de erosión y contribuir a la reducción de la incidencia de algunas plagas y enfermedades en los cultivos sucesores (Muslera, 1991).

2.2.3. Taxonomía de la alfalfa

Según Interagency Taxonomic Information System ITIS (2019), menciona la siguiente clasificación taxonómica para esta especie:

Reino: Plantae (plantas)

Sub reino: Viridiplantae (plantas verdes)

Infrareino: Streptophyta (plantas de tierra)

Superdivisión: Embryophyta

Superdivisión: Embryophyta

Subdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas, fanerógamas)

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Rosanae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Medicago*

Especie: *Medicago sativa* L. alfalfa

Subespecies: *Medicago sativa ssp. caerulea* (Less. ex Ledeb.)

2.2.4. Características botánicas de la alfalfa

La alfalfa es una especie perenne, herbácea, arbustiva la cual tiene las siguientes características botánicas:

- **Raíz:** La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 1.5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarios, posee una corona que sale del terreno, de lo cual emergen los brotes que dan lugar a los tallos (Argote 2004).

- **Tallo:** Los tallos de la alfalfa se caracterizan por presentar un crecimiento erecto a ligeramente ascendente y una consistencia herbácea. En su parte basal se distingue una estructura denominada corona, formada por la porción perenne y parcialmente lignificada de los tallos, la cual se localiza a nivel del suelo o ligeramente por debajo de este. La corona alberga numerosas yemas de rebrote, que pueden alcanzar diámetros superiores a los 20 cm, constituyéndose en un órgano fundamental para la capacidad de regeneración del cultivo (Argote, 2004).
- **Hojas:** Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas, los márgenes son lisos y con bordes superiores ligeramente dentados (Solano 2006).
- **Inflorescencia:** La alfalfa presenta inflorescencias dispuestas en racimos axilares simples, sostenidas por pedúnculos bien definidos. Las flores son de tamaño reducido y poseen pedicelos cortos; su cáliz es de forma campanulada y está conformado por cinco sépalos casi uniformes. La corola corresponde al tipo papilionáceo característico de la subfamilia Papilonoidea, predominando tonalidades azul violáceas, aunque en algunos casos pueden presentarse flores de color blanco, con un tamaño aproximado de un centímetro. El androceo se dispone en dos haces (diadelfo), mientras que el estigma es glabro y de forma capitada (Van Acker, 2009).
- **Fruto:** El fruto de la alfalfa corresponde a una vaina o legumbre indehiscente, sin espinas, que se enrolla formando una espiral compacta de una a cuatro vueltas. Al alcanzar la madurez adquiere tonalidades que varían de castaño a negruzco y presenta una apertura tardía sin elasticidad. En su interior aloja entre dos y seis semillas de color amarillento, con forma arriñonada y un tamaño aproximado de 1,5 a 2,5 mm de longitud. Se estima que el peso de mil semillas oscila entre 2,1 y 2,5 g (Choque, 2002).

2.2.5. Valor nutricional de la alfalfa

PROMARENA (2008) indica que las hojas de la alfalfa presentan una calidad nutricional superior en comparación con los tallos; no obstante, conforme la planta progresa hacia estados más avanzados de desarrollo, la proporción hoja/tallo se modifica, lo cual repercute negativamente en el valor nutritivo de las leguminosas.

Tabla 1
Valor nutricional de la alfalfa.

Nutrientes	Hojas	Tallos
Proteína Bruta (%)	12	10.7
Grasa Bruta (%)	3.1	1.3
ENN (%)	45.8	37.3
Fibra Bruta (%)	16.4	44.4
Cenizas (%)	10.7	6.3

Nota: Bernal (2011).

2.2.6. Técnicas de conservación de alfalfa

A. Ensilado

Gonzales (2016) describe esta práctica como un método de conservación de la alfalfa que se realiza bajo condiciones de elevada humedad, mediante el almacenamiento del forraje en silos herméticos que permanecen completamente aislados del ambiente externo. Señala que la alfalfa cosechada cuando presenta alrededor del 10 % de floración posee, en promedio, un contenido de humedad cercano al 80 %, el cual debe reducirse hasta aproximadamente 65 % para favorecer un proceso de fermentación adecuado. Durante este proceso, las bacterias ácido-lácticas convierten los azúcares solubles en ácidos orgánicos, provocando una disminución del pH, lo que permite la estabilización y conservación del material ensilado.

Tabla 2*Valor nutricional del ensilado de alfalfa*

Análisis	Unidad	Contenido
Energía Total	Kcal / 100 gr	215
Fibra	%	30.6
Humedad y Materia Volátil	%	71.8
Proteína	%	20.3

Nota: Gonzales (2016).**B. Henificado**

La henificación es un método de conservación que se basa en disminuir de manera rápida el contenido de agua del forraje recién cosechado, el cual en la alfalfa suele situarse entre 70 y 85 %, hasta alcanzar niveles cercanos al 18–20 %. En estas condiciones, la respiración de los tejidos vegetales y la actividad de los microorganismos responsables de la descomposición se reducen considerablemente, lo que posibilita el almacenamiento del heno por periodos prolongados sin alteraciones importantes en su calidad. De acuerdo con Matinata (2023), este proceso comprende cuatro fases principales: el corte del forraje, el secado, la recolección y compactación, y finalmente el transporte y almacenamiento.

Tabla 3*Valor nutricional del heno de alfalfa*

Análisis	Unidad	Contenido
Energía Total	Kcal / 100 gr	208
Fibra	%	25.6
Humedad y Materia Volátil	%	15.2
Proteína	N X 6.25 %	16.95
Carbohidratos	%	31.76
Cenizas	%	9
Grasa	%	1.48

Nota: FEDNA (2016).

2.2.7. Requerimientos del cultivo de alfalfa

a) Clima:

León (2003) señala que la alfalfa es un cultivo con amplia capacidad de adaptación, pudiendo desarrollarse desde zonas de clima cálido y seco hasta regiones de clima templado y frío, abarcando rangos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 3 000 m s. n. m. No obstante, su mejor comportamiento productivo se presenta entre los 1 500 y 2 500 m s. n. m. Asimismo, menciona que una precipitación anual cercana a los 900 mm, distribuida de manera uniforme, resulta adecuada para su desarrollo. Sin embargo, el cultivo es susceptible a condiciones de exceso de humedad, las cuales pueden afectar negativamente su crecimiento y persistencia.

b) Agua:

Argote (2004) indica que, en sistemas de riego por inundación, el volumen de agua aplicado por evento es aproximadamente de 1 000 m³ ha⁻¹, mientras que en riego por aspersión este requerimiento se reduce a cerca de 880 m³ ha⁻¹. Asimismo, para cultivos de alfalfa ya establecidos se considera necesario un aporte hídrico anual total que oscile entre 1 100 y 1 200 mm, ya sea mediante precipitaciones o riego suplementario. Adicionalmente, el autor señala que la alfalfa presenta mejor desarrollo bajo condiciones de días largos, requiriendo al menos 12 horas de luz diaria.

c) Suelo:

León (2003) menciona que la alfalfa presenta una amplia capacidad de adaptación a distintos tipos de suelos; no obstante, para expresar un adecuado crecimiento y productividad, es preferible establecerla en suelos profundos, con buena permeabilidad en el subsuelo y drenaje eficiente. Asimismo, al ser una especie de comportamiento calcícola, requiere suelos

con contenidos de calcio entre 2 y 3 %, además de una adecuada disponibilidad de fósforo y potasio, nutrientes esenciales para su desarrollo.

d) pH:

León (2003) indica que la alfalfa se desarrolla de manera óptima en suelos con reacción neutra o ligeramente alcalina, dentro de un rango aproximado de pH entre 6,2 y 7,8. No obstante, el cultivo puede tolerar condiciones más alcalinas, llegando incluso a valores cercanos a pH 9 y, en casos extremos, hasta pH 11. En contraste, la alfalfa es sensible a la acidez del suelo, por lo que su establecimiento se ve limitado en suelos con pH inferiores a 5,5, considerándose como umbral crítico un rango de 4,5 a 5,5.

e) Salinidad:

Avila et al. (2022) señalan que la alfalfa presenta su mejor desarrollo en suelos con pH cercano a la neutralidad y que es altamente sensible a condiciones de salinidad. Los efectos del estrés salino se manifiestan con síntomas similares a los provocados por la sequía, iniciándose con la pérdida de coloración normal de algunos tejidos y la reducción del tamaño de las hojas, hasta llegar a una disminución del crecimiento vegetativo y un porte achaparrado de la planta. Asimismo, el aumento de la salinidad genera desbalances fisiológicos entre el sistema radicular y la parte aérea, afectando el normal desarrollo del cultivo.

f) Fertilidad del suelo:

Avila (2022) indica que la absorción de nutrientes por parte del cultivo está estrechamente relacionada con la intensidad y la frecuencia de los cortes, de modo que, a mayor número y severidad de estos, se incrementan las demandas nutricionales totales de la planta.

2.2.8. Manejo del cultivo de alfalfa

a. Efecto de la altura de corte

La realización de cortes en etapas tempranas del desarrollo del cultivo puede influir negativamente en la persistencia de la alfalfa. Asimismo, una elevada frecuencia de corte tiende a disminuir el tamaño y el vigor de los rebrotes posteriores, afectando el rendimiento y la longevidad de la pradera (Parga, 1994).

b. Altura de corte

Suttie (2003) y López (1975) señalan que el momento adecuado para realizar el corte de la alfalfa se presenta cuando el cultivo alcanza aproximadamente un 10 % de floración y muestra alrededor del 80 % de brotes florales. El rebrote posterior está estrechamente relacionado con el nivel de reservas acumuladas en la planta, las cuales tienden a disminuir cuando los cortes se realizan con demasiada frecuencia.

Por su parte, Romero (1995) menciona que, desde un punto de vista práctico, el corte debe efectuarse cuando se observan las primeras flores o cuando el rebrote basal presenta una altura menor a 5 cm. Asimismo, se recomienda realizar el aprovechamiento del cultivo en el momento en que sea posible obtener una cantidad considerable de materia seca con adecuado valor nutritivo, siendo uno de los criterios más utilizados para definir el momento oportuno de corte el estado fisiológico del cultivo, asociado a la presencia de flores o rebrotes provenientes de la corona.

c. Frecuencia de corte

Según Ruiz (2003) señala que el intervalo entre cortes está condicionado por el manejo del cultivo y por el tiempo transcurrido desde el último aprovechamiento. La realización de cortes muy seguidos puede provocar el agotamiento de las plantas, lo que se traduce en una

disminución progresiva del rendimiento. En zonas de clima cálido, se recomienda efectuar el corte cuando el cultivo alcanza alrededor del 10 % de floración. Asimismo, el rebrote posterior está determinado por el nivel de reservas acumuladas en la planta, las cuales se ven reducidas cuando la frecuencia de corte es elevada.

2.2.9. Tipos de fertilización en la alfalfa

HORTUZ (2021) señala que en el manejo nutricional de la alfalfa pueden diferenciarse tres modalidades de fertilización, las cuales cumplen funciones específicas dentro del sistema productivo.:

- **Orgánica:** se basa en la incorporación de materiales de origen vegetal o animal, tales como compost, humus de lombriz o estiércoles previamente descompuestos. Este tipo de fertilización contribuye a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo la retención de humedad y estimulando la actividad de microorganismos beneficiosos para el desarrollo radicular. Asimismo, pueden emplearse enmiendas orgánicas y mejoradores de suelo a base de ácidos húmicos, los cuales potencian estos efectos.
- **Fertilización al suelo:** se realiza principalmente al momento de la instalación del cultivo, con el objetivo de lograr un establecimiento rápido y uniforme. En esta etapa es fundamental promover el desarrollo de un sistema radicular profundo mediante el suministro de fósforo, así como asegurar un adecuado anclaje de las plantas, especialmente en campos destinados al pastoreo, donde el cultivo está expuesto al daño mecánico. En praderas ya establecidas, la reposición de nutrientes mediante abonamiento periódico permite sostener niveles adecuados de producción y conservar la fertilidad del suelo.
- **fertilización foliar:** se considera como una práctica complementaria que contribuye a alcanzar mayores rendimientos. A través de esta vía se suministran macro y micronutrientes

de forma localizada, en los momentos de mayor demanda del cultivo, además de bioestimulantes que ayudan a la planta a superar situaciones de estrés y favorecen su desarrollo durante diferentes épocas del año.

