

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

**CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE
TRES VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago sativa L.*) EN DOS
ÉPOCAS DEL AÑO EN ANDAHUAYLAS - APURÍMAC**

PRESENTADA POR:

Br. NATALY BONILLA CRUZ

Br. NANCY LUZMILA SILVERA NAVEROS

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

ASEORES:

M.Sc. MISael RODRIGUEZ CAPCHA

Ph. D. YSAI PAUCAR SULLCA

M.Sc. YOLVI LOPEZ MENDOZA

ANDAHUAYLAS - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** **MISAELO RODRIGUEZ CAPCHA** quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE TRES VARIEDADES DE ALFALFA (Medicago sativa L.) EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN ANDAHUAYLAS - APURÍMAC**

Presentado por: **NATALY BONILLA CRUZ** DNI N° **76178819** ; presentado por: **NANCY LUZMILA SILVERA NAVEROS** DNI N°: **45889871** Para optar el título Profesional/Grado Académico de **INGENIERO AGROPECUARIO**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **02** veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **3** %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 29 de NOVIEMBRE de 20.25


Firma **MISAELO RODRIGUEZ**
Post firma..... **CAPCHA**
Nro. de DNI..... **44682791**
ORCID del Asesor.....
0000-0002-9342-7067


Firma **YSAI PAUCAR**
Post firma..... **SULLCA**
Nro. de DNI..... **45368828**
ORCID del Asesor.....
0000-0001-5998-1727


Firma **YOLVI LOPEZ**
Post firma..... **MIENDOZA**
Nro. de DNI..... **46035749**
ORCID del Asesor.....
0000-0002-3230-1524

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: **27259:533451788**

NATALY BONILLA CRUZ

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE TRES VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago sativa L.*) EN DOS ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:533451788

120 páginas

Fecha de entrega

26 nov 2025, 11:53 p.m. GMT-5

27.526 palabras

Fecha de descarga

27 nov 2025, 12:20 a.m. GMT-5

140.235 caracteres

Nombre del archivo

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE TRES VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicag...*.pdf

Tamaño del archivo

7.1 MB

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- | | |
|----|---|
| 3% |  Fuentes de Internet |
| 0% |  Publicaciones |
| 1% |  Trabajos entregados (trabajos del estudiante) |

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

 **Texto oculto**

45 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios por orientarme y brindarme fortaleza, coraje y sabiduría.

A mis padres, Rina Cruz Zúñiga y Claudio Bonilla Quispe, les agradezco profundamente por su gran amor y apoyo ilimitado. Su ejemplo de fortaleza y dedicación ha sido mi guía constante y fuente de inspiración. Cada sacrificio que hicieron, así como su bendición, fueron fundamentales para que este logro fuera posible. Gracias por su paciencia, cuidado y por formarme con valores y valentía.

A mi hermana Yulisa, por ser una madre más en mi vida, aprecio profundamente tus consejos valiosos y tu constante preocupación por mi salud, es así, que tu respaldo y cariño me impulsaron para seguir adelante.

A mis hermanos, Olger, Kelvin y Soledad, a mi querida sobrina Luna Abigail, gracias por su encanto de alegría que tienen ustedes, me enseñaron a sonreír a la vida, aunque fuera arduo.

A Abraham, agradezco por su valioso apoyo durante la etapa experimental de esta investigación, por tu constante palabras de ánimo, siendo un pilar fundamental para avanzar y culminar este proceso.

Asimismo, expreso mi gratitud a mis familiares, en especial a mi madrina Fany, a mi tía Marisol y a mis abuelos Cornelio, Aurelia y Jesús, quienes con su confianza creyeron en mí para culminar esta etapa universitaria.

Nataly Bonilla Cruz

A Dios, quien me ha guiado y me ha dado fortaleza, valentía de continuar con mis metas en mi vida, haber permitido llegar hasta este punto, por la salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A Juan Lucas Huachuhuillca Quispe, mi compañero y padre de mis hijos, tu amor y apoyo han sido la base de nuestro hogar. Esta tesis es un tributo a la colaboración, paciencia y comprensión que has brindado a lo largo de este viaje académico. Gracias por ser un pilar de fortaleza y un ejemplo para nuestros hijos. Tu presencia en mi vida es un regalo invaluable y este logro es nuestro, en equipo.

A mis padres Jorge Silvera Hurtado y Abdulia Naveros Pariona, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante con mis proyectos en los momentos difíciles, por el respaldo y apoyo en mi formación profesional.

También dedico a mis hijos Jhan Diego y Dalia Emmaluz quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme, su amor incondicional para superarme día a día y ser mejor persona y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

Nancy Luzmila Silvera Naveros

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (Facultad de Agronomía y Zootecnia) por formarnos académicamente para ser grandes profesionales.

A la Escuela profesional de Ingeniería Agropecuaria filial Andahuaylas por acogernos en su casa de estudios y brindarnos todo lo necesario.

Agradecemos profundamente a nuestros asesores, **M.Sc. Misael Rodríguez Capcha, Ph.D. Ysai Paucar Sullca** y **M.Sc. Yolvi Lopez Mendoza** por brindarnos la oportunidad de recurrir a sus conocimientos a lo largo de toda la investigación. Valoramos grandemente la paciencia con la que respondieron nuestras inquietudes y la generosidad al compartir sus capacidades.

Agradecemos a nuestros compañeros (as) del Centro de Investigación fundo Choccepuquio (CIFUNCH), especialmente a Valiery, Sayda, Oscar, Waldir, David, Gerber y Beltrán, quienes formaron un equipo de ayuda mutua, gracias por su valioso tiempo.

Agradecemos a los señores (as), personal administrativo del fundo Choccepuquio, quienes nos ofrecieron su ayuda en nuestro trabajo de investigación.

Agradecemos a los compañeros (as) del curso Manejo de pasturas y praderas 2024 - 2, por brindarnos su ayuda en la parcela de experimento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	14
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.1.1. Problema general	17
1.1.2. Problemas específicos	17
II. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....	18
2.1. Objetivo general	18
2.2. Objetivos específicos	18
2.3. Justificación de la investigación.....	18
III. HIPÓTESIS.....	20
3.1. Hipótesis general.....	20
3.2. Hipótesis específicas	20
IV. MARCO TEÓRICO	22
4.1. Antecedentes	22

4.1.1. Antecedentes internacionales	22
4.1.2. Antecedentes nacionales.....	24
4.2. Generalidades de la alfalfa	27
4.2.1. Origen y distribución.....	27
4.2.2. Taxonomía.....	28
4.3. Morfología de la alfalfa.....	29
4.3.1. Sistema radicular	29
4.3.2. Tallo y corona.....	30
4.3.3. Sistema foliar.....	32
4.3.4. Flor	34
4.3.5. Fruto y semilla.....	35
4.4. Requerimientos edafoclimáticos de la alfalfa	36
4.4.1. Clima	37
4.4.2. Suelo.....	37
4.4.3. Temperatura.....	37
4.4.4. Época de corte	38
4.4.5. Frecuencia de corte.....	38
4.5. Requerimientos nutricionales de la alfalfa	39
4.6. Características morfológicas de la alfalfa	40
4.6.1. Longitud de raíz.....	40
4.6.2. Altura de la planta	40
4.6.3. Tasa de crecimiento	40
4.6.4. Número de tallos/planta.....	40

4.6.5. Número de hojas/planta.....	40
4.6.6. Diámetro de tallo	41
4.7. Características agronómicas de la alfalfa	41
4.7.1. Materia verde.....	41
4.7.2. Materia seca.....	41
4.7.3. Materia seca de hojas y tallos	41
4.7.4. Área foliar.....	42
4.7.5. Relación hoja/tallo.....	42
4.8. Variedades de la alfalfa	42
4.8.1 Variedad Alfamaster 10.....	43
4.8.2. Variedad Supersonic.....	43
4.8.3. Variedad Moapa 69	44
V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	46
5.1. Lugar de la ejecución de la investigación	46
5.2. Diseño de la investigación	48
5.3. Instalación y equipos.....	51
5.3.1. Labores culturales.....	51
5.4. Evaluaciones de variables morfológicas según épocas	53
5.4.1. Longitud de la raíz (m).....	53
5.4.2. Altura de planta (cm).....	53
5.4.3. Tasa de crecimiento (cm/día)	54
5.4.4. Número de tallos/planta (n)	54
5.4.5. Número de hojas/planta (n)	54

5.4.6. Diámetro de tallo (mm)	54
5.4.7. Ratio: hoja/tallo (n/n)	55
5.5. Evaluaciones de variables agronómicas según épocas.....	55
5.5.1. Materia verde (kg/m ²).....	55
5.5.2. Materia seca (kg/m ²).....	55
5.5.3. Porcentaje de materia seca (%).....	56
5.5.4. Materia seca de tallos (kg/m ²)	56
5.5.5. Materia seca de hojas (kg/m ²)	56
5.5.6. Rendimiento (kg MS/ha)	56
5.5.7. Área foliar (m ²).....	56
5.5.8. Relación hoja/tallo (kg/kg)	57
5.6. Análisis estadístico.....	57
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	59
6.1. Características morfológicas de la alfalfa	59
6.1.1. Longitud radicular (m)	59
6.1.2. Altura de planta (cm).....	61
6.1.3. Tasa de crecimiento (cm/día)	63
6.1.4. Número de tallos/planta (n)	65
6.1.5. Número de hojas/planta (n)	66
6.1.6. Ratio hoja:tallo (n/n).....	68
6.1.7. Diámetro de tallo (mm)	69
6.2. Características agronómicas de la alfalfa	70
6.2.1. Materia verde (kg/m ²).....	70

6.2.2. Materia seca (kg/m ²).....	72
6.2.3. Porcentaje de materia seca (%).....	74
6.2.4. Materia seca de hojas (kg/m ²)	76
6.2.5. Materia seca de tallos (kg/m ²)	77
6.2.6. Rendimiento (kg MS/ha)	79
6.2.7. Área foliar (m ²).....	81
6.2.8. Relación hoja/tallo (kg/kg)	82
VII. CONCLUSIONES.....	85
VIII. RECOMENDACIONES	86
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
X. ANEXOS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz de la alfalfa con dos años de instalación	30
Figura 2. Tallos de la alfalfa, con sus respectivos nudos	31
Figura 3. Diferentes partes constructivas de la corona	32
Figura 4. Distintas formas de foliolos en hojas trifoliadas de la alfalfa	33
Figura 5. Dos tipos de estípulas y diferente distribución del borde dentado de lámina en las hojas	33
Figura 6. Evolución de la inflorescencia de la alfalfa.....	34
Figura 7. Evolución del fruto de la alfalfa	35
Figura 8. Partes de la semilla de la alfalfa	36
Figura 9. Localización del campo experimental	46
Figura 10. Climograma de Andahuaylas – 2024	48
Figura 11. Esquema del diseño experimental de la investigación	49
Figura 12. Distribución espacial de las parcelas experimentales.....	50
Figura 13. Longitud radicular (m) de la alfalfa por época.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la alfalfa	28
Tabla 2. Requerimientos nutricionales de macronutrientes y de micronutrientes para la producción de materia seca de alfalfa	39
Tabla 3. Especificaciones de la variedad Alfamaster 10	43
Tabla 4. Especificaciones de la variedad Supersonic	44
Tabla 5. Especificaciones de la variedad Moapa 69	45
Tabla 6. Datos climatológicos durante la fase experimental del año 2024 - Andahuaylas...	47
Tabla 7. Longitud radicular (m) de la alfalfa por época y variedad.....	59
Tabla 8. Altura de planta (cm) de la alfalfa por época y variedad	63
Tabla 9. Tasa de crecimiento (cm/día) de la alfalfa por época y variedad	64
Tabla 10. Número de tallos/planta (n) de la alfalfa por época y variedad	66
Tabla 11. Número de hojas/planta (n) de la alfalfa por época y variedad	67
Tabla 12. Ratio hoja:tallo (n/n) de la alfalfa por época y variedad.....	69
Tabla 13. Diámetro de tallo (mm) de la alfalfa por época y variedad	70
Tabla 14. Materia verde (kg/m ²) de la alfalfa por época y variedad.....	72
Tabla 15. Materia seca (kg/m ²) de la alfalfa por época y variedad.....	73
Tabla 16. Porcentaje de materia seca (%) de la alfalfa por época y variedad.....	75
Tabla 17. Materia seca de hojas (kg/m ²) de la alfalfa por época y variedad	77
Tabla 18. Materia seca de tallos (kg/m ²) de la alfalfa por época y variedad	78
Tabla 19. Rendimiento (kg MS/ha) de la alfalfa por época y variedad	80
Tabla 20. Área foliar (m ²) de la alfalfa por época y variedad.....	82
Tabla 21. Relación de hoja/tallo (kg/kg) de la alfalfa por época y variedad	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Estadísticos descriptivos y resultados de comparación de medias.....	98
A1. Características morfológicas de la alfalfa	98
A2. Características agronómicas de la alfalfa.....	101
Anexo B. Gráfico de barras en R 4.4.0. de variables morfológicas por época y variedad ..	105
Anexo C. Gráficos de barras en R 4.4.0. de variables agronómicas por época y variedad .	106
Anexo D. Panel fotográfico	108
D1. Instalación y codificación	108
D2. Fotografías de evaluación de características morfológicas de la alfalfa	109
D3. Fotografías de evaluación de características agronómicas de la alfalfa.....	112
D4. Control y manejo de la alfalfa.....	115
D5. Analisis del suelo	116

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue “evaluar las características morfológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa en dos épocas del año en Andahuaylas – Apurímac”. Se desarrolló en el Centro de Investigación Fundo Choccepuquio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, utilizando un DBCA, tres tratamientos (T1=Moapa 69, T2=Alfamaster 10, T3=Supersonic), 9 unidades experimentales, 3 repeticiones en un área total de 3,500 m², con cortes a 28 y 56 días en época lluviosa y seca. Las variables morfológicas incluyeron longitud radicular, altura de planta, tasa de crecimiento, número de hojas/planta, diámetro de tallo; las agronómicas; materia verde y seca, porcentaje, materia seca de hojas y tallos, rendimiento y el área foliar. Los resultados mostraron que la raíz alcanzó 2.24m al final de la época seca, con mayor profundidad de Supersonic (2.22m). La variedad Alfamaster 10 presentó mejor altura de planta (46.17cm). La tasa de crecimiento y diámetro de tallo fue más alta en época lluviosa (1.29cm/día, 2.84mm), en cambio el número de hojas en época seca (1,158.86). En características agronómicas, la época seca tuvo mejores valores en materia seca (0.33kg/m², 36.29%), materia seca de hojas y tallos (0.18 y 0.16 kg/m²), rendimiento (3320.11 kgMS/ha) y área foliar (3.97m²). La variedad Supersonic destacó en estos indicadores, además de presentar mayor materia verde (1,05kg/m²), aunque la relación hoja/tallo de Alfamaster 10 fue predominante (1.23). En conclusión, las características morfológicas fueron similares en ambas épocas, pero las agronómicas destacaron mayor producción en la seca. T3=Supersonic y T2=Alfamaster 10 superaron claramente a T1=Moapa 69.

Palabras clave: Época, Características agronómicas, Características morfológicas, Variedad.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the morphological and agronomic characteristics of three alfalfa varieties during two seasons in Andahuaylas, Apurímac. The study was conducted at the Centro de Investigación Fundo Choccepuquio of the Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria using a randomized complete block design (RCBD), three treatments (T1 = Moapa 69, T2 = Alfamaster 10, T3 = Supersonic), nine experimental units, and three replicates in a total area of 3,500 m², with harvests at 28 and 56 days during the rainy and dry seasons. Morphological variables included root length, plant height, growth rate, number of leaves per plant, and stem diameter; agronomic variables included green and dry matter, percentage, dry matter of leaves and stems, yield, and leaf area. The results showed that the root reached 2.24 m at the end of the dry season, with Supersonic exhibiting the greatest depth (2.22 m). The Alfamaster 10 variety exhibited the greatest plant height (46.17 cm). Growth rate and stem diameter were higher during the rainy season (1.29 cm/day, 2.84 mm), while the number of leaves was higher during the dry season (1,158.86). In terms of agronomic characteristics, the dry season showed better values for dry matter (0.33 kg/m², 36.29%), leaf and stem dry matter (0.18 and 0.16 kg/m², respectively), yield (3,320.11 kg DM/ha), and leaf area (3.97 m²). The Supersonic variety stood out in these indicators, also exhibiting greater green matter (1.05 kg/m²), although the leaf-to-stem ratio of Alfamaster 10 was predominant (1.23). In conclusion, morphological characteristics were similar in both seasons, but agronomic characteristics showed higher production during the dry season. T3=Supersonic and T2=Alfamaster 10 clearly outperformed T1=Moapa 69.

Keywords: Season, Agronomic characteristics, Morphological characteristics, Variety.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta forrajera de la familia de las leguminosas (Fabaceae), que se cultiva en regiones subtropicales, templadas y secas del mundo (Oñate & Flores, 2019). Es así que, por su amplio uso y distribución, la alfalfa se considera como la “reina de las forrajeras” (Vera, 2022). Asimismo, presenta alto contenido proteico (más del 18 % de proteína), es un cultivo perenne que crece erecto y mantiene el rendimiento durante 4 a 7 años (Noli et al., 2006). Además, tiene una digestibilidad destacada en comparación con las gramíneas tropicales, con un porcentaje que oscila del 65 – 77 %, y tiene la capacidad de resistir hasta 10 cortes por año (Urbano & Dávila, 2003). Es por ello que es palatable para el ganado, vacuno, equino, ovino y animales menores como los cuyes y conejos, sea como forraje verde, heno, ensilado, entre otros (León et al., 2018).