Tabla 4

Recomendación de fertilización del cultivo de alfalfa en kg ha⁻¹.

Cultivo	Rendimiento (t ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅ (Kg ha ⁻¹)	K ₂ O (Kg ha ⁻¹)
Alfalfa	90	0	60 – 80	30 – 60

Nota: Mamani et al., (2011).

2.2.10. Absorción foliar de nutrimentos

Un fertilizante aplicado por vía foliar, cruza la superficie de la hoja a través de las grietas o imperfecciones que presenta la cutícula, o a través de estructuras epidérmicas como los estomas, tricomas y lenticelas (Fernández et al. 2015); esta absorción se da en tres etapas: en la primera, las sustancias penetran la cutícula y las paredes celulares por difusión libre; en la segunda, atraviesan la membrana plasmática, y en la tercera son llevadas al citoplasma en un proceso que requiere energía derivada del metabolismo (García et al. 2013).

El movimiento y translocación fuera de las hojas después de la fertilización foliar dependen del movimiento del nutriente en el floema y xilema, los nutrientes móviles en el floema, tales como el K, P, N y Mg se distribuyen dentro de la hoja de manera acrópeta (por el xilema) y basípeta (por el floema), y un alto porcentaje del nutriente absorbido se transporta a otras partes de la planta que 12 tengan una alta demanda; lo contrario, ocurre con nutrientes de movimiento limitado en el floema, tales como el Cu, Fe y Mn, que se distribuyen principalmente en forma acrópeta en la hoja sin una translocación considerable fuera de ella, la velocidad de absorción de nutrientes disueltos se da en varias horas y días, dependiendo del elemento (Carpio 2011).

2.2.11. Acción del fósforo en el desarrollo de las plantas

Según Sanz et al. (2017), menciona que, el P es un constituyente estructural objetivo de compuestos energéticos (ATP, ADP), ácidos nucleicos, azúcares fosfato, etc., que son esenciales para el metabolismo celular y el desarrollo de las plantas. El conocimiento actual destaca que la baja disponibilidad de P afecta negativamente el crecimiento de los órganos aéreos y subterráneos, como consecuencia, en parte, del pobre desempeño fotosintético. Si bien es esencial para todas las plantas, el requerimiento de P de las plantas fijadoras de N₂ se ha descrito como mayor que el de las plantas que no fijan N₂, principalmente como consecuencia de la gran demanda de P para los procesos de fijación biológica de N₂ (BNF); estimula el, desarrollo precoz de la raíz, crecimiento rápido y vigoroso de las plantas jóvenes, aumenta la resistencia a condiciones adversas, acelerar la floración y la fructificación (Meléndez y Molina 2002).

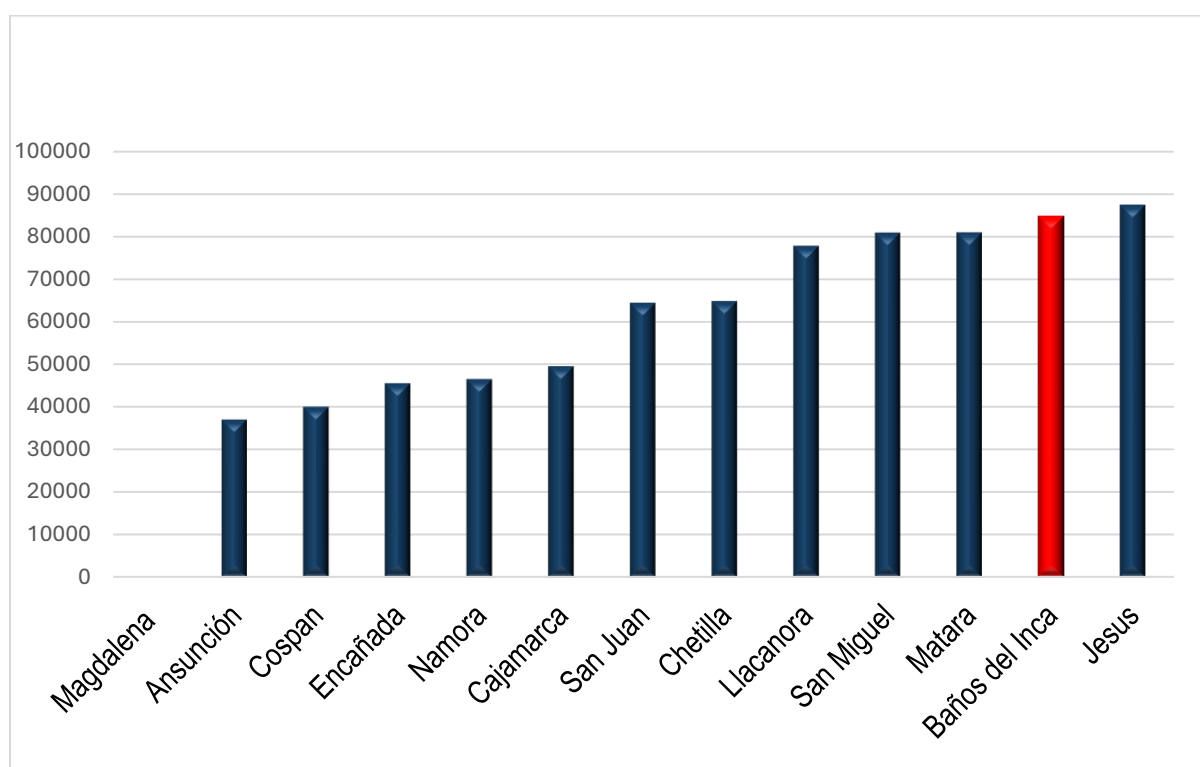
2.2.12. Rendimiento de alfalfa en Cajamarca a nivel regional, provincial y distrital.

Según Veliz (2021), menciona que la alfalfa en la región de Cajamarca ocupa el 7° lugar en rendimiento con 53 175 kg ha⁻¹, una producción de 171 091 toneladas, una superficie 3 216 ha, un precio en chacra de 0.22 S/. y tiene una participación de 2.7 % en el PBI agrícola regional.

La alfalfa en la provincia Cajamarca ocupa el 2° lugar en rendimiento con 73 300 kg ha⁻¹, una superficie 813 ha, y tiene una participación de 31.0 % en el PBI agrícola provincial. La alfalfa en el distrito de Cajamarca ocupa el 9° lugar en rendimiento con 49500 kg ha⁻¹, una superficie 80 ha, y tiene una participación de 7.1 en el PBI agrícola distrital (SIEA 2018).

Tabla 5*Superficie sembrada y rendimiento nacional, regional, provincial y distrital de alfalfa*

Alfalfa a Nivel Nacional	Superficie (ha)	Rendimiento Kg ha ⁻¹ corte ⁻¹	Precio Chacra S/. Kg ⁻¹
Nacional	174844	37286	0.21
Regional Cajamarca	3216	53175	0.22
Provincial Cajamarca	813	73300	0.22
Distrital Cajamarca	80	49500	0.24

*Nota: (SIEA.2018)***Figura 1***Rendimiento de alfalfa en Kg ha⁻¹ en los distritos de Cajamarca.**Nota: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI – DGESEP) – Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA 2018).*

2.2.13. Variedades de alfalfa

A. Alfalfa Var. CUF – 101:

La variedad CUF-101 se caracteriza por presentar un grado de dormancia 9, lo que le confiere una amplia adaptación a condiciones altitudinales que oscilan entre 1 000 y 3 200 m s. n. m. Esta variedad, desarrollada en los Estados Unidos, es apta para su aprovechamiento mediante corte, pastoreo y ensilaje. El primer corte puede realizarse entre los 60 y 90 días después de la siembra, y su permanencia en la pradera varía entre 4 y 6 años, dependiendo del manejo agronómico y del nivel de fertilización aplicado. Asimismo, presenta un hábito de crecimiento erecto, una rápida capacidad de rebrote y una producción aproximada de 6 a 10 cortes por año (KristenSeed, 2024).

B. Alfalfa Var. AGP 450:

La variedad AGP-450 es una alfalfa de procedencia canadiense que presenta un nivel de dormancia intermedia, lo que la hace apropiada para su establecimiento en valles interandinos ubicados por encima de los 3 500 m s. n. m. Se caracteriza por su porte medio, con abundante emisión de tallos suaves, bajo contenido de lignina y alta proporción de hojas, condiciones que favorecen la producción de materia seca con elevado valor nutritivo. Para su óptimo desarrollo, se recomienda su siembra en suelos de fertilidad media y con una profundidad mínima de 30 cm de horizonte agrícola. Asimismo, muestra buena tolerancia a periodos de sequía, requiriendo alrededor de cinco meses de precipitación anual para expresar adecuadamente su potencial productivo (Biosemillas Perú S.R.L., 2024).

C. Alfalfa Var. Alfa Master:

La variedad Alfa Master corresponde a un material genético de reciente desarrollo, destacado por su elevada velocidad de rebrote y por presentar un alto número de folíolos desde la base del tallo. Asimismo, se caracteriza por su rusticidad, lo que le confiere una amplia

capacidad de adaptación a diversos tipos de suelo y condiciones climáticas, desde valles costeros y zonas interandinas hasta planicies ubicadas alrededor de los 3 400 m s. n. m. Presenta un grado de dormancia 10, lo que representa una ventaja frente a variedades no dormantes, al permitir un crecimiento más uniforme y sostenido. Además, la alta digestibilidad de sus hojas y tallos favorece un mejor aprovechamiento de la materia seca por parte del ganado, contribuyendo a expresar mayores niveles de producción lechera (AgroBesser, 2024).

D. Alfalfa Var. Andina 06:

La variedad Andina 06 corresponde a un material de última generación con dormancia intermedia, desarrollado con el objetivo de optimizar la producción de carne y leche. Se caracteriza por presentar tallos con bajo contenido de lignina y una elevada proporción de hojas desde la base del tallo, lo que contribuye a mejorar su calidad forrajera. Además, muestra buena tolerancia a periodos prolongados de déficit hídrico, especialmente en suelos con adecuado contenido de materia orgánica, así como resistencia a temperaturas bajas. Destaca también por su rápida capacidad de rebrote durante la primavera, lo que favorece una recuperación eficiente del cultivo (AgroBesser, 2024).

E. Alfalfa Var. Moapa 569:

La variedad Moapa es una leguminosa forrajera originada en Estados Unidos, clasificada con un grado de dormancia 8. Presenta buena adaptación a suelos con pH entre 6,5 y 7,5, así como a zonas ubicadas entre los 2 000 y 3 500 m s.n.m. Puede destinarse a diferentes sistemas de aprovechamiento, tales como pastoreo, corte y elaboración de heno. Se desarrolla adecuadamente en climas fríos, posee hábito de crecimiento erecto, plantas vigorosas y una rápida recuperación posterior al corte. Asimismo, destaca por su elevado valor nutritivo, buena palatabilidad y alta digestibilidad. El intervalo recomendado entre cortes es de 40 a 45 días, y muestra tolerancia al pulgón manchado de la alfalfa (AgroBesser, 2024).

F. Alfalfa Var. AGP 350:

La variedad AGP 350 se caracteriza por su elevada tolerancia a las bajas temperaturas y a las condiciones de sequedad propias del altiplano puneño. Dependiendo del ambiente y del manejo agronómico, puede producir entre dos y cuatro cortes por campaña. Presenta un sistema radicular con raíces laterales bien desarrolladas, lo que le permite acumular reservas y enfrentar con mayor eficiencia los periodos de invierno seco. Su porte es mediano, con abundante foliación a lo largo del tallo. Asimismo, la ubicación subterránea de su corona favorece el pastoreo, estimula la emisión de numerosos tallos y contribuye a una adecuada cobertura del suelo (Biosemillas Perú S.R.L., 2024).