La alfalfa posee gran variabilidad en sus características morfológicos y fisiológicos en especial la precocidad, resistencia a las bajas temperaturas y enfermedades, la recuperación después del corte y floración (Urbano & Dávila, 2003). Es importante destacar las características de estas variedades ampliamente conocidas, como Alfamaster 10 que es reconocida por su rápido rebrote, numerosos foliolos, alta digestibilidad, adaptabilidad a distintos suelos y climas. La variedad Moapa 69 es destacada por su amplia difusión a nivel local, regional y nacional, con tolerancia a suelos con pH entre 6.5 y 7.5, buena adaptabilidad, rápida recuperación post-corte y versatilidad en usos como pastoreo, corte y heno. La variedad Supersonic, por su parte, resulta ideal para pastoreo intensivo y corte, caracterizándose por una óptima relación entre hoja y tallo (Catálogo-AGP, 2019).

Por otra parte, la alfalfa demuestra su resistencia a la sequía gracias a sus raíces largas y profundas que es capaz de captar el agua retenida en las capas más profundas del suelo (Prensa

Agrícola, 2020). Existe dos épocas marcadas en la sierra peruana, en las cuales la época seca abarca desde mayo hasta octubre, cuando la precipitación pluvial es mínima, y el período subsecuente es la época de lluvias, que se extiende desde noviembre hasta abril, lo que resulta en una mejor disponibilidad y calidad de forraje (Contreras et al., 2019). Sin embargo, en la sierra central del Perú existe escasez de forrajes, sobre todo en la época seca, lo cual es crítico por la poca disponibilidad de forraje (Noli et al., 2006). Esto mayormente es debido, a la presión excesivo de frecuencia de cortes, lo que provoca un agotamiento en el crecimiento de la alfalfa. De acuerdo, a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017), informa que a nivel global hay escasez de pastos cultivados, es más, la alfalfa es de bajo costo y de alta calidad para la alimentación en los sistemas agropecuarios. Esto se debe, en parte, a la gestión deficiente del piso forrajero y a la inadecuada selección de variedades de alfalfa al momento de su instalación, puesto que la diversidad de variedades requiere diferentes condiciones edafoclimáticas y presenta rendimientos variados.

Asimismo, existe mínima información sobre las características morfológicas y agronómicas de estas variedades (Moapa 69, Supersonic, Alfamaster 10) y su producción en diferentes épocas (lluvia y seca), sobre todo en la provincia de Andahuaylas, región Apurímac. En este marco, se llevó a cabo la presente investigación con el propósito de generar conocimientos aplicables para el mejoramiento del piso forrajero bajo diversas condiciones climáticas, de suelo y altitud.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa mundialmente reconocida por su alta calidad como forraje destinado a la alimentación del ganado (Ramos et al., 2021). Según el IV Censo Agropecuario Nacional (CENAGRO, 2012), el área total de pastos cultivados en el Perú abarca 778,070 hectáreas, de las cuales la alfalfa constituye el tercer cultivo perenne más importante, con una superficie cultivada de aproximadamente 156,000 hectáreas. En cuanto a la distribución por departamentos, Apurímac ocupa el cuarto lugar, con una extensión cultivada de 57,58 hectáreas.

Si bien la alfalfa no es nativa de Perú, aun así, es una de las leguminosas forrajeras de mayor trascendencia y extensión (Ministerio del Ambiente, 2019). Sin embargo, por parte de Noli et al. (2006) señalan algunos factores en la sierra peruana, como baja disponibilidad de semillas de calidad, la inadecuada selección de variedades, fertilización, el tipo de suelo, la altitud sobre el nivel del mar y las condiciones climáticas que actúan como limitantes para el aumento de la producción de alfalfa. Incluso las variedades se categorizan según su nivel de dormancia o latencia invernal, lo cual influye en la estacionalidad de su producción. Además, es importante destacar que el 95% de los pastos cultivados se establecen y se manejan de manera inapropiada.

Asimismo, la región presenta dos épocas marcadas durante el año: lluviosa y seca. En la época lluviosa, el cultivo de alfalfa presenta un desarrollo vegetativo acelerado debido a la disponibilidad de agua; sin embargo, también aumenta la presencia de enfermedades. Del mismo modo, durante la época seca, la alfalfa manifiesta tolerancia a la escasez de agua gracias a su sistema radicular profundo, en cierto modo, su crecimiento puede verse restringido por factores

como las heladas y la disminución drástica de la humedad edáfica, derivada de los cambios climáticos.

En este contexto, es necesario evaluar las características morfológicas y agronómicas de las tres variedades de la alfalfa, así como su comportamiento y producción en época lluviosa y seca. Esta información permitirá elegir variedades adecuadas para ambientes específicos y mejorar la rentabilidad para los pequeños y medianos agricultores de la zona.

1.1.1. Problema general

¿Cómo son las características morfológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en dos épocas del año en Andahuaylas - Apurímac?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo son las características morfológicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas - región Apurímac?
- ¿Cómo son las características agronómicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac?
- ¿Cuánto es la relación hoja/tallo de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac?

II. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Evaluar las características morfológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos épocas del año en Andahuaylas – Apurímac.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características morfológicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.
- Evaluar las características agronómicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.
- Determinar la relación hoja/tallo de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

2.3. Justificación de la investigación

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) caracterizado por su versatilidad y alto valor nutritivo es la especie forrajera más utilizada en la alimentación animal en todo el mundo (Gómez et al., 2022). El valor económico de la alfalfa radica en su gran capacidad para generar biomasa, con producciones que superan las 80 t ha^{-1} en materia verde y aproximadamente 20 t ha^{-1} en materia seca (Nesic et al., 2005).

La alfalfa se considera un cultivo de conservación, ya que previene la erosión del suelo y tiene la capacidad de captar nitrógeno atmosférico simbóticamente en asociación con bacterias del género *Rhizobium*. Este proceso contribuye a disminuir los costos de fertilización nitrogenada

sintética, al mismo tiempo, mejora la fertilidad del suelo (Guano, 2023). Más aún, subsiste varios meses de sequía y al recibir las lluvias de otoño e invierno, rebrota desde su corona, que es una estructura de reserva de la planta, produciendo gran cantidad de tallos y hojas (Prensa Agrícola, 2020).

La producción de la alfalfa en la región de Apurímac se concentra principalmente en zonas de altitud intermedia, entre los 2,000 y 3,000 metros sobre el nivel del mar, ubicadas en los valles andinos. Actualmente, debido a la mayor demanda de la alfalfa en la región, existe un mayor compromiso e interés en la expansión de su cultivo, así como para mejorar la productividad forrajera local. No obstante, los ganaderos de la zona establecen las variedades de alfalfa de manera inapropiada y desconocen cuál tiene el mejor rendimiento durante todo el año, situación agravada por la escasa bibliografía disponible sobre las distintas variedades. Por esta razón, antes de ponerlas a disposición a los productores locales, es fundamental evaluar las características morfológicas (sistema radicular, altura de planta, número de hojas/planta, entre otros), que permiten establecer su potencial de desarrollo y su capacidad de aprovechamiento por el ganado, así como las características agronómicas (materia verde, materia seca, área foliar y otros) que contribuyen optimizar el rendimiento forrajero.

Este estudio es esencial no solo para identificar las variedades más eficientes en términos de productividad y adaptabilidad, sino también para sustentar el desarrollo de programas de mejoramiento genético, potenciar el manejo agronómico y asegurar una mejor toma de decisiones en la siembra y manejo del cultivo de alfalfa en época lluviosa y seca, en zonas productivas de Andahuaylas. Además, los resultados son muy valiosos porque pueden ser utilizados como antecedentes para futuras investigaciones en este campo.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Ho. Las características morfológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) no son afectados significativamente por la época y variedad en Andahuaylas – Apurímac.

Ha. Las características morfológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) son afectados significativamente por la época y variedad en Andahuaylas – Apurímac.

Ho. La variedad de alfalfa (*Medicago sativa L.*) no influye en la relación de hoja/tallo de tres variedades, en época lluviosa y seca en Andahuaylas – Apurímac.

Ha. La variedad de alfalfa (*Medicago sativa L.*) influye en la relación de hoja/tallo de tres variedades, en época lluviosa y seca en Andahuaylas – Apurímac.

3.2. Hipótesis específicas

- Para las características morfológicas:

Ho. Ho. Las características morfológicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) no son afectados significativamente por la variedad y época en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

Ha. Las características morfológicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) son afectados significativamente por la variedad y época en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

- Para las características agronómicas:

Ho. Las características agronómicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) no son afectados significativamente por la variedad y época en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac

Ha. Las características agronómicas de tres variedades de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) son afectados significativamente por la variedad y época en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

- Para la relación hoja/tallo:

Ho. La variedad de alfalfa no influye en la relación de hoja/tallo de tres variedades (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

Ha. La variedad de alfalfa influye en la relación de hoja/tallo de tres variedades (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) en época lluviosa y seca en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

4.1.1. Antecedentes internaciones

Sánchez et al. (2019) hallaron una investigación en el campo experimental del Colegio de Postgraduados - México, a una altitud de 2,240 m s.n.m., donde el clima es templado subhúmedo, y un régimen de lluvias concentrado entre junio a octubre. Plantearon su objetivo en “analizar parámetros productivos de variedades de la alfalfa comerciales con intervalos de corte definidos estacionalmente”. Estudiaron las variedades (Chipilo, Aragón, Oaxaca, Valenciana, Milenia), sembradas en un área de 20 parcelas de 108 m² y una densidad de siembra de 30 kg/ha de semilla. Sus variables fueron (tasa de crecimiento, intercepción de luz, índice de área foliar, altura de planta). Sus resultados mostraron diferencias significativas para la tasa de crecimiento y estación, siendo Milenia con promedio mayor de 52 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, y Aragón con menor valor con 40 kg MS ha⁻¹d⁻¹, de las estaciones obtuvieron promedios consecuentemente: verano, primavera, otoño, invierno con 70, 57, 45 y 25 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, respectivamente. Respecto a la intercepción de luz, Milenia fue superior (84%) y Aragón con menor intercepción (73%), estacionalmente para verano, primavera, otoño e invierno con valores de 88, 86, 77, y 63%, destacando a Milenia con un 95% en verano. En el índice de área foliar (m²), Milenia y Chipilo presentaron valores más altos (alrededor de 5), mientras que Aragón mostró el menor índice (3.1), estacionalmente obtuvieron con orden descendente; verano (5.7), primavera (5), otoño (4.2) e invierno (2.4). En la altura de planta igualmente Milenia alcanzó mayor promedio (48 cm), en contraste, Aragón obtuvo (44 cm), la máxima altura se registró en verano (61 cm), seguida por primavera (55 cm), otoño (46 cm) e invierno (26 cm). Al final concluyen que, debido a sus destacadas características productivas, se

recomienda la variedad Milenia para su cultivo en el valle de México, además, observaron que en verano y primavera tuvieron un comportamiento estacional más favorables.

Oñate (2019) llevó a cabo un estudio en la Estación Experimental Tunshi, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), localizada en el cantón Riobamba, Chimborazo - Ecuador, a una altitud 2,754 m s.n.m., con una precipitación anual que varió entre 550 a 800 mm. Las variedades estudiadas fueron (Abunda verde, Cuf-101 y Sw 8210), lo cual analizó bajo un diseño de bloques completamente al azar, utilizó 36 unidades experimentales de 20 m², con una frecuencia de corte cada 45 días. Las variables previas a nuestro trabajo de investigación fueron, longitud de raíz, altura de planta, número de tallos/planta, número de plantas/m², relación hoja/tallo, producción de materia verde y materia seca. Su resultado se mostró que la longitud de raíz y la altura de planta obtuvo promedios similares sin diferencias significativas (45.33, 44.08, 45.67 cm) y (53.59, 53.06, 55.42 cm) de Abunda verde, Cuf-101 y Sw 8210, respectivamente. Respecto al número de tallos/planta, Abunda verde y Cuf-101 registraron valores superiores con 24.84 y 24.68 tallos, mientras que Sw 8210 obtuvo 22.16 tallos, para el número de plantas/m² fueron valores similares de 23.08, 20.00 y 20.58, en cuanto la relación hoja/tallo, Abunda verde y Cuf-101 fueron superiores con 1.35 y 1.34, en tanto Sw 8210 de 1.18. Para la producción de forraje verde obtuvo promedios de 21.71, 21.07 y 17.50 t/ha de Abunda verde, Cuf-101 y Sw 8210, asimismo, para la producción de materia seca fueron mejores significativamente Abunda verde y Cuf-101 de 5.20 y 5.30 t/ha y Sw 8210 fue menor de 4.31 t/ha.

Achá & Camacho (2022) realizaron un estudio titulado evaluación del comportamiento y rendimiento de cultivares de alfalfa, con relación a la precipitación en el Fundo Universitario “La Violeta”. Estudiaron en el Centro de Investigación en Forrajes ubicado en el Municipio de Tiquipaya - Cochabamba, a 2,614 m s.n.m. de altitud, con una temperatura de 16°C y una

precipitación anual de 544 mm/año, con el objetivo de evaluar el comportamiento y rendimiento de materia seca de diez variedades de alfalfa (Ranger CIF, Valador, Criolla, Cóndor, Chaná, Bolivia 2000, Gilboa, Nomad USA, UMSS 2001 y Ranger USA). Aplicaron un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, con una frecuencia de corte cada 48 días. Durante 2 años de estudio, el rendimiento promedio por corte superó los 2,000 kg/ha de materia seca. Algunas variedades presentaron valores similares de rendimiento, no obstante, Gilboa y Cóndor, destacaron por su mayor producción de materia seca, alcanzando promedios de 2,974 y 2,867 kg/ha por año y corte, asimismo, para el rendimiento acumulado en dos años obtuvieron valores altos con 44 660 y 43 192 kg/ha de materia seca, respectivamente. Las tasas de crecimiento también variaron según la época del año (lluvia y seca), las variedades Gilboa y Condor registraron los valores mayores con 66 - 66 y 66 - 65 kg/ha/día, mientras que Nomad USA presentó la menor tasa con 26 - 6 kg/ha/día. El promedio general de crecimiento fue mayor con 56 kg/ha/día en época lluviosa y menor en época seca con 46 kg/ha/día. Al final concluyen que el ambiente influye en la producción forrajera de alfalfa y tienen un comportamiento diferente según las épocas.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Noli et al. (2006) realizaron un estudio en la Estación Experimental Agraria Santa Ana Huancayo del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria INIEA, a 3,290 metros de altitud, situada en el distrito de El Tambo – Junín, tuvieron como objetivo “caracterización agronómica del cultivo de alfalfa con dormancia 9 en época seca en la Sierra Central del Perú”, en donde evaluaron en los meses de mayo a agosto con una precipitación pluvial de 18.6 mm. Sus tratamientos fueron tres variedades de alfalfa (T1=California 55, T2=WL Beacon y T3=WL 625 Hq), y variables estudiadas fueron (altura de planta, número de macollos/planta, número de plantas/m², producción de materia verde y seca). Donde obtuvieron los siguientes resultados: para

la altura de planta, California 55 fue la más alta con 56.99 cm, seguida de WL 625 Hq y WL Beacon con 55.04 y 54.12 cm, para el número de macollos/planta y número de plantas/m² tuvieron valores similares con promedios de 14.33, 13.67, 14.67 macollos por planta y 39.67, 38.00, 38.33 plantas/m² de California 55, WL Beacon y WL 625 Hq, respectivamente. Para la producción de forraje verde y materia seca, la variedad WL Beacon destacó con un rendimiento de 1.688 kg/m² (equivalente a 16 t/ha por corte), con materia seca de 0.543 kg/m² y un porcentaje de materia seca del 32.16%. Le siguieron las variedades California 55 y WL 625 Hq, con rendimientos de 1.572 y 1.551 kg/m², ambas con un rendimiento estimado de 15 t/ha por corte y materia seca alrededor de 0.475 y 0.492 kg/m², con porcentajes de materia seca de 30.18 y 31.67% respectivamente. Al final concluyen, que las tres variedades de alfalfa con dormancia 9 demostraron buena adaptación y productividad en la sierra central del Perú durante la época seca.

Por su parte, Aguilar (2017) hizo un estudio experimental titulado “Producción de biomasa forrajera de variedades o ecotipos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el sector humedales del distrito de Salas – Lambayeque”, se instaló a una altitud de 114 m s.n.m, utilizando el diseño experimental de bloques completamente al azar, las variedades evaluadas de alfalfa fueron Monsefú, San Pedro, California 55, Beacon, CUF 101, Alfamaster, Alfaplus, Lecherita, AGP – 350 y Supersonic, con variables previos de producción de materia verde y materia seca, altura de planta, número de tallos/planta y relación hoja/tallo. Su resultado consistió: la variedad Lecherita obtuvo mayor rendimiento con 10.60 t/ha en producción de materia verde y 3.42 t/ha en materia seca, para altura de planta la variedad Monsefú fue mayor con 69.86 cm, para el número de tallos/planta fue mayor CUF 101 con 5.28 tallos en promedio, asimismo la relación hoja/tallo obtuvo un promedio mayor la variedad AGP 350 con 2.21.