G. Alfalfa Var. Supersonic:

La variedad Supersonic, de origen australiano, es considerada una alfalfa de categoría premium, recomendada tanto para sistemas de pastoreo intensivo como para programas de corte. Se distingue por presentar hojas de gran tamaño, característica que favorece una mayor acumulación de proteínas y energía en el forraje. Además, su denso crecimiento permite una buena cobertura del suelo, lo que contribuye a reducir la presencia de malezas y le otorga tolerancia al pisoteo generado por el ganado. Asimismo, es reconocida por su alto potencial lechero, debido a su óptima relación hoja/tallo. Esta variedad constituye una alternativa adecuada para sustituir a la alfalfa Moapa 69, ya que comparte condiciones similares de adaptación (AgroBesser, 2024).

H. Alfalfa Var. Alfa Plus:

La variedad Alfa Plus presenta un grado de dormancia 9 y se caracteriza por su alto potencial productivo. Constituye una alternativa mejorada de la variedad CUF-101, debido a que se adapta a condiciones similares de suelo y clima, pero con ventajas como una fibra de mayor digestibilidad, mejor sanidad foliar y mayor uniformidad en el crecimiento de las

plantas. En condiciones de campo, muestra un establecimiento rápido y, a partir del segundo corte, suele superar los rendimientos obtenidos con CUF-101. Asimismo, su mayor rusticidad y resistencia le permiten mantener una campaña adicional de permanencia en comparación con dicha variedad. Es especialmente recomendada para suelos de baja fertilidad, pedregosos y secos, con reducido contenido de materia orgánica (AgroBesser, 2024).

2.3. Definición de términos básicos

- fertilización química: Consiste en proporcionar a las plantas nutrientes de fácil disponibilidad provenientes de fertilizantes químicos (Valverde et al., 1998).
- fertilización orgánica: Consiste en usar abonos orgánicos, los cuales mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Valverde et al., 1998).
- fertilización foliar: Consiste en la aplicación de nutrientes directamente sobre las hojas del cultivo, generalmente mediante aspersión o pulverización. Los fertilizantes se suministran en forma de soluciones disueltas en agua, permitiendo que los elementos sean absorbidos de manera rápida por el tejido vegetal y complementen la nutrición de la planta (Villablanca et al., 2015).
- Dormancia en alfalfa: Se refiere al estado fisiológico de reposo que presenta la planta como respuesta a la combinación de días cortos y bajas temperaturas. Este proceso se activa generalmente cuando la temperatura desciende alrededor de los 15 °C y el fotoperiodo alcanza aproximadamente 12 horas de luz. Dependiendo de la variedad, la reducción del crecimiento puede ser leve en materiales no dormantes o marcada en variedades dormantes (Hortus, 2022).
- Variedad: Una variedad vegetal representa a un grupo definido de plantas, a partir de las cuales, mediante un minucioso trabajo de selección y de investigación, se logra obtener una variedad mejorada (EUM, 2020).

- Ayudante o coadyuvante: Es un producto que aumenta y acelera la actividad de fitosanitarios, evitando la hidrólisis alcalina de agroquímicos sensibles disminuyendo la tensión superficial y aumentando la cantidad de impactos por hoja (Ghaly et al., 2008).
- Rendimiento Agrícola: Hace referencia a la cantidad total de producción obtenida de un cultivo en función del área sembrada, expresada generalmente como producción por unidad de superficie. Este parámetro suele cuantificarse en toneladas métricas por hectárea ($t\ ha^{-1}$) y permite evaluar la eficiencia productiva de un sistema agrícola (EcuRed, 2024).
- Porcentaje de Materia seca: El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de alimento menos el agua contenida en dicho alimento, en otras palabras, si una muestra de alimento "X" se somete a un calor moderado (típicamente $65^{\circ}C$ por 48 horas) de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de ese alimento (Ergonomix, 2011).
- Estomas: Grupos de dos o más células epidérmicas especializadas cuya función es regular el intercambio gaseoso y la transpiración, se encuentran en las partes verdes aéreas de la planta (Cañizares et al. 2003).
- Corona: Parte de la planta que da origen a las yemas que formarán el rebrote basal, emitiendo tallos principales que son responsables, junto a los secundarios, del rebrote de la planta (Ghaly et al., 2008).
- Rebrote basal: Brotes secundarios que crecen de las yemas de la corona o de los tallos principales que generalmente son de menor vigor (Meléndez y Molina 2002).
- Mata: Se denomina así a una planta de porte bajo o mediano, generalmente con estructura ramificada y de consistencia leñosa, que no desarrolla un tronco único definido, sino varios tallos desde la base (Cañizares et al. 2003).

2.4. Análisis de suelo

A pesar de que la práctica de análisis de suelos es crucial y necesaria para la toma de decisiones en la producción agrícola, ya que nos indica la disponibilidad de nutrientes y el nivel de fertilidad (elementos que son fundamentales para una adecuada elección de los cultivos a sembrar, de los insumos a incluir y de los recursos a invertir), solo 44 mil productores (el 2%) de un total de más de 2 millones de productores agropecuarios en el país reportó haber realizado este análisis (ENA, 2019).

La incorporación del análisis de suelos como una práctica habitual en la actividad agrícola genera múltiples ventajas, tanto para el productor como para el manejo eficiente de los recursos, además de aportar beneficios ambientales. Principalmente, esta herramienta se utiliza para orientar los programas de fertilización, ya que permite identificar las necesidades reales de nutrientes del suelo y aplicar los fertilizantes de forma precisa y en dosis adecuadas. Cuando no se realiza este procedimiento, existe un alto riesgo de aplicar cantidades inadecuadas o seleccionar incorrectamente los nutrientes requeridos por el cultivo (Pintado, 2023).

El uso extensivo de fertilizantes nitrogenados por cerca de un millón de productores se realiza mayoritariamente sin análisis de suelos, provocando una sobre fertilización ineficiente donde el excedente contamina el ambiente en lugar de nutrir al cultivo. Esta práctica no solo genera un impacto ecológico negativo, sino que acelera la degradación química de las tierras, comprometiendo gravemente la productividad agrícola y el rendimiento de los suelos a largo plazo.

Figura 2
Ciclo de la erosión del suelo.



Nota: MINAGRI (2019)

A pesar de su importancia, el análisis de suelos aún no se encuentra ampliamente incorporado dentro de los sistemas tradicionales de producción agrícola, siendo más frecuente en unidades productivas de tipo empresarial y con mayor nivel tecnológico. Es posible que algunos programas e iniciativas privadas orientadas al mejoramiento tecnológico hayan contribuido a su adopción; sin embargo, su alcance sigue siendo reducido y no logra cubrir de manera generalizada al sector agrícola.

Figura 3
Análisis de suelo de la investigación.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200**



INFORME DE ENSAYO
N° 111204-24 / SU / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : INIA-PN PASTOS Y FORRAJES
 Propietario / Productor : INIA-PN PASTOS Y FORRAJES
 Dirección del cliente : KM. 8 CARRETERA A FERREÑAFE-LAMBAYEQUE
 Solicitado por : CLIENTE
 Muestreado por : CLIENTE
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : BOLSA DE PLÁSTICO
 Referencia del muestreo : RESERVADO POR EL CLIENTE
 Procedencia de muestra(s) : BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA-CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 2024-10-30 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-10-24
 Lugar de ensayo : LABSAF BAÑOS DEL INCA
 Fecha(s) de análisis : Del 2024-10-25 al 2024-11-15
 Cotización del servicio : 535-24-BI
 Fecha de emisión : 2024-11-18

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1					
Código de Laboratorio	SU3068-BI-24					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	2024-10-30					
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	15:00					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	Lote N° 4					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,10	6,8	-	-	-
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	--	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	--	-	-	-
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	1,7	-	-	-
Materia Organica	%	0,10	0,8	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	0,50	12,0	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,00	10,0	-	-	-
Arena	%	-	45	-	-	-
Arcilla	%	-	34	-	-	-
Limo	%	-	21	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arcillo Arenoso	-	-	-
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	136,0	-	-	-



Firmado digitalmente por:
CABRERA HOYOS Hector
Antonio FAU 20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18/11/2024 12:44:13-0500




Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF (Nombre)
Dirección: (Dirección del laboratorio)
Email: (correo de contacto del laboratorio)


F-46 / Ver.05
www.inia.gob.pe

Figura 4


Recomendación de fertilización para nuestra investigación.



Instituto Nacional de Innovación Agraria



Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Pro-Sembrar y Cosechar

RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en Tn/Ha	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	ESTIERCOL
SU3068-BI-24	Alfalfa	40	80	65	--	5,20

PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA


Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra		Programa de Fertilización		
Urea		Siembra	Aporque	
		N		
		P ₂ O ₅		
		K ₂ O		

Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporque		Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Azufre
Urea		Urea				

PLAN DE ABONO ORGANICO

Abonamiento Kg/Ha - Siembra	

COMENTARIOS:



Firmado digitalmente por:
CABRERA HO YOS Hector
Antonio FAJ 20131305994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18/11/2024 12:44:39-0500

- **Fósforo utilizado en el estudio.**

Basado en el informe de ensayo de **INIA - LABSAF**, aquí se tiene la interpretación de los niveles de fósforo en nuestro suelo:

Disponibilidad de Fósforo (P)

El análisis indica que la muestra tiene:

- Resultado: 12.0 mg kg⁻¹ (o ppm).

Interpretación del Resultado

En términos agronómicos generales para suelos en la región de Cajamarca (Baños del Inca), este valor se clasifica habitualmente como **Medio**:

- **Bajo:** Menos de 7 - 10 mg Kg⁻¹.
- **Medio:** Entre 10 y 20 mg Kg⁻¹.
- **Alto:** Más de 20 mg Kg⁻¹.

Sin embargo, tomar en cuenta lo siguiente:

Materia Orgánica (M.O.): El nivel es de 0.8%, lo cual es muy bajo. La materia orgánica ayuda a retener y liberar nutrientes; con un nivel tan bajo, la eficiencia de los fertilizantes fosfatados que apliques podría verse limitada.

Textura: Es un suelo **Franco Arcillo Arenoso**. Al tener una parte importante de arcilla (34%), tiene capacidad de retener fósforo, pero también podría "fijarlo" si no se maneja bien.

Entonces según nuestro análisis (12.0 mg Kg⁻¹ de Fósforo disponible) y considerando una profundidad de raíz para la alfalfa de 20 cm con una densidad promedio para un suelo franco-arcillo-arenoso:

- **Fósforo elemental (P) en el suelo:** Tienes aproximadamente 30 kg de P por hectárea.
- **Equivalente en anhídrido fosfórico (P₂O₅):** Multiplicando por el factor de conversión (2.29), tu suelo tiene actualmente el equivalente a 68.7 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

¿Cuánto falta para llegar a los 80 kg?

La recomendación o el requerimiento total es 80 kg ha⁻¹:

80 kg (meta) - 68.7 kg (en el suelo) = 11.3 kg ha⁻¹ de P₂O₅ faltante.

Interpretación Importante (Recomendación Agronómica)

En la práctica, existe una diferencia entre lo que el suelo "tiene" y lo que la planta "puede absorber". El fósforo es un elemento que se "bloquea" fácilmente en el suelo.

- **La Recomendación de 80 kg:** Normalmente, cuando un laboratorio nos da una recomendación de "80 kg de P_2O_5 " para un nivel **Medio** (como el nuestro de 12 ppm), se refiere a la cantidad de fertilizante que debemos aplicar, no al total que debe haber en el suelo. Esto es porque la alfalfa es muy exigente y tu materia orgánica es muy baja (0.8%), lo que dificulta que la planta aproveche el fósforo que ya está ahí.
- **Sugerencia de aplicación:** La sugerencia es aplicar los 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 completos para asegurar un buen establecimiento de la alfalfa, ya que el aporte actual del suelo (68.7 kg) sirve como una reserva de seguridad, pero no es suficiente para cubrir la demanda de un cultivo de alto rendimiento.

De acuerdo con estos análisis y consideraciones, el fertilizante utilizado fue el Fosfato Diamónico (DAP - 46%): 174 kg por hectárea (aprox. 3.5 sacos). Aunque matemáticamente solo te faltarían 11.3 kg para llegar a 80, por la baja materia orgánica y las características de nuestro suelo, se aplicó la dosis completa de 80 kg ha^{-1} de fertilizante fosfatado para tener éxito con la alfalfa.

- **Nitrógeno utilizado en el estudio**

De acuerdo con la recomendación de 40 kg de Nitrógeno (N) por hectárea por el laboratorio y teniendo en cuenta que las parcelas son 15 m^2 , el requerimiento total de nitrógeno puro por cada parcela es de 60 g. Dado que ya se aplicó Fosfato Diamónico (DAP) (18% N - 46% P_2O_5) para cubrir las dosis de fósforo, aquí se ha hecho el cálculo de cuánto nitrógeno falta completar en cada bloque:

Requerimiento base: Meta por parcela (15 m²): 60 g de Nitrógeno puro.

En el bloque I: Se aplicó 90 g de (P₂O₅) lo cual se utilizó 195 g de DAP, al mismo tiempo el DAP aportó 35.22 g de N, entonces lo que falta es 24.78 g de N; esto significa que debemos aplicar 53.87 g de Urea.

En el bloque II: Se aplicó 120 g de (P₂O₅) lo cual se utilizó 260 g de DAP, al mismo tiempo el DAP aportó 46.96 g de N, entonces lo que falta es 13.04 g de N; esto significa que debemos aplicar 28.35 g de Urea.

En el bloque III: Se aplicó 150 g de (P₂O₅) lo cual se utilizó 326.09 g de DAP, al mismo tiempo el DAP aportó 58.70 g de N, entonces lo que falta es 1.30 g de N; esto significa que debemos aplicar 2.83 g de Urea.

En el Bloque III, la cantidad de Urea es tan pequeña (2.8 g) que prácticamente ya cubrió el requerimiento de nitrógeno solo con el DAP.

Resumen de lo que se aplicó (Nitrógeno adicional):

- **Bloque I:** Añadir **53.9 g** de Urea por parcela.
- **Bloque II:** Añadir **28.4 g** de Urea por parcela.
- **Bloque III:** No es necesario añadir nitrógeno extra (o aplicar solo una pizca de 3g), ya que el DAP casi cubre la meta de 40 kg ha⁻¹.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en la estación experimental INIA de Los Baños del Inca, se ubica políticamente en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca y distrito de Los Baños Del Inca, se localiza entre las coordenadas UTM 780833 Este y 9207259 Norte según el Datum WGS – 84 zona 17, una altitud de 2 672 m.s.n.m. un clima templado y según las zonas de vida de Holdrige pertenece a la clasificación de bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT). Cuenta con una temperatura máxima diaria de 21.8 °C y una mínima diaria de - 5.1 °C, con humedad máxima diaria de 82.90 % y una precipitación diaria máxima 10.8 mm/día. P₂O₅

Figura 5
Mapa de localización distrital de la parcela de alfalfa estación experimental INIA – Los Baños.

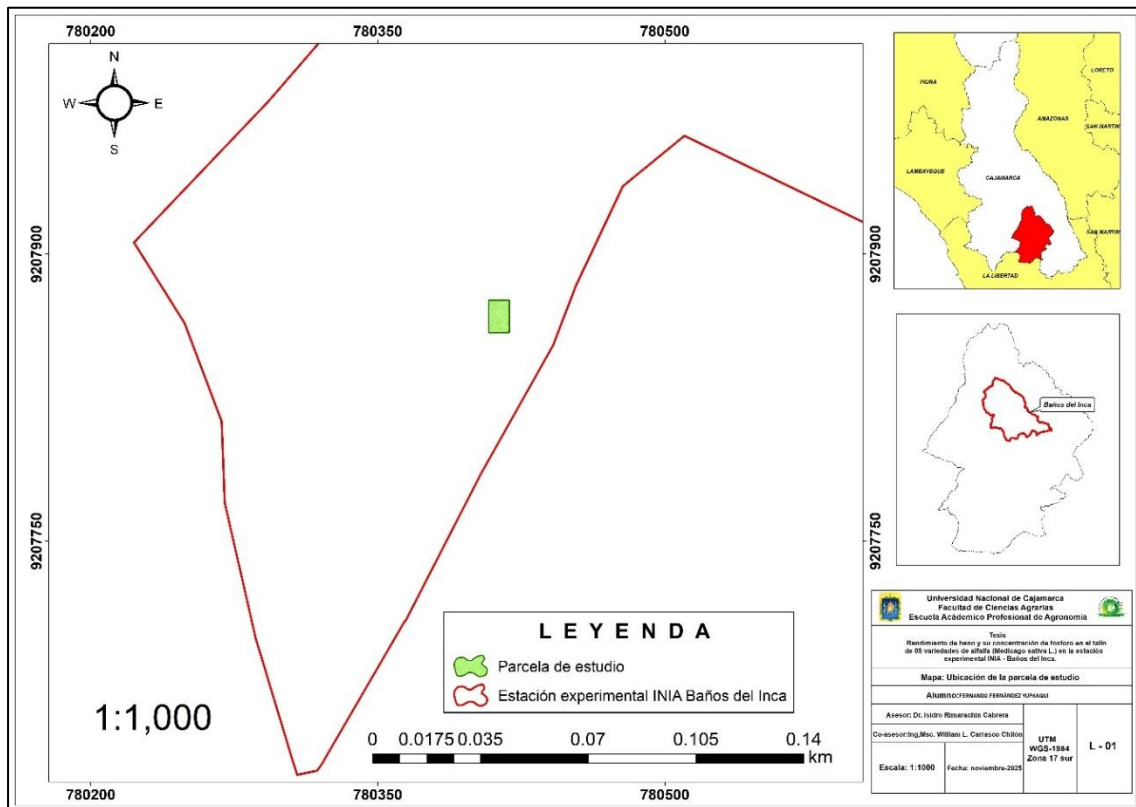
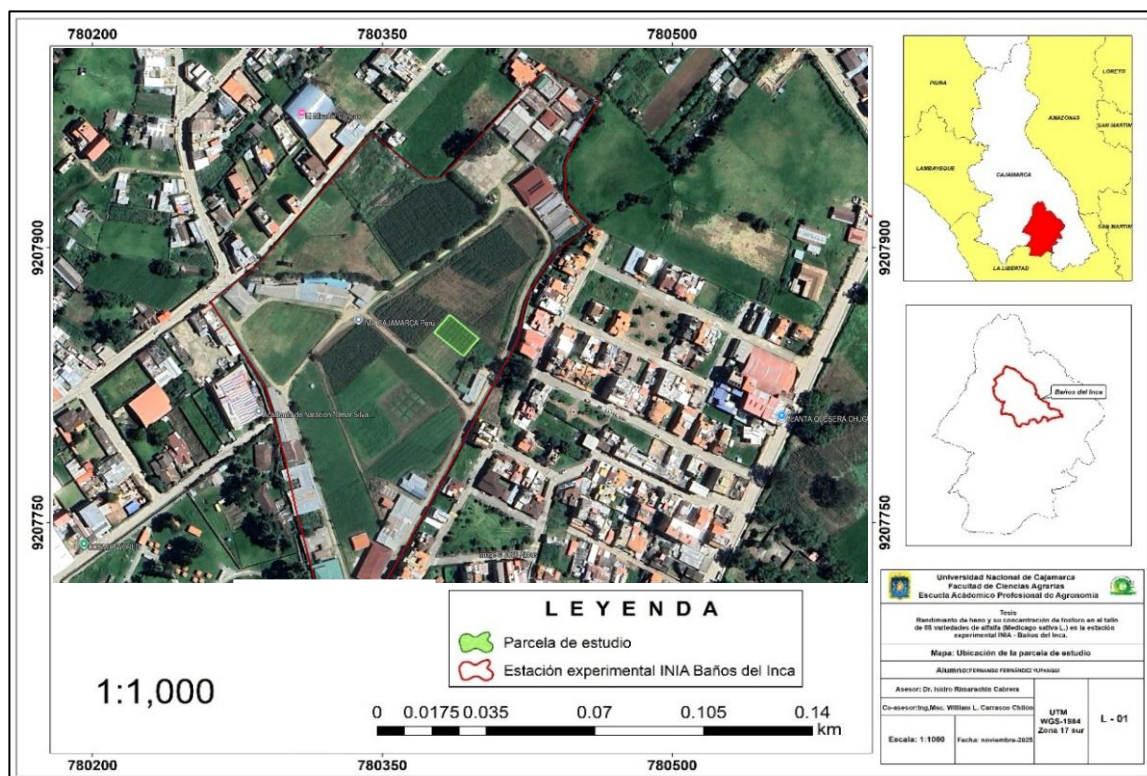


Figura 6

Ubicación de la parcela en estudio donde se realizará la investigación.



Nota: Google Earth Pro-2025.

3.2. Materiales y equipos

A. Materiales

- Material Biológico
 - Semilla de alfalfa certificada.
- Material de escritorio
 - Cinta masking
 - Lapiceros
 - Lápiz
 - Libreta de apuntes
 - Papel bond
 - Plumones de tinta indeleble.

B. Equipos

- Cámara fotográfica.

- Computadora.
- Equipo de protección (mandil, guantes quirúrgicos y mascarilla).
- Estereoscopio.
- Balanza digital

C. Equipos y herramientas de campo

- Mochila de fumigar
- Hoz o segadora
- Wincha
- Manguera
- Termómetro de campo

3.3. Metodología de la investigación

1. Tipo y nivel de investigación:

Según la intervención del investigador: es de tipo experimental Según el nivel: es correlacional explicativa, ya que busca explicar la relación causal entre la aplicación de 3 dosis diferentes de fósforo en el rendimiento de 8 variedades de alfalfa.

Según el diseño de la investigación: es un estudio experimental.

2. Diseño de la investigación

a. Técnica de muestreo: La técnica utilizada es el muestreo en cuadrículas seleccionando un metro cuadrado por cada área en estudio.

b. Diseño de la investigación:

Se utilizó un Diseño Bloques Completo al Azar con 3 dosis de fertilización y 8 variedades para finalmente determinar el rendimiento del cultivo de alfalfa. Para el estudio del

rendimiento se utilizó el método del ANOVA para la comparación de medias se utilizó Tukey ($p < 0.05$).

3.4. Diseño Experimental y modelo estadístico en la investigación

Se está utilizando el Diseño Bloques Completo al Azar (DBCA) con 3 bloques y 8 tratamientos cada parcela en estudio es de 3m de ancho por 5m de largo haciendo un total de 15 m² cada parcela experimental, hay pasadizos de 1m de ancho tanto entre bloques como entre parcelas individuales para facilitar el manejo agronómico y evitar el "efecto de borde".

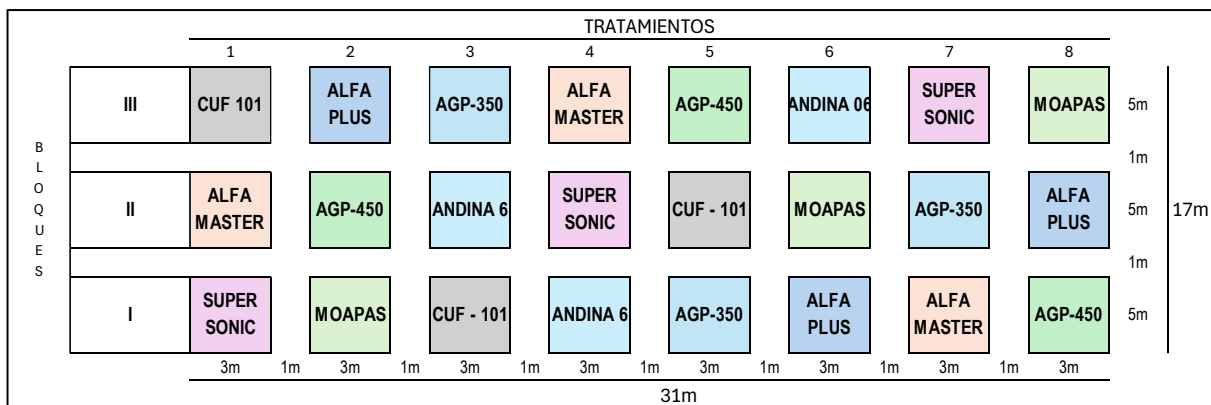
3.5. Croquis del experimento

El campo experimental se tuvo la siguiente distribución de las parcelas en estudio:

Bloques: 3

Tratamientos: 8

Figura 7
Distribución del experimento.