Arias et al. (2021) llevaron a cabo un estudio en el centro experimental de Casaracra, distrito de Paccha – Junín, bajo condiciones de la puna húmeda y seca del Perú a una altitud de 3,819 m s.n.m. Aplicaron el diseño completamente al azar, sus tratamientos fueron tres variedades de alfalfa (T1=WL 350, T2=W 440 y T3=Brown 6). Entre los resultados de la producción de materia verde, W 440 y Brown 6 lograron los mejores promedios con 2.37 y 2.37 kg/m² a diferencia de WL 350 con 1.12 kg/m². Para la producción de materia seca fueron mayores Brown 6 y W 440 con 0.45 y 0.44 kg/m², mientras que la menor fue WL 350 con 0.26 kg/m² y para el porcentaje de materia seca, la variedad WL 350 fue superior con 21.85 %, aunque estadísticamente fue similar con Brown 6 de 21.02 % y W 440 mostró un porcentaje menor de 18.63 %. Al final concluyen, que los tratamientos T2 y T3 demostraron un mejor desempeño tanto en la producción de materia verde y seco, por lo que recomiendan para su cultivo en las zonas húmedas y secas de la puna peruana.

Martel (2023) llevó a cabo un estudio experimental en el Centro de producción de Canchan de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, ubicado a 1,986 m s.n.m. Con el objetivo de “determinar la resistencia de los cultivares de alfalfa al estrés hídrico”. Aplicó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 5x2, con 3 bloques y 10 tratamientos, totalizando 30 unidades experimentales en un área de 2,100 m², las variedades estudiadas fueron Cuf 101, Alfamaster, Moapa 69, Hortus 1001 y California, bajo condiciones con y sin riego, los variables evaluadas fueron (altura de planta, diámetro de tallo, longitud de raíz, número de nódulos, rendimiento de materia verde y materia seca). Obtuvo los siguientes resultados: para la altura de planta a los 90 días, la variedad Cuf 101 sometida al estrés hídrico alcanzó el mayor promedio de 86.10 cm. El diámetro de tallo antes del primer corte, fue mayor con 2.87 mm en Moapa 69 bajo riego, la longitud de la raíz a los 113 días, fue superior Cuf 101 con 27.00 cm sin riego, superando

a los demás tratamientos, para el diámetro de la raíz fue mayor Alfamaster con riego alcanzando 3.56 mm, para el número de nódulos, la variedad California bajo estrés hídrico, presentó un promedio significativamente superior de 15.67. Asimismo, el rendimiento de materia verde y materia seca al segundo corte, Alfamaster bajo riego mostró los mejores promedios con 18.07 y 3.70 t/ha.

4.2. Generalidades de la alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa ampliamente cultivada en climas templados húmedos, áridos y semiáridos del mundo (Toledano et al., 2013). Tiene altos rendimientos y de numerosos cortes (Sulca, 2015), dependiendo de su manejo estacional e intensidad de frecuencia de cortes (Rivas et al., 2005).

Es una excelente planta forrajera que proporciona elevados niveles de proteínas, minerales y vitaminas de calidad, como el calcio, fósforo, potasio, magnesio, azufre y entre otros (Noli et al., 2006). Asimismo, destaca por su gran capacidad para producir materia seca, alta digestibilidad y gran potencial de consumo por parte de los animales, los cuales muchos de estos son requeridos por el ganado productor de leche y carne (Capacho et al., 2018).

4.2.1. Origen y distribución

La alfalfa tiene su origen en Asia menor y sur del Cáucaso, abarcando países como Turquía, Siria, Irán, Irak, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira (Ponce, 2011). Es una de las especies forrajeras más antiguas y valiosas, ampliamente cultivada en todo el mundo; además, fue una de las primeras plantas forrajeras domesticadas (Rebuffo et al., 2000; Avci et al., 2013).

El nombre Alfalfa es de origen árabe, donde etimológicamente significa “el mejor pasto o forraje” (Soriano, 2003). Se introdujo en Grecia por los persas, y desde allí se extendió a Italia en el siglo IV a.C. (Oñate, 2019). Los romanos valoraban la alfalfa como alimento para los caballos

de sus ejércitos, y la trasportaban desde Grecia a Italia, luego al sur de Francia, y más tarde a España durante la invasión Árabe, posteriormente se extendió a Centroamérica (México) y al sur de (Perú y Chile), con la llegada de los españoles (Sulca, 2015).

La adaptación de la alfalfa en el Perú ha sido notable, con variedades cultivadas tanto en las regiones costeras como en las regiones de los Andes. La alfalfa ha demostrado su capacidad para prosperar en una serie de condiciones climáticas y altitudes, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 3,700 m s.n.m. (Argote et al., 2004). Santana (2009) menciona que gracias a los diferentes climas y ambientes en las que se cultiva, se han creado innumerables variedades y eco tipos, al mismo tiempo que diversas medidas de selección genética e hibridación han permitido ampliar la superficie del cultivo.

4.2.2. Taxonomía

Las leguminosas o fabáceas son una familia cosmopolita con alrededor de 730 géneros y 19,000 especies (León et al., 2018, p. 56). El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019, p. 3) menciona que en el Perú se tiene registrado 12 colecciones con *Medicago sativa* L., que se realizó entre 1964 y 2003.

Por otra parte, la taxonomía de ITIS (Interagency Taxonomic Information System, 2019) señala que en el género *Medicago* hay 38 especies, cinco subespecies y una variedad como subtaxa permitido, que clasifica a la alfalfa de la siguiente manera: (ver Tabla 1).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la alfalfa

Clasificación científica	Clasificación botánica
Reino:	Plantae
Sub reino:	Viridiplantae (plantas verdes)
Infrareino:	Streptophyta (plantas de tierra)

Superdivisión:	Embryophyta (plantas terrestres)
División:	Tracheophyta (Plantas vasculares)
Subdivisión:	Spermatophyta (plantas con semillas, fanerógamas)
Clase:	Magnoliopsida (plantas con flores)
Superorden:	Rosanae (florales dispuestos en ciclos)
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae (leguminosas)
Género:	Medicago (plantas perennes con flor)
Especie:	<i>Medicago sativa</i> L. (alfalfa común, 1753) <i>Medicago sativa</i> ssp. <i>caerulea</i> (Less. ex Ledeb.) Schmalh. <i>Medicago sativa</i> ssp. <i>falcata</i> (L.) (alfalfa amarilla) Arcang <i>Medicago sativa</i> ssp. <i>glomerata</i> (Balb.) Rouy <i>Medicago sativa</i> ssp. <i>sativa</i> L. <i>Medicago sativa</i> ssp. <i>varia</i> (Martyn) O. Bolòs & Vigo
Subespecies:	

Fuente: Adaptado de Sistema integrado de información taxonómica (ITIS, 2019).

4.3. Morfología de la alfalfa

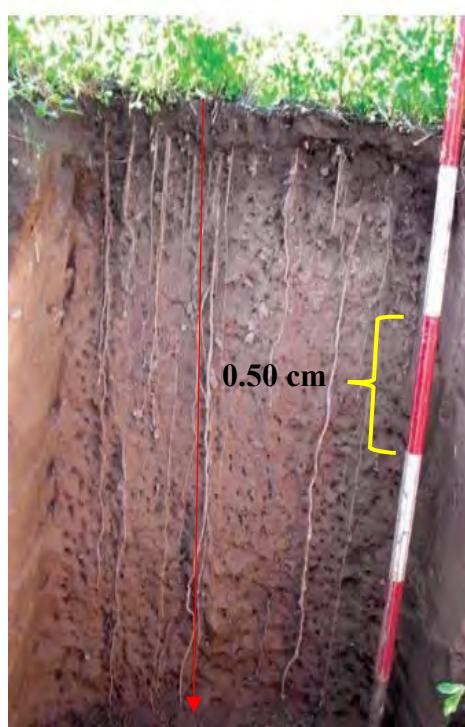
4.3.1. Sistema radicular

Rodríguez & Spada (2007, p. 41) informan que el sistema radicular de la alfalfa es robusto, y su raíz principal es pivotante, profundo con numerosas raíces secundarias (ver Figura 1), cuya función principal es absorber el agua y nutrientes, lo cual, son tolerantes a la sequía. Penetra más que ninguna otra herbácea cultivada, posee un diámetro de la raíz principal de 2 a 3 cm (Soriano, 2003).

Si el perfil del suelo está libre de obstáculos, las raíces pueden alcanzar 2 metros al segundo año, 4 metros al tercer año y posteriormente 9 metros de profundidad, también disponen de pequeños tumores o nódulos en las raíces en los que se alojan las bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico (León et al., 2018, p. 53).

Figura 1

Raíz de la alfalfa con dos años de instalación



Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007, p. 41).

4.3.2. *Tallo y corona*

Tiene tallos herbáceos, erectos y ascendentes. El tallo primario, es de sección transversal cuadrada con estomas y pelos; el crecimiento secundario lo que proporciona un eje leñoso perenne, es también parte de la copa o corona. Su parte herbácea posee nudos en donde se forman y crecen las hojas trifoliadas (ver Figura 2). La cantidad de tallos depende de la edad y el vigor de la planta (Rodríguez & Spada, 2007, p. 43).