III	100 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ = 150gr P ₂ O ₅ en 15m ²
II	80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ = 120gr P ₂ O ₅ en 15m ²
I	60 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ = 90gr P ₂ O ₅ en 15m ²

El área total del experimento es de 527 m².

3.6. Conducción de las parcelas en Campo

1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se efectuó utilizando maquinaria agrícola (tractor), proporcionada por la Estación Experimental Agraria (EEA) del INIA. Inicialmente, se realizó una labor de arado con discos, seguida de una pasada de rastra, con la finalidad de desmenuzar los terrones, aflojar el suelo y lograr una adecuada nivelación. Finalmente, el tapado de semilla fue realizado en forma manual.

2. División de las parcelas en tratamientos

De acuerdo con el croquis previamente elaborado del experimento, se procedió a la distribución de los tratamientos, parcelas, calles, delimitando con estacas y carteles.

3. Siembra

La siembra se realizó al voleo, posteriormente se realizó el tapado utilizando herramientas manuales, la semilla certificada fue proporcionada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

4. Limpia

La limpia se realizó de 55 días, utilizando herramientas manuales como la hoz ya que el cultivo requiere hacer el corte con cuidado para no eliminar las plantas de alfalfa. Se hizo una limpia más para que establezca definitivamente el cultivo y poder hacer la fertilización correspondiente.

5. Fertilización

La primera fertilización se realizó posterior a las dos limpias y un corte de establecimiento que se realizaron, inmediatamente después del primer corte de establecimiento (primer estado fisiológico) se colocó solo el 50% de la cantidad de

fertilizante de cada tratamiento, el otro 50% se colocó al tercer corte (segundo estado fisiológico), el fertilizante que se aplicó fue fosfato diamónico (18-46-0) la aplicación fue al voleo.

3.7. Toma de datos biométricos (Variables Evaluadas)

1. Altura de planta

Se realizaron medidas en cada unidad experimental tomadas en 1m², desde la parte final de la planta, hasta el suelo, expresado en cm. Se tomaron altura de las 8 parcelas de cada tratamiento, donde caiga el m² al azar de la parcela.

2. Forraje verde

Consiste en el peso fresco de la alfalfa del m², para ello se procedió a cortar 1m² de cada parcela, inmediatamente hecho el corte con la ayuda de una balanza digital se hace el peso expresado en kilogramos y se registra.

3. Materia seca

Consiste en seleccionar solo 100 gr de forraje verde de cada metro cuadrado cortado, posteriormente se mete a la estufa a 100 °C, esto se va pesando después de 12 horas un primer peso, luego 3 horas más, hasta que nos dé un peso seco uniforme, finalmente se registra el peso final y se obtiene la materia seca.

4. Contenido de proteína

El contenido de proteína se determinó al final de los cortes, llevando al laboratorio para analizar cada tratamiento, para ello se tuvo que moler las muestras de materia seca previamente identificadas, después de 15 en laboratorio se obtuvieron los resultados.

5. Rendimiento

El rendimiento del cultivo de alfalfa se evaluó considerando como indicador principal el rendimiento de forraje verde y de materia seca (MS), el cual expresa la cantidad de biomasa seca generada por unidad de superficie, y se reportó en kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS ha^{-1}).

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten evaluar el efecto de tres dosis de fósforo (60, 80 y 100 kg P₂O₅ ha⁻¹) aplicadas en dos estados fisiológicos distintos (después del primer y tercer corte) sobre variables agronómicas y nutricionales del cultivo de alfalfa. Aunque el diseño experimental original contemplaba la interacción entre dosis y estado fisiológico, los análisis presentados en el documento se centran en los efectos marginales de la dosis de fósforo y la variedad, sin desglosar explícitamente la interacción.

4.1.1. Forraje verde

La Tabla 6. Muestra el análisis de varianza (ANOVA), para el forraje verde o fresca (Kg ha⁻¹ corte⁻¹), lo cual indica no existe significación estadística entre bloques, dado que el valor de significación (p valor = 0.436), es mayor al 0.05 (5%) pero si existe significancia estadística en tratamientos (variedad) dado que el valor de significación (p-valor = 0.004) es menor al 0.05 (5%), por lo que se concluye que las medias de los tratamientos difieren, es decir las diferentes dosis de fertilización en los tratamientos afectan de manera significativa al rendimiento de forraje verde o fresca en los tratamientos.

Tabla 6
Análisis de varianza del forraje verde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis Fósforo (kg ha ⁻¹)	2	14450107	7225053	0.84	0.436
Variedad	7	194050819	27721546	3.21	0.004
Repetición	4	1621602622	405400655	46.98	0
Error	106	914676312	8629022		
Total	119	2744779859			

El coeficiente de variación para la evaluación es 12.05 %, que demuestra confianza experimental de los datos obtenidos en campo durante el experimento.

Tabla 7

Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para Rendimiento de forraje verde en (Kg ha⁻¹ corte⁻¹) entre niveles de fertilización.

Dosis de P ₂ O ₅ (Kg ha ⁻¹)	Forraje verde Kg ha ⁻¹ Corte ⁻¹	Agrupación
60	16336.70	a
80	15773.70	a
100	15503.70	a

Tabla 8.

Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para Rendimiento de forraje verde en (Kg ha⁻¹ corte⁻¹) entre tratamientos (variedades).

Variedad	Forraje verde Kg ha ⁻¹ Corte ⁻¹	Agrupación
ALFA MÁSTER	17516.7	a
MOAPA	17140	a
CUF 101	16676.7	ab
ALFA PLUS	16673.3	ab
SUPER SONIC	15990	abc
ANDINA 6	14616.7	bc
AGP 450	14256.7	c
AGP 350	14101.3	c

La tabla 7. Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, se observa que los rendimientos de forraje verde en (kg ha⁻¹corte⁻¹) no muestra diferencia estadística significativa entre niveles de fertilización, sin embargo, la tabla 8. Al realizar la prueba de

Tukey al 5 % de probabilidad, se observa que los rendimientos de forraje verde en (kg ha^{-1} corte⁻¹) en donde **Alfa master y Moapa superaron** los 17140 kg ha^{-1} . Este hallazgo es relevante porque sugiere que, en condiciones de la estación experimental INIA – Cajamarca, aumentar la dosis de fósforo más allá de 60 kg ha^{-1} no incrementa el rendimiento fresco. Esto podría deberse a que el fósforo aplicado tiene limitaciones en la cantidad total que puede ser absorbida, como señalan Meléndez y Molina (2002), quienes afirman que la nutrición es complementaria y no sustituye la fertilización edáfica.

Estos resultados coinciden con los de Oñate y Flores (2019) en Ecuador, donde variedades como *Abunda Verde* y *CUF-101* mostraron mayor biomasa con fertilización fosfatada. La superioridad de ciertas variedades refuerza la importancia de la elección genética en el manejo del cultivo, más allá de la nutrición mineral.

Este comportamiento puede explicarse por dos factores principales: (i) la limitada capacidad de absorción para nutrientes requeridos en grandes cantidades, como el fósforo, y (ii) la posible saturación del sistema radicular en cuanto a disponibilidad de P, derivada de la fertilidad residual del suelo o de la simbiosis con rizobios. En leguminosas como la alfalfa, la fijación biológica de nitrógeno (FBN) está estrechamente ligada al suministro de fósforo, ya que los procesos de nodulación y actividad nitrogenasa son altamente demandantes de ATP (Sanz et al., 2017; Martins et al., 2017). No obstante, si la nodulación ya es óptima —como podría ocurrir en suelos con historia de cultivo de leguminosas—, la adición exógena de P podría no traducirse en ganancias de rendimiento.

4.1.2. Materia seca

La Tabla 9. Muestra el análisis de varianza (ANOVA), para materia seca (Kg ha^{-1} corte⁻¹), lo cual indica no existe significación estadística entre bloques (niveles de fertilización), dado que el valor de significación (p valor = 0.139), es mayor al 0.05 (5%) pero si existe

significancia estadística en tratamientos (variedad) dado que el valor de significación (p-valor = 0.01) es menor al 0.05 (5%), por lo que se concluye que las medias de los tratamientos difieren, es decir las diferentes dosis de fertilización en los tratamientos afectan de manera significativa al rendimiento de materia seca en ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$).

Tabla 9
Análisis de varianza de materia seca.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis Fósforo (Kg ha^{-1})	2	1167796	583898	2.01	0.139
Variedad	7	5746702	820957	2.83	0.01
Repetición	4	82137352	20534338	70.82	0
Error	106	30734535	289948		
Total	119	119786385			

El coeficiente de variación para la evaluación es 16.31, que demuestra la confianza experimental de los datos obtenidos en campo durante el experimento.

Tabla 10
Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para Rendimiento de materia seca en ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) entre niveles de fertilización y tratamientos (variedades).

Dosis de Fósforo (Kg ha^{-1})	Biomasa $\text{kg de MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$	Agrupación
60	3434.15 a	a
100	3198.18 a	a
80	3271.11 a	a
Variedad		
450	3038.77 bc	bc
350	3019.81 c	c
ANDINA 6	3106.72 bc	bc
MOAPA	3602.85 a	a
ALFA PLUS	3415.18 ab	ab
ALFA MÁSTER	3599.25 a	a
SUPER SONI	3267.86 abc	abc
CUF 101	3358.74 abc	abc

La tabla 10. Muestra que el al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, se observa que no hay diferencia significativa entre niveles de fertilización, en donde se mantuvieron entre 3198.18 y 3434.15 Kg MS ha⁻¹ corte⁻¹ que en porcentaje es de 20.7 y 20.9 %. La mayor diferencia estadística en rendimientos de materia seca en (kg ha⁻¹corte⁻¹) se obtuvieron con los tratamientos (variedades) **donde Alfa Master y Moapa** mostraron notable diferencia con rendimientos de 3599.25 y 3602.85 Kg ha⁻¹ corte⁻¹ respectivamente, siendo estadísticamente similares y superiores al resto.

En contraste, la variedad sí afectó significativamente la producción de MS ($p = 0.010$), con Moapa y Alfa Máster superando los 3599.25 kg ha⁻¹. Estos valores son comparables con los reportados por Castaldo et al. (2016) en Argentina (6211–7458 kg ha⁻¹), aunque inferiores, probablemente por diferencias en clima, manejo o frecuencia de corte. En Cajamarca, donde los suelos son pobres en P, la respuesta genética parece ser clave para maximizar la eficiencia del uso del nutriente.

4.1.3. Altura de planta

En la tabla 11, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la altura de peciolo de la planta de alfalfa, los cuales indican que no existe significación estadística entre bloques (3 niveles de fertilización), dado que el valor de significación (p -valor = 0.945) es mayor al 0.05 (5 %), pero si existe significación estadística en tratamientos, dado que el valor de significación (p -valor = 0,000) es menor al 0.05 (5 %), por lo que se concluye que las medias de los tratamientos difieren, es decir las diferentes dosis de fertilización en los tratamientos afectan de manera significativa a la altura de la planta de la alfalfa.

Tabla 11*Análisis de varianza de la altura de planta*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis Fósforo (Kgha ⁻¹)	2	2.5	1.23	0.06	0.945
Variedad	7	28134.2	4019.17	183.16	0
Repetición	4	3053.1	763.27	34.78	0
Error	106	2326.1	21.94		
Total	119	33515.8			

El coeficiente de variación para la evaluación es 9.60%, que demuestra confianza experimental de los datos obtenidos en campo durante el experimento.

Tabla 12*Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la altura de planta entre niveles de fertilización y tratamientos (variedades).*

Dosis Fósforo (Kgha ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Agrupación
100	48.975	a
80	48.775	a
60	48.625	a
Variedad		
MOAPA	70.133	a
CUF 101	64.600	b
ALFA PLUS	61.267	b
ALFA MÁSTER	54.400	c
SUPER SONI	47.200	d
450	34.333	e
350	30.600	f
ANDINA 6	27.800	f

Según la tabla 12. Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, se observa que no hay diferencia estadística con una altura promedio de 48 cm entre los niveles de

fertilización, sin embargo, la diferencia estadística está en los tratamientos (variedades) en donde la mayor altura de planta de alfalfa se obtuvo Moapa cuya media es de 70.133, siendo estadísticamente superiores al resto. Por otro lado, las variedades Andina 6 y 350 no superaron los 31 cm.

Este resultado sugiere que, dentro del rango evaluado, el fósforo no ejerce un efecto marcado sobre el crecimiento vertical del cultivo. Esto contrasta parcialmente con lo reportado por Vivas y Quaino (2001), quienes señalan que la fertilización fosfatada estimula el crecimiento inicial y el desarrollo radicular en alfalfa. Asimismo, Sanz et al. (2017) indican que la baja disponibilidad de P limita el crecimiento aéreo, pero en este estudio las dosis aplicadas, aunque variables podrían haber estado por encima del umbral crítico para manifestar diferencias visibles en altura.

Esta variabilidad intrínseca entre variedades está alineada con lo observado por Cayetano (2022), quien reportó diferencias significativas en altura entre variedades no dormantes (Moapa 69, CUF 101 y SW 8210) en la costa peruana. La respuesta varietal parece ser un factor más.

4.1.4. Proteína

En la tabla 13, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de proteína de la planta de alfalfa, los cuales indican que existe significación estadística entre bloques (3 niveles de fertilización), dado que el valor de significación (p-valor = 0.000) es mayor al 0.05 (5 %), pero también existe significación estadística en tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = 0,000) es menor al 0.05 (5 %), por lo que se concluye que las medias de los niveles de fertilización, es decir las diferentes dosis de fertilización en los tratamientos afectan de manera significativa en el contenido de proteína en la planta de la alfalfa.

Tabla 13
Análisis de varianza para proteína

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	7	269.6	38.514	4.19	0.011
DOSIS	2	648.2	324.11	35.23	0
Error	14	128.8	9.2		
Total	23	1.1.1046.6			

El coeficiente de variación para la evaluación es 8.5%, que demuestra confianza experimental de los datos obtenidos en campo durante el experimento.

Tabla 14
Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el contenido de proteína entre niveles de fertilización y tratamientos (variedades).

DOSIS	Proteína (%)	Agrupación
100	35.6125	a
80	26.8588	b
60	23.2312	c
VARIEDAD		
450	33.7	a
ANDINA 6	32.2	a
SUPER SONI	31.4633	a
350	29.5067	ab
MOAPA	26.1167	b
ALFA MÁSTER	25.6133	b
CUF 101	25.44	b
ALFA PLUS	24.5	b

Según la tabla 14. Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, se observa que entre las dosis de fertilización hay diferencia estadística significativa esto nos indica que la variable proteína fue más sensible a la dosis de fósforo ($p < 0.001$). La dosis de 100 kg ha^{-1} generó un promedio de 35.61 % de proteína, significativamente superior (26.86 %) y (23.23 %). Sin embargo, si comparamos entre tratamientos hay una ligera significancia estadística no tan notable como en los niveles de fertilización.

A nivel varietal, *450*, *Andina 6* y *Super Sonic* superaron el 31 % de proteína, mientras que *Alfa Plus* y *CUF 101* no alcanzaron el 26 %. Esto indica que la interacción genotipo × ambiente × manejo es determinante en la calidad del forraje. Estos resultados son superiores a los valores reportados por PROMARENA (2008) (10.7–12 % de proteína bruta en tallos y hojas), probablemente debido a la cosecha en estado vegetativo temprano y a la fertilización.

Este hallazgo es crucial, ya que confirma la estrecha relación entre la nutrición fosfatada y la calidad nutricional del forraje. El fósforo es esencial para la síntesis de ATP y ácidos nucleicos, procesos vinculados directamente con la producción de proteínas (Sanz et al., 2017). Además, en leguminosas, el P favorece la nodulación y la fijación biológica de nitrógeno (Toniutti y Fornasero, 2020), lo que explica el incremento en proteína.

En conjunto, los resultados sugieren que, si bien el fósforo no incrementó significativamente variables de rendimiento como altura, forraje verde o materia seca en el rango evaluado, sí tuvo un impacto notable en la calidad proteica del forraje. Esto tiene implicancias prácticas importantes para los productores de Cajamarca, donde la alfalfa se utiliza principalmente para alimentación de cuyes y otros animales menores, cuyas dietas requieren alta calidad proteica.

Estudios en sistemas similares, como el de Lima et al. (2020) en pastizales altoandinos, muestran que la fertilización fosfatada incrementa la nodulación y el contenido de N en tejidos, lo que respalda nuestros hallazgos en proteína. Asimismo, Fontanetto y Bianchini (2007) destacan que la fertilización “sobre la marcha” en pasturas establecidas es una estrategia viable para corregir deficiencias, especialmente en suelos con baja disponibilidad de P, como los de Cajamarca (Chilón, 1997).

La dosis de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ maximizó el contenido proteico, sin afectar negativamente otras variables. Las variedades *Moapa* y *Alfa Máster* mostraron el mejor desempeño integral

en rendimiento y crecimiento. La fertilización con fósforo es una herramienta eficaz para mejorar la calidad nutricional, aunque su impacto en rendimiento requiere validación con aplicaciones al suelo o en combinación con inoculación rizobiana (Toniutti y Fornasero, 2020).

Se recomienda profundizar en la interacción dosis \times estado fisiológico y evaluar combinaciones con inoculantes de *Ensifer meliloti*, dado el rol sinérgico entre P y fijación biológica de N₂ en leguminosas (Martins et al., 2017).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.2. Conclusiones

- Los 3 niveles de fertilización no presentaron efectos estadísticos significativos en el rendimiento de forraje verde ni en el porcentaje de materia seca. Pero a comparación con los tratamientos (variedades) Alfa master y Moapa son las que más respondieron a las diferentes fertilizaciones mostrando mayores rendimientos en comparación con las otras variedades.
- Los 3 niveles de fósforo no tuvieron un efecto significativo en la altura de la planta, por el contrario, la variedad Moapa presento mejor respuesta a la fertilización en general cuya media es de 70.133 cm
- El nivel 3 de fertilizante ($100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) tuvo un efecto muy significativo ya que maximizó la calidad nutricional alcanzando un 35.61 % de proteína, superando ampliamente a los niveles de fertilización de $80 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$ (26.86 %) y $60 \text{ Kg P}_2\text{O}_5$ (23.23 %).

4.3. Recomendaciones

- Para la Zona de Cajamarca, específicamente Distrito de Los Baños Del Inca se recomienda la variedad Mopa, ya que fue la que mejor respuesta presento a los niveles de fertilización y se obtuvo mejor rendimiento en forraje verde, materia seca y altura de planta.
- Se recomienda sembrar las variedades AGP 450 o ANDINA 6, ya que mostraron una respuesta superior en calidad nutricional, así mismo también al agregar un mayor aporte de fósforo (P_2O_5 hasta 100 kg ha^{-1}) no necesariamente hará que la planta crezca más alta, pero sí aumentará drásticamente su valor nutritivo, lo que se traduce en mayor producción de leche o carne.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, H. (1992). Fertilización del cultivo de alfalfa En: Romero O. (Ed.) Seminario la alfalfa en la zona sur .1-2 diciembre. Temuco, Institución de Investigación Agropecuaria, Estación Experimental Carillanca N°31: 66 - 84.
- Aguilar, E. (2017). _Producción de biomasa forrajera de variedades o ecotipos de alfalfa (medicago sativa l.) en el sector humedades del distrito de Salas – Lambayeque [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] Repositorio UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/1866/BC-TES-TMP-699.pdf?sequence=1>
- AgroBesser (2024, 30 de marzo). *Alfalfa Alfamaster 25Kg, Semillas de alfalfa siembra costa y sierra, AGP.* <https://agrobesser.com/semillas/alfalfa-alfamaster-25kg-semillas-de-alfalfa-siembra-costa-y-sierra-agp-630.html>
- Arias A, Cruz L, Cesar, Pantoja A, Melina, López R, Walter, Bermúdez A, & Enos, Morales S. (2021). Estudio comparativo de la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de cultivo de alfalfa (Medicago sativa), en la puna húmeda y seca del Perú. *Compendio de Ciencias Veterinarias, 11(2)*, 7-12. Epub 00 de diciembre de 2021. <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2021.11.02.7>
- Ávila Miramontes, J. A., Ávila Salazar, J. M., Rivas Santoyo, F. J., & Martínez Heredia, D. (2022). *El cultivo de la alfalfa: Sistemas de producción en el noroeste de México.* Universidad de Sonora. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA.pdf>

- Bautista Diaz, S. F. (2023). Biomasa forrajera de alfalfa (*Medicago sativa*), variedad 1001 con diferentes dosis de fósforo (P) en Chota.
- Bernal, M. (2011, 11 de junio). *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas altoandinas (en línea)*. Perú - Dirección de Crianzas – DGPA. WordPress. <https://antoniovyckovilchez.files.wordpress.com/2011/12/137.pdf>
- Biosemillas Perú (2024, 30 de abril). Semillas de alfalfa. <https://biosemillasperu.com/producto/agp-450/>
- Carpio, JG. 2011. Evaluación de la eficacia de cinco fertilizantes foliares con tres dosis en el cultivo establecido de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad morada extranjera (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. ESPOCH, Riobamba, Ecuador. 78p. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/786/1/13T0708%20.pdf>
- Castaldo, A., Pariani, A., Ferrán, A., Giorgis, A., Lamela A, P., Denda, S., Antonucci, P., Quinn, N y Hecker, F. (2016). Efecto de dos niveles de densidad de siembra y fertilización sobre la producción de dos cultivares de alfalfa bajo corte. Análisis productivo y económico del primer año de producción (en línea). *Revista Ciencia Veterinaria* 18(2): 8-26. Disponible en: <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/viewFile/2233/2196>
- Cayetano Manzo (2022). *Efecto de la fertilización fosfatada en el establecimiento y producción de tres variedades de alfalfa* [tesis de pre grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Chilón, E. (1997). Manual de fertilidad y nutrición de plantas. CIDAT. La Paz Bolivia.
- Choque, J. (2002). Producción y Manejo de Especies Forrajeras. *Puno Sagitario*. 1(1): 45 – 52.

EcuRed, (2024). (s.f). *Rendimiento agrícola*. Consultado el 30 de marzo de 2024.

https://www.ecured.cu/Rendimiento_agr%C3%ADcola

Ergonomix. (2011, 26 de agosto). *Consejos prácticos: ¿De qué hablan cuando dicen Materia*

Seca? https://www.engormix.com/lecheria/materia-seca-hectarea/consejos-practicos-hablan-cuando_a28991/

Estados Unidos Mexicanos [EUM]. (2020, 8 de octubre). *Variedades vegetales, camino a una*

mejor y mayor producción. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/variedades-vegetales-camino-a-una-mejor-y-mayor-produccion?idiom=es#:~:text=Una%20variedad%20vegetal%20representa%20a,logra%20obtener%20una%20variedad%20mejorada.>

Escobar, WS. 2015. Respuesta del cultivo de fréjol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) la aplicación

foliar complementaria de tres bioestimulantes Tumbaco, Pichincha (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Quito, Ecuador. 132p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4547/1/TUCE-0004-13.pdf>

FEDNA, E. (2016). Valor nutritivo del ensilado y henificado de la alfalfa (en línea). Fundación

Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. Consultado 27 marzo 2024. Disponible en <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/alfalfa-heno-en-rama>

Fontanetto, H., Bianchini, A. (2007). Fertilización fosfatada y azufrada de alfalfa a la siembra

y al año de implantación en el centro-este de Santa Fe. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 36. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/09FC7AB339A86C6C852579950078482E/\\$FILE/5.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/09FC7AB339A86C6C852579950078482E/$FILE/5.pdf)

Ghaly, A., Ramkumar, D., Sadaka, S., Rochon, J. 2000. Effect of reseeded and pH control on the digester operating on acid cheese whey. *Journal Canadian Agricultural Engineering*, 42(4): 173-183.

Gonzales, M. (2016). Condiciones de acidez de silaje destinado a la alimentación de rumiantes. *Facultad de ciencias veterinarias - Universidad del Centro de la provincia de Buenos Aires* 3(4): 343-352

Gonzales, J., & Vargas, E. (2020). Respuesta de la alfalfa a la fertilización con fósforo en suelos ácidos de Cajamarca. *Revista Científica Agrícola*, 12(1), 78-85.