En el caso de climas fríos presentan coronas por debajo de la superficie del suelo por tanto puede estar conformada de 5 a 25 tallos (Soriano, 2003).

Figura 2

Tallos de la alfalfa, con sus respectivos nudos

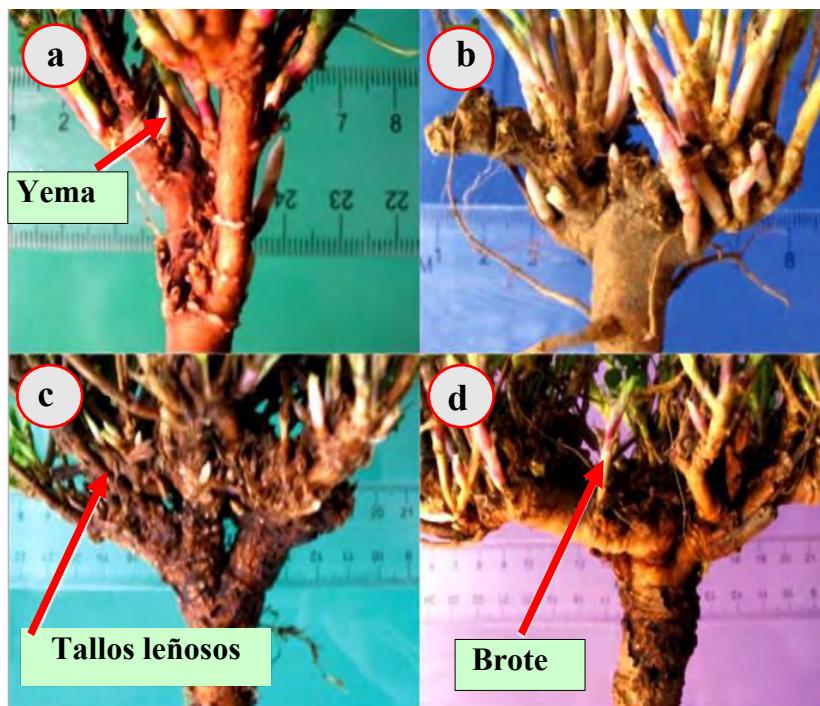


Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007, p. 43).

La corona de alfalfa es una estructura ubicada en la parte superior de la raíz, junto y debajo de la superficie del suelo, donde se encuentran las yemas que formarán los brotes basales, estos brotes emiten tallos principales y secundarios. En las plantas maduras, los nuevos brotes surgen en la base de la corona generando tallos vigorosos (ver Figura 3). Sin embargo, al igual el crecimiento puede continuar desde las yemas de tallos existentes, especialmente cuando se deja o se corta un rastrojo alto. Estos rebrotes secundarios suelen ser menos vigorosos y tienden a desprenderse los tallos viejos con mayor facilidad. Es importante destacar la función de la corona como estructura que almacena reservas de energía en forma de carbohidratos (Rebuffo et al., 2000).

Figura 3

Diferentes partes constructivas de la corona



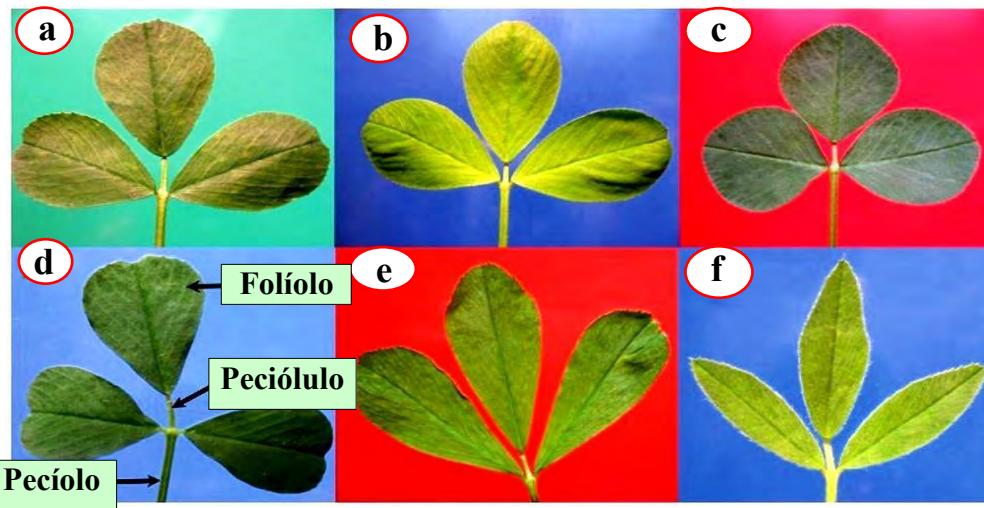
Nota. *Coronas ya formadas en plantas de 1 (a), 2 (b), 3 (c) y 4 (d) años de vida. Fuente: Tomado de Rodríguez & Spada (2007, p. 45).

4.3.3. Sistema foliar

La primera hoja de la plántula de la alfalfa es unifoliada y de forma orbicular (Rodríguez & Spada, 2007, p. 46). Luego, son hojas trifoliadas de filotaxia alterna, con foliolos lineares, especialmente oblongos y ovalado-oblongos (ver Figura 4), con ápices dentadas y escamas estipulas en forma de lezna adheridas al pecíolo (ver Figura 5), el pecíolo funciona como un pequeño tallo que conecta el raquis con el resto de la planta. Estos foliolos, que son semejantes a pequeñas hojas, se agrupan para formar la hoja en su totalidad. La cara superior o haz de los foliolos tienden a tener un color verde más intenso en comparación con la cara inferior o envés, que suele ser más pubescente y mostrar nerviaciones bien definidas (Murua, 1997).

Figura 4

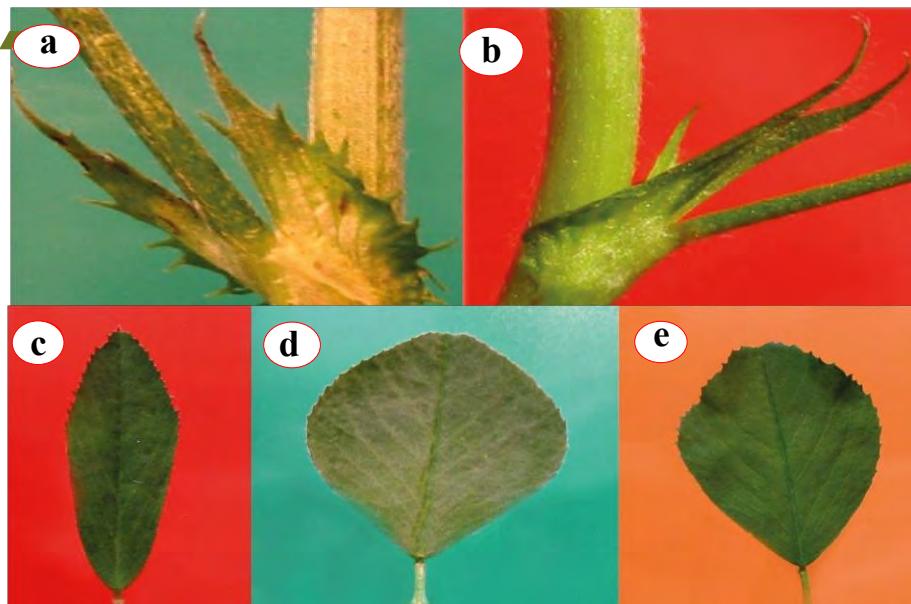
Distintas formas de foliolos en hojas trifoliadas de la alfalfa



Nota. *Obovados (a), oblongos (b), redondeados (c), acorazonados (d), espatulados (e) y lineales (f). Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007, p. 46).