Hortus, (2022, 24 de agosto). *Importancia de la dormancia en el cultivo de Alfalfa*. <https://www.hortus.com.pe/detalle-noticia/importancia-de-la-dormancia-en-el-cultivo-de-alfalfa#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20dormancia%20en,horas%20de%20longitud%20del%20d%C3%ADa>.

Interagency Taxonomic Information System (ITIS), 2020. Taxonomía y nomenclatura de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) (en línea). Consultado 25 marzo de 2024. Disponible en <https://n9.cl/kmqvx>

KristenSeed, (2024, 30 de abril), semillas de alfalfa. <https://www.kristenseed.com.mx/alfalfa-kristen-seed>

León, E. (2003). *Pastos y Forrajes, Producción y Manejo*. (Folleto pastos y forrajes). Universidad Central. 251 p.

Lima Molina, Nila, Aguirre Terrazas, Lucrecia, y Flores Mariazza, Enrique. (2020). Estrategias para mejorar los pastizales altoandinos: el rol del trébol y la fertilización con

fósforo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), 17-840. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17840>

Liñán Quisuruco, N. (2024). Estudio del impacto del fósforo en el cultivo de alfalfa en zonas de suelos pobres [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/20.500.14074/4482>

López, A. (1975). Guía para la asistencia técnica agrícola. México D.F. Profr editorial. 79 p.

Mamani, G., Villantoy Palomino, A., & Parian Inca, A. (2011). *Producción de pasturas en los valles interandinos* (Serie Manual N° 1-11). Programa Nacional de Innovación Agraria en Pastos y Forrajes; Ministerio de Agricultura.
http://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/685/1/Mamani-Producci%C3%B3n_pasturas_valles_interandinos.pdf

Martines, F. (2021, 22 de febrero). *Fertilización de alfalfa y pasturas permanentes*.
<https://horizonteadigital.com/fertilizacion-de-alfalfa-y-pasturas-permanentes/>

Martins, D., Macovei, P., Balestrazzi, A., & Araújo, S. (2017). The influence of phosphate deficiency on legume symbiotic N₂ fixation. En S. Sulieman & L. S. Tran (Eds.), *Legume Nitrogen Fixation in Soils with Low Phosphorus Availability* (pp. 25–48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55729-8_2

Matinata, E. (2023). *Bases para la producción de heno de alfalfa con destino a la fabricación de pellets en Chubut*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional De La Pampa] UNP.
<https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/8702/atp-matbas023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Meléndez, G. y Molina E. (2002). Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Centro de investigaciones agronómicas de la universidad de costa rica. Costa Rica. 145p. disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%3%b3n%20Foliar.pdf>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). Anuario producción agrícola (2019) (en línea). Cajamarca, Perú. Consultado 23 marzo 2021 (en línea). Disponible en <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=produccion-agricola>
- Montesano, A. 2008. Fertilización de verdeos y pasturas de alfalfa. *Marca Líquida Agropecuaria*, 19(184), 47-48. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/38-montesano.pdf
- Muslera, E (1991). *Praderas, Forrajes, Producción y Aprovechamiento*. 2º Edición. Madrid-España. Editorial Mundi – Prensa. 674 p.
- Oñate-Viteri, Wil. y Flores-Mariazza, E. (2019). Comportamiento agronómico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de fertilización fosfatada. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 125-132. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200125&lng=es&tlng=es
- Pintado, M. (23 de marzo de 2023). *La poca práctica de análisis de suelos en el Perú*. CEPES. <https://cepes.org.pe/2023/03/23/la-poca-practica-de-analisis-de-suelos-en-el-peru/>
- Príncipe, G. (2019). Efecto de la aplicación de tres fertilizantes foliares en tres estados fenológicos en el rendimiento del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en

Cieneguillo Centro-Sullana-2018. Tesis Ing. Agrónomo. Piura, Perú. 59 p. Disponible en:

http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/14202/Tesis_62069.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ponce, M. (2014). *Producción de Forraje – Estado de desarrollo de alfalfa con distintos grados de reposo*. Editorial Edwin Argentina.

https://books.google.com.pe/books?id=ofu1E1_Ehz0C&printsec=frontcover&source=gbvpt_read

Pozo, M. (1983). *La Alfalfa su cultivo y aprovechamiento*. Madrid – España. Mundi-Prensa editorial. 380 pág.

PROMARENA. (2008). Cultivo de alfalfa dormante en regiones de la puna de Bolivia (en línea). La Paz. Consultado 26 de febrero de 2024. Disponible en <https://n9.cl/gfis>

Probelte. (2019, 18 de junio). *Fertilización química o convencional en la agricultura*. <https://cepes.org.pe/2023/03/23/la-poca-practica-de-analisis-de-suelos-en-el-peru/>

Quispe, A. (2009). Efecto de tres fertilizantes foliares en el rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotipo San Pedro, en el ámbito de la Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. UNT, Trujillo, Perú. 53p. Disponible en: <http://ciptrujillo.org/ovcipcddl/uploads/biblioteca/abstract/T002953.pdf>

Romero, O. (1992). Cultivares de alfalfa para la región Bio-Bio Araucania y los Lagos. Seminario alfalfa y su utilización en la zona sur. Estación experimental Carillanca (INIA). Temuco Chile. Mercurio 33-65 p.

- Romero, C. (1995). Crecimiento y utilización de la alfalfa. Editorial Hijano y Navarro. La alfalfa en la Argentina, Subprograma Alfalfa INTA, Agro Cuyo, manuales. 156 p.
- Ruiz, C. (2003). *Proyecto de pelletización de alfalfa medicago sativa*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito]. (En línea). Disponible en: <http://myslide.es/documents/226171.html>
- Sanz, A., Morales, F., Arrese-Igor, C., Aranjuelo, I. (2017). *Fijación de nitrógeno de leguminosas en suelos con baja disponibilidad de fósforo*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55729-8_2
- Sánchez, M. A., Flores, R., & Torres, L. (2018). Nutrientes esenciales para leguminosas: enfoque en fósforo. *Revista Agronómica Andina*, 34(2), 45-53.
- Sánchez, A. I. (2024). Efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la campiña de Cajamarca [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7458>
- Sistema Integrado de Estadística Agraria, (SIEA) 2018. Calendario de cosechas de alfalfa (en línea). Consultado el 15 de junio de 2020. Disponible en <http://siea.minagri.gob.pe/calendario3/>
- SIEA. (2018). Sistema Integrado de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura y Riego, Perú. <http://siea.minagri.gob.pe>
- Solano, M. (2006). Botánica sistemática. Separata del curso botánica sistemática. Puno. Universidad Nacional del Altiplano. 1(1): 25-43

- Suttie, M. (2003). Cultivos para heno-Leguminosas forrajeras y legumbres. Capítulo VI. 215 pág. (En línea). Consultado el 27 de marzo del 2024. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s0a.htm#bm10>.
- Timana, N. (2015). Efectos de la fertilización química-orgánica en el rendimiento de dos variedades de Alfalfa (*Medicago sativa* L.), en la Comunidad de Calpaqui, provincia de Imbabura (en línea). UTB, Tesis Ing. Agrónomo. UTB, Carchi, Ecuador. 130p. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/738/1/T-UTB-FACIAG-AGR000142.pdf>
- Tingal, J. (2015). Evaluación de leguminosas en la región de Cajamarca –Baños del Inca (en línea). Tesis Ing. Zootecnista. UNC, Cajamarca, Perú. 59p. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/984/TESIS%20JHENNY.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Toniutti, M. A, y Fornasero, L. V. (2020). Efecto de la inoculación con rizobios y la fertilización fosfatada sobre la nodulación y producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el centro de Santa Fe (Argentina). *Agriscientia*, 37(2), 1-10. <https://dx.doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n2.24067>
- Torres Moncada, J. (2015). *Efecto de la aplicación de cinco niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays l.) var. marginal 28 – t. en yurimaguas*. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional De La Amazonía Peruana Facultad De Agronomía]. UNAP. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3373/Jouissy_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Torres, L. (2024). Fertilización con fósforo y azufre en el rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho 2023. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7605>
- UNAN. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5890/cayetano-manzo-alma-betzabe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valverde, C., Frías, J., Sotomayor, C., Pollán, C., Fernández, M. y Urbano, G., (1998). *Nutrientes y factores antinutricionales en las habas afectados por el procesamiento*. *Tiempos. Lebensmo. Unters. Forschung A*, 207 (2):140-145. <https://doi.org/10.1007/s002170050308>
- Van Acker, R. (2009). The biology and ecology of feral alfalfa (*Medicago sativa* L.) and its implications for novel trait confinement in North America. *Critical reviews in plant science*, 28(1):69-87.
- Villablanca F., Alexis y Villavicencio P., Abelardo (2010, 20 de mayo) *Los fertilizantes en la agricultura*. Informativo INIA Ururi. no. 16. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4355>
- Vivas, H. y Quaino, O. (2001). *Fertilización y refertilización fosfatada de alfalfa en un suelo del centro este de santa fe, con y sin enmienda cálcica*. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/29-fertilizacion_y_refertilizacion_fosfatada_de_alfalfa.pdf
- Vivas, H., & Quaino, O. (2001). Fertilización y refertilización fosfatada de alfalfa en un suelo del centro este de Santa Fe, con y sin enmienda cálcica. INTA. <https://www.produccion->

animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/29-fertilizacion_y_refertilizacion_fosfatada_de_alfalfa.pdf

Yzarra, W., López, F. (2012). Manual de observaciones fenológicas (en línea). Consultado el 11 de abril 2020. Disponible en <https://n9.cl/kuvb>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1: Datos de los parámetros evaluados para el análisis ANOVA

1.1. Evaluación de la altura de planta

Tabla 15

Evaluación de altura de planta por bloques y tratamientos

VARIEDAD	ALTURA DE PLANTA			PROMEDIO DE TRAMIENTOS
	I	II	III	
CUF 101	59.20	68.00	66.60	64.60
ALFA PLUS	58.20	63.60	62.00	61.27
350	27.40	31.20	33.20	30.60
ALFA MASTER	57.00	52.60	53.60	54.40
450	38.60	28.20	36.20	34.33
ANDINA 6	29.20	26.20	28.00	27.80
SUPER SONI	50.20	47.00	44.40	47.20
MOAPA	69.20	73.40	67.80	70.13
PROMEDIO DE BLOQUES	48.63	48.78	48.98	

Nota: Elaboración propia 2025.

1.2. Análisis de forraje verde

Tabla 16

Evaluación del forraje verde por m².

VARIEDAD	BLOQUE			PROMEDIO DE TRATAMIENTO
	I	II	III	
CUF 101	1.52	1.681	1.802	1.668
ALFA PLUS	1.618	1.612	1.772	1.667
350	1.4204	1.49	1.32	1.410
ALFA MASTER	2.022	1.579	1.714	1.772
450	1.695	1.313	1.269	1.426
ANDINA 6	1.687	1.539	1.159	1.462
SUPER SONI	1.574	1.618	1.605	1.599
MOAPA	1.593	1.787	1.762	1.714
PROMEDIO de BLOQUES	1.641	1.577	1.550	

Nota: Elaboración propia 2025.

1.3. Análisis de la materia seca.

Tabla 17

Evaluación de materia seca en Kg m² corte⁻¹.

VARIEDAD	BLOQUE			PROMEDIO DE VARIEDAD
	I	II	III	
CUF 101	0.332	0.325	0.354	0.337
ALFA PLUS	0.336	0.347	0.345	0.342
350	0.304	0.302	0.293	0.300
ALFA MASTER	0.406	0.333	0.351	0.363
450	0.339	0.287	0.281	0.302
ANDINA 6	0.347	0.317	0.261	0.309
SUPER SONI	0.328	0.320	0.328	0.325
MOAPA	0.353	0.380	0.341	0.358
PROMEDIO DE BLOQUES	0.343	0.326	0.319	

Nota: Elaboración propia 2025.

1.4. Evaluación del contenido de proteína.

Tabla 18

Análisis del contenido de proteína en porcentaje (%).