Figura 5

Dos tipos de estípulas y diferente distribución del borde dentado de lámina en las hojas



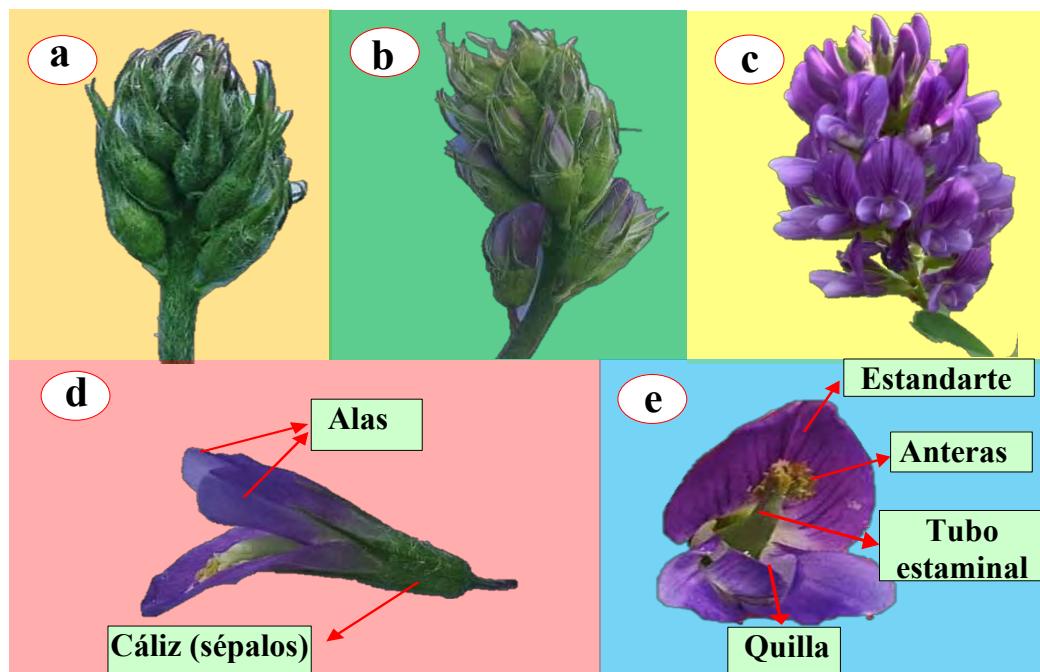
Nota. *(a) laciñada, en una planta de 3 años; y (b) lisa, en una planta de 1 año. Solo en el tercio superior (c), en la mitad superior (d), y hasta el tercio inferior (e). Fuente: Tomado de Rodríguez & Spada (2007, p. 47).

4.3.4. Flor

Las flores son unidas en racimos simples axilares de varios tamaños. Cada primordio origina una inflorescencia. Presentan color violeta con diferentes tonalidades desde el azul pálido al morado oscuro. Otras especies tienen flores amarillas y los híbridos son variadas, generalmente de color violeta cuando están en capullo, al abrirse verdes y amarillas o blanquecinas al madurar (Murua, 1997). Las flores se desarrollan cuando el ápice del tallo pasa de crecimiento vegetativo al reproductivo. Inicia con la aparición de una protuberancia en la axila del primordio foliar, adyacente al ápice del tallo. La flor es completa y está formada por el cáliz que consta de 05 sépalos soldados en forma de tubo, la corola está formada de 05 pétalos (en forma de mariposa papilionada), con 10 estambres y el gineceo (ver Figura 6) (Rodríguez & Spada, 2007, p. 48).

Figura 6

Evolución de la inflorescencia de la alfalfa



Nota. *Racimo con botones florales (a), flores cerradas, sin separación de las alas (b), algunas flores abiertas en exposición del tubo estaminal (c) y estructura de la flor con vista lateral (d) y superior (e).

4.3.5. Fruto y semilla

El fruto de la alfalfa es del tipo legumbre o vaina, monocarpelar, seco e indehiscente, normalmente alargado y comprimido (Rodríguez & Spada, 2007, p. 51).

Según Pozo (1977) señala que el fruto es curvado, cuando está maduro presenta una tonalidad café con 3.5 espirales, ligeramente cubierta de pequeños vellos (ver Figura 7). Cada vaina contiene varias semillas con formas de riñón. La apertura de la vaina se lleva a cabo a lo largo de las suturas dorsal y/o ventral. Este proceso puede acontecer de manera pasiva o activa; en el último caso, al dividirse la vaina en sus dos valvas, se genera un movimiento que provoca su separación, liberando así las semillas.

Figura 7

Evolución del fruto de la alfalfa

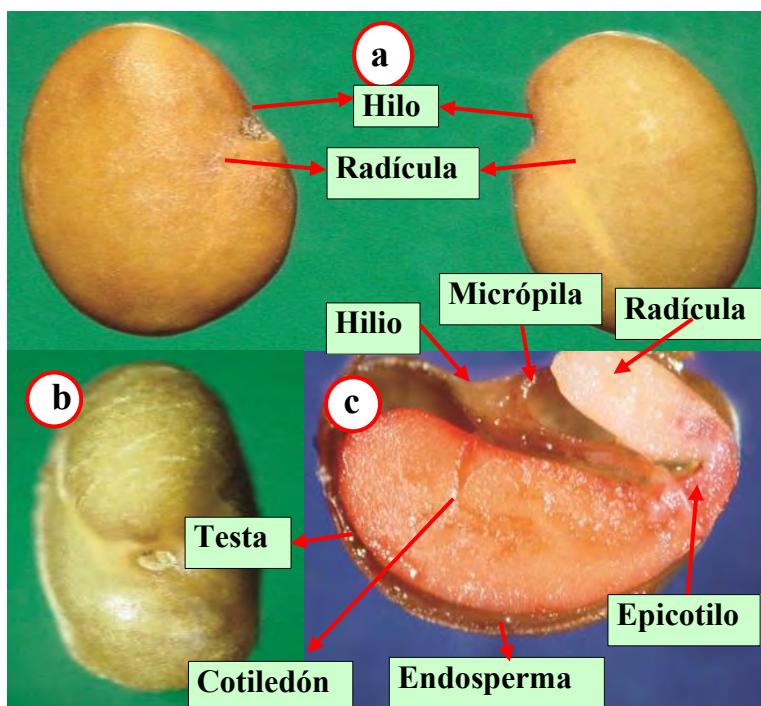


Nota. *Diferentes etapas en el desarrollo del fruto, después de la polinización de la flor (arriba, izquierda) hasta la vaina completamente madura con varias espiras (abajo, derecha). Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007, p. 52).

La legumbre o vaina da origen a las semillas, poseen una forma de riñón y angulares de color amarillento, que varía desde verde oliva a distintas tonalidades de café. En estado maduro tienen aproximadamente 1-2 mm de longitud por 1-2 mm de ancho y 1 mm de espesor. Las semillas están formadas por el funículo, el tegumento (testa), el embrión y el albumen (ver Figura 8) (Rodríguez & Spada, 2007, p. 37).

Figura 8

Partes de la semilla de la alfalfa



Nota. *Sección externa: vistas laterales (a) y frontal (b). Sección interna: vista en corte transversal (c). Fuente: Tomado de Pozo (1977).

4.4. Requerimientos edafoclimáticos de la alfalfa

El cultivo de la alfalfa se adapta desde el nivel del mar hasta los 3,000 m s.n.m. y la mejor elevación se encuentra en un rango de 1,500 y 2,500 m s.n.m., se considera que 900 mm de

precipitación anual muy circulada es adecuado. Asimismo, es sensible a la abundancia de humedad (Martel, 2023).

4.4.1. Clima

La alfalfa se siembra en climas templados húmedos, subtropicales, áridos y semiáridos del mundo (Sánchez et al., 2017). Por parte, de Soriano (2003) la alfalfa muestra su desarrollo en una amplia variedad de climas, que incluyen desde áreas con inviernos extremadamente fríos hasta aquellas con veranos muy cálidos. Sin embargo, se adapta mejor a entornos secos con baja humedad relativa, especialmente en condiciones de riego. Muestra resistencia ante condiciones de sequía; prospera en regiones caracterizadas por un clima cálido y húmedo, aunque la calidad del forraje se ve afectada por la presencia de enfermedades y plagas.

4.4.2. Suelo

Cornacchione (2003) menciona que el cultivo de la alfalfa necesita suelos de textura franca (franco-limosas o franco-arcillosas son preferibles) con un buen drenaje y profundidad, suficientemente para el desarrollo radicular. No prospera si hay impedimentos como tosca, horizontes densos, cuando no hay aeración, demasiada humedad, saturación por la capa freática y el pH alto, por ende, estos factores afectan la producción y la subsistencia del cultivo.

Tiene la capacidad de adaptarse a diferentes clases de suelo, no obstante, para que tenga un buen desarrollo de la planta es necesario suelos profundos, con subsuelo permeable. El pH ideal es neutro o ligeramente alcalino de 6,2-7,8, mientras que valores inferiores a 5,8 causan problemas nutricionales y de nodulación (León et al., 2018, p. 166).

4.4.3. Temperatura

La temperatura óptima para la germinación de las semillas de la alfalfa es entre 18°C y 25°C. La temperatura promedio anual para la producción de la alfalfa es de aproximadamente

15°C, con un rango de temperatura óptimo de 18-28°C para las diferentes variedades, y con un mínimo de días más frescos y nublados (Argote et al., 2004).

4.4.4. Época de corte

La época de corte de la alfalfa varía según las condiciones climáticas y el crecimiento de la planta. El momento óptimo es cuando alcanza aproximadamente el 80% de botones florales y un 10% de floración. Es importante considerar que la capacidad de rebrote está relacionada con el nivel de reservas, las cuales disminuyen con cortes frecuentes (Suttie, 2003).

Mato & Mato (2022) indican que el momento ideal para el corte de la alfalfa es el inicio de los nuevos brotes con 3 a 5 cm de altura, más aún en zonas de altura y frío donde se manifiesta claramente la floración.