VARIEDAD	BLOQUE			PROMEDIO
	I	II	III	
CUF 101	21.690	24.050	30.580	25.440
ALFA PLUS	19.320	23.080	31.100	24.500
350	25.180	25.450	37.890	29.507
ALFA MASTER	23.080	22.140	31.620	25.613
450	25.620	33.380	42.100	33.700
ANDINA 6	24.900	27.460	44.240	32.200
SUPER SONI	22.750	32.860	37.780	31.130
MOAPA	23.310	26.450	28.590	26.117
PROMEDIO	23.231	26.859	35.488	

Nota: Elaboración propia 2025.

ANEXO 2: Análisis de suelo

Figura 8

Resultado del análisis de suelo, elaborado por el INIA.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200**



INFORME DE ENSAYO N° 111204-24 / SU / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : INIA-PN PASTOS Y FORRAJES
 Propietario / Productor : INIA-PN PASTOS Y FORRAJES
 Dirección del cliente : KM 8 CARRETERA A FERREÑAFA-LAMBAYEQUE
 Solicitado por : CLIENTE
 Muestreado por : CLIENTE
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : BOLSA DE PLÁSTICO
 Referencia del muestreo : RESERVADO POR EL CLIENTE
 Procedencia de muestra(s) : BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA-CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 2024-10-30 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-10-24
 Lugar de ensayo : LABSAF BAÑOS DEL INCA
 Fecha(s) de análisis : Del 2024-10-25 al 2024-11-15
 Cotización del servicio : 535-24-BI
 Fecha de emisión : 2024-11-18

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1					
Código de Laboratorio	SU3068-BI-24					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	2024-10-30					
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	15:00					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	Lote N° 4					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,10	6,8	-	-	-
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	--	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	--	-	-	-
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	1,7	-	-	-
Materia Organica	%	0,10	0,8	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	0,50	12,0	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,00	10,0	-	-	-
Árena	%	-	45	-	-	-
Arcilla	%	-	34	-	-	-
Limo	%	-	21	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arcillo Arenoso	-	-	-
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	136,0	-	-	-



Firmado digitalmente por:
 CABRERA HOYOS Hector
 Antonio FAU 20131365994 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 18/11/2024 12:44:13-0500



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017
 LABSAF (Nombre)
 Dirección: (Dirección del laboratorio)
 Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.05
www.inia.gob.pe

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH.	EPA Method 9245 D Rev. 4 2004 Soil and waste pH.
Acidez y Aluminio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (3° de Diciembre 2002), ítem 7.3.29, AS-33. Determinación de Acidez y Aluminio Intercambiable (AS-33 método de Cloruro de Potasio).
Carbonato De Calcio Equivalente	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (3° de Diciembre 2002), ítem 7.3.25, AS-29. Determinación de los carbonatos de calcio equivalente (AS-29 Método de neutralización ácida).
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000, 2da Sección, 2002, ítem 7.1.7 AS-07 2002 Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black)
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (3° de Diciembre 2002), ítem 7.1.10, AS-11 2002 Determinación de fósforo extraíble en suelos neutros y ácidos (AS-11 Método de Bray y Kurtz).
Potasio Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (3° de Diciembre 2002), ítem 7.1.2, AS-27 // EPA 3010.D (Revisión S. 2011) Validado (modificado y aplicado fuera del alcance) 2023 Determinación de potasio disponible en suelos con saturación de acetato de amonio - N, pH 7.0 // Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994 / Cor 1:1996 1994 Soil quality -- Determination of the specific electrical conductivity
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (3° de Diciembre 2002), ítem 7.1.9, AS-09 2002 Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras! Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

(***) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Marieta Cervantes Peralta - Responsable del LABSAF - BAÑOS DEL INCA

Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Firmado digitalmente por:
CABRERA HOYOS Hector
Antonio FAU 20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 18/11/2023 12:44:13-0500

INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH

pH	Evaluación	Efectos
< 5.0	Fuertemente ácido	Condiciones muy desfavorables.
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6.6 - 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 - 8.5	Medianamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes
> 8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)

CLASIFICACION	CE (dS/m)	Efectos
Normal	<1.0	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectados en sus rendimientos.
Muy Ligeramente salino	1.1 - 2.0	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	2.1 - 4.0	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.
Suelo salino	4.1 - 8.0	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	8.1 - 16	Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Muy fuertemente salino	> 16	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

MATERIA ORGANICA

Clasificación	%MO
Muy Bajo	<0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 - 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 6.0

FÓSFORO

Clasificación	mg/kg de P
Bajo	<5.5
Medio	6.5 - 11
Alto	>11

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Clasificación	CIC (Cmol/Kg suelo)	Efectos
Muy Bajo	< 5.0	Suelo muy pobre
Bajo	5.0 - 15	Suelo pobre
Medio	15 - 25	Suelo medio
Alto	25 - 40	Suelo rico
Muy Alto	> 40	Suelo muy rico

CATIONES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K Cmol/kg)

Clase	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)
Muy Baja	<2.0	<0.5	<0.2
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 - 10	1.3 - 3.0	0.3 - 0.6
Alta	>10	>3.0	>0.6

SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

Calificativo	Saturación de Bases (%)	Efectos
Bajo	< 35	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
Medio	35 - 80	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.
Alto	> 80	Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002)


 Firmado digitalmente por:
 GABRIELA HOYOS Hector
 Antonio FAU 20131206984 soft
 lictivo: Soy el autor del
 documento
 Fecha: 18/11/2023 12:44:31-0500

RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en Tn/Ha	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	ESTIERCOL
SU3088-BI-24	Alfalfa	40	80	65	--	

PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA						
Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra		Programa de Fertilización	Siembra	Aporque		
Urea		N				
Fosfato Diamonico		P ₂ O ₅				
Sulfato de Potasio		K ₂ O				
Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporque		Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Azufre
Urea		Urea				

PLAN DE ABONO ORGANICO
Abonamiento Kg/Ha - Siembra

COMENTARIOS:



Firmado digitalmente por:
 CABRERA HOYOS Heder
 Antonio FAU 20151305694 soft
 Activo: Soy el autor del
 documento
 Fecha: 18/11/2023 12:44:36-0500


ANEXO 3: Resultado de análisis de proteína.

Figura 9

Resultado del análisis de proteína, hecho en el INIA.

Informe de
caso de análisis
de proteínas y
fósforo en
alfalfa.

INFORME DE ENSAYO
LABSAF BAÑOS DEL INCA
N° 050004-25NA / AL / BI



: PN PASTOS Y FORRAJES
 : PN PASTOS Y FORRAJES
 : AV. LA MOLINA NRO. 1981 LIMA - LIMA - LA MOLINA
 : CLIENTE
 : CLIENTE
 : RESERVADO POR EL CLIENTE
 : EEA BAÑOS DEL INCA - BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA
 : 2024-08-27
 : 2025-04-02
 : LABSAF BAÑOS DEL INCA
 : Del 2025-04-03 al 2025-05-16
 : 113-25-BI
 : 2025-05-19



Solicitado por
Muestreado por
Referencia del muestreo
Procedencia de muestra(s) (***)
Fecha(s) de muestreo (***)
Fecha de recepción de muestra(s)
Lugar de ensayo
Fecha(s) de análisis
Cotización del servicio
Fecha de emisión

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	AL0014-BI-25	AL0015-BI-25	AL0016-BI-25	AL0017-BI-25	AL0018-BI-25	AL0019-BI-25		
Matriz Analizada	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos		
Fecha de Muestreo (***)	2024-08-27	2024-08-27	2024-08-27	2024-08-27	2024-08-27	2024-08-27		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:00	9:20	9:40	10:01	10:20	10:40		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	01-ANDINA06	01-CUP-101	01-ALFAPLUS	01-AGP350	01-ALFAMASTER	01-MOAPA5		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Proteína	%	-	44,24	30,58	31,10	37,89	31,62	28,59
Metales Totales	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/kg	0,05	2.198,00	1.439,00	1.637,00	1.728,00	1.829,00	1.271,00

ITEM	7	8	9	10	11	12		
Código de Laboratorio	AL0020-BI-25	AL0021-BI-25	AL0022-BI-25	AL0023-BI-25	AL0024-BI-25	AL0025-BI-25		
Matriz Analizada	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos		
Fecha de Muestreo (***)	2024-08-27	2024-08-27	2025-11-30	2025-11-30	2025-11-30	2025-11-30		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:05	11:24	11:45	12:20	12:40	13:00		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	01-AGP450	01-SUPERSONIC	02-ANDINA06	02-CUP-101	02-ALFAPLUS	02-AGP350		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Proteína	%	-	42,10	38,78	27,46	24,05	23,08	25,45
Metales Totales	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/kg	0,05	2.185,00	1.859,00	2.154,00	1.832,00	1.594,00	2.131,00

ITEM	13	14	15	16	17	18
Código de Laboratorio	AL0026-BI-25	AL0027-BI-25	AL0028-BI-25	AL0029-BI-25	AL0030-BI-25	AL0031-BI-25
Matriz Analizada	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017
 LABSAF (Nombre)
 Dirección: (Dirección del laboratorio)
 Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.06
www.inia.gob.pe

Página 1 de 3



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF BAÑOS DEL INCA
N° 050004-25NA / AL / BI

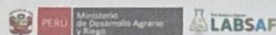


Fecha de Muestreo (***)	2025-11-30	2025-11-30	2025-11-30	2025-11-30	2025-02-10	2025-02-10		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	14:00	14:20	14:40	15:00	10:00	10:40		
Código/identificación de la Muestra por el Cliente (***)	02-ALFAMASTER	02-MOAPAS	02-AGP450	02-SUPERSONIC	03-ANDINA06	03-CUP-101		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Proteína	%	-	22,14	26,45	33,38	32,86	24,90	21,69
Metales Totales	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/kg	0,05	1.828,00	1.439,00	2.059,00	1.830,00	1.985,00	1.720,00

ITEM	19	20	21	22	23	24		
Código de Laboratorio	AL0032-BI-25	AL0033-BI-25	AL0034-BI-25	AL0035-BI-25	AL0036-BI-25	AL0037-BI-25		
Matriz Analizada	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos	Alimentos		
Fecha de Muestreo (***)	2025-02-10	2025-02-10	2025-02-10	2025-02-10	2025-02-10	2025-02-10		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:10	11:30	12:00	12:20	12:40	13:20		
Código/identificación de la Muestra por el Cliente (***)	03-ALFAPLUS	03-AGP350	03-ALFAMASTER	03-MOAPAS	03-AGP450	03-SUPERSONIC		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
Proteína	%	-	19,32	25,18	23,08	23,31	25,62	22,75
Metales Totales	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/kg	0,05	1.579,50	1.698,00	1.492,00	1.494,00	1.747,00	1.718,00

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Proteína	ISO 11261 INTERNATIONAL STANDARD Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method (First edition 1995-03-01), cálculo de proteína por Proximal de Wendee
Metales Totales	Metales MP-AES 4210 / Mexicana NOM-117-SSA1-1994/EPA 6010C/MET-UCCIRT/Res-22 SENASA



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF (Nombre)
Dirección: (Dirección del laboratorio)
Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.06
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF BAÑOS DEL INCA
N° 050004-25NA / AL / BI



IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Marieta Cervantes Peralta - Responsable del LABSAF - BAÑOS DEL INCA



Firmado digitalmente por:
CABRERA HOYOS Hector
Antonio FAU 20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 20/05/2025 08:36:57-0500

Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO

ANEXO 4: Fotografías de todas las labores realizadas en la EEA.

Figura 10

Colocación de estacas y delimitación de parcelas.



Figura 11

Mantenimiento agronómico de las parcelas en estudio.



Figura 12
Evaluación de la altura de planta de cada parcela.



Figura 13
Corte del metro cuadrado para la evaluación de forraje verde.



Figura 14

Toma del peso total de forraje verde del metro cuadrado cortado.



Figura 15

Peso de 100 gr para analizar materia seca y colocar a la estufa por 12 horas.



Figura 16

Toma del peso de las muestras salida de la estufa, para el cálculo de materia seca.



Figura 17

Identificación de muestras de alfalfa molidas para llevar al laboratorio.