4.4.5. Frecuencia de corte

La reserva nutritiva en la corona y raíz de la alfalfa es crucial, ya que determina la vitalidad y capacidad de recuperación del cultivo después de cada corte. Por lo tanto, el intervalo entre cortes debe ajustarse para permitir una recuperación adecuada. La frecuencia de corte es variable y depende del manejo de la cosecha, siendo un factor clave, junto con la fecha del último corte, para determinar el rendimiento y la persistencia foliar del cultivo (Timana, 2015).

Ball et al. (2001) señalan que los cortes muy frecuentes reducen la vida útil y agotamiento de la alfalfa. Por otra parte, Chen et al. (2012) encontraron con intervalos de corte de 40 días excelentes resultados en rendimiento y calidad, comparado con cortes de 30 o 60 días. Asimismo, recomiendan la importancia de encontrar prácticas óptimas de manejo para incrementar el rendimiento y obtener el equilibrio entre mayor calidad y productividad. Sin embargo, Flores (2015) menciona que esto puede variar según las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo y las prácticas de manejo.

4.5. Requerimientos nutricionales de la alfalfa

Las elevadas demandas de nitrógeno (N) de la alfalfa son cubiertas principalmente mediante la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, en cierto modo, necesita una aplicación adicional de nitrógeno en el primer año de establecimiento (inicio de crecimiento) y cuando la nodulación es baja debido a las bajas temperaturas (Díaz et al., 2022). El fósforo (P) participa en diversos procesos fisiológicos y de desarrollo, como la formación de biomasa aérea, estimula raíces y nodulación, la fotosíntesis, incorporación de carbohidratos y proteínas, así como en la transferencia de energía a través del ATP, entre otros. Asimismo, el P favorece en la etapa de floración y el desarrollo de las yemas (Bono & Alvarez, 2012). Al igual, Sainz et al. (2019) señalan que el potasio (K) desempeña un papel determinante, no solo en diversos procesos metabólicos, sino también en la regulación del pH, equilibrio hídrico de la planta y la activación de enzimas que favorecen el crecimiento y la productividad. La demanda del K es alta desde fase fenológica de pre botón hasta la floración (ver Tabla 2).

Tabla 2

Requerimientos nutricionales de macronutrientes y de micronutrientes para la producción de materia seca de alfalfa

MACRO	Kg t ⁻¹	MICRO	g t ⁻¹
Nitrógeno	28,0 ⁻¹	Zinc	1,5
Fosforo	2,8	Boro	2,7
Potasio	22,0	Cobre	0,7
Azufre	3,8	Manganoso	2,7
Calcio	12,0	Molibdeno	0,5
Magnesio	3,0		

Fuente: Adaptado de García et al. (1999).

4.6. Características morfológicas de la alfalfa

m4.6.1. Longitud de raíz

Es un parámetro que se fundamenta en la medición desde el cuello de la planta hasta la región terminal de la raíz, también conocida como cofia (Oñate & Flores, 2019). Esta medición se realiza utilizando un flexómetro en centímetros lineales y con la ayuda de un jalón topográfico.

4.6.2. Altura de la planta

La medida de la altura de la planta se determina como la distancia media comprendida desde la base del tallo hasta la punta de la hoja, abarcando así la altura de la canopía (Oñate & Flores, 2019). La medición se determina con una regla graduada de 1 metro de longitud y 5 mm de precisión (Luna et al., 2018).

4.6.3. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento diaria de las pasturas de alfalfa se estima dividiendo la altura de planta entre el número de días de crecimiento (Mamani, 2016).

4.6.4. Número de tallos/planta

Se lleva a cabo un meticuloso conteo con el fin de determinar la cantidad de tallos de cada una de las plantas seleccionadas en la muestra (Soplin, 2021). Antes o al momento del corte de la alfalfa (Luna et al., 2018).

4.6.5. Número de hojas/planta

Al momento del corte, se contabiliza el número de hojas/tallo (Alarcón & Berrú, 2019). Dado que las hojas son trifoliadas, durante el conteo se toma cada grupo de tres foliolos como una única hoja, por lo tanto, se cuenta minuciosamente. Finalmente, el resultado se expresa con el número de tallos por planta, permitiendo así determinar la cantidad de hojas por planta.

4.6.6. Diámetro de tallo

Es un parámetro que se fundamenta en medir el diámetro o grosor del tallo que es expresada en “mm”, midiendo en la cuarta parte de un tallo en una planta con relación al suelo, que para ello se utiliza como herramienta el “vernier” o “pie de rey” (Alarcón & Berrú, 2019).

4.7. Características agronómicas de la alfalfa

4.7.1. Materia verde

La materia verde de un forraje se define como a la cantidad total de materia (tallos, hojas, granos y agua) producida en un área determinada (Arias, 2015).

Hoyos et al. (1996) señalan que los datos se registran una vez que la planta ha alcanzado un grado específico de madurez, para ello, se recolecta el forraje que se encuentra dentro del cuadrante de 1m².

4.7.2. Materia seca

La materia seca se refiere a la combinación de todas las partes del forraje excluyendo el agua, y representa la cantidad de material que permanece después de que el forraje ha sido deshidratado mediante un proceso de secado para eliminar el agua (Arias, 2015). Para esto, se pesa la muestra de materia verde de un 1m², y luego se convierte este valor a su equivalencia en producción de MS por hectárea (Hoyos et al, 1996).

4.7.3. Materia seca de hojas y tallos

Se determina al separar las hojas y tallos, los cuales se colocan en bolsas de papel codificadas según el tratamiento y repetición. Posteriormente, las muestras se secan en la estufa a 105°C por 24 horas, con el fin de excluir el porcentaje de agua (Dammer, 2006). Luego se pesan utilizando una balanza de alta precisión para obtener el peso exacto, y los resultados se expresan en base a materia seca de un área delimitada.

4.7.4. Área foliar

El área foliar hace referencia a la cantidad total de superficie de las hojas de una planta, lo cual es fundamental para procesos como la fotosíntesis. Para el análisis del área foliar, se pesan las hojas frescas, luego secan en una estufa y posteriormente se pesan nuevamente en una balanza electrónica (Barrientos et al., 2015), considerando que esta metodología se tomó de otros cultivos. Inicialmente, después del peso fresco de las hojas se mide a través de métodos destructivos que consiste en fotografías digitales y evaluadas en software ImageJ (Guano, 2023).

4.7.5. Relación hoja/tallo

Es el cociente entre el peso seco de las hojas y tallos. En consecuencia, se lleva a cabo la separación de la parte aérea de la alfalfa en sus componentes morfológicos, es decir, hojas (folíolos, pecíolos, estípulas, etc.) y tallos. Estos componentes se deshidratan y se registran sus pesos respectivos (Montes et al., 2015). El peso relativo de las hojas y tallos es un importante determinante visual de la calidad de la alfalfa (Robinson et al., 2007).

4.8. Variedades de la alfalfa

Las variedades son el resultado de la selección realizada por el ser humano, y sus diferencias se refieren a rasgos de relevancia económica. Estos rasgos se eligen basándose en su resistencia a plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, lo que indica que el material genético es de alta calidad y que su producción y calidad no se verán afectadas por agentes patógenos (Soriano, 2003). En el mercado existe un gran número de variedades, aunque no todas cuentan con un respaldo técnico adecuado y las evaluaciones correspondientes (Oñate, 2019).

De acuerdo al Instituto Nacional de Semillas (2019), las variedades se categorizan por el grado de reposo invernal (GRI), el de mayor reposo o dormancia es aquella que con los primeros fríos del otoño deja de crecer activamente y esto es correspondiente (1-5 GRI), así mismo el del

reposo intermedio (6-7 GRI), sin reposo (8-9 GRI), extremadamente sin reposo (10-11 GRI), respectivamente.

4.8.1 Variedad Alfamaster 10

Según el Catálogo AGP (2019, p. 5), la variedad Alfamaster 10 es la alfalfa de última generación, considerada la mejor alfalfa y más preferibles del mercado peruano por su gran velocidad de rebrote y cantidad de número de foliolos desde la base del tallo (ver Tabla 3).

Tabla 3

Especificaciones de la variedad Alfamaster 10

Características	Especificaciones
Dormancia	Grado 10
Producción	25 a 30t MS/ha/año
Nº cortes	9 – 11 por año
Tamaño	80 cm
Adaptación	Valles costeros e interandinos hasta 3,300 m s.n.m.
Tolerancia a sequia	Alta
Enfermedades	Resistencia a <i>Phytophthora</i> , <i>Colletotrichum</i> y alta resistencia a <i>Fusarium</i> .
Plagas	Resistencia a áfidos
Longevidad	3 - 5 años
Proteína	24%
Energía	6.2 MJ/Kg MS
Digestibilidad	75%

Fuente: Adaptado del Catálogo AGP (2019, p. 5).

4.8.2. Variedad Supersonic

Se describe como una variedad de premium australiana de alta calidad, especialmente adecuada para pastoreos intensivos y programas de corte. Se distingue por el tamaño grande de

sus hojas, lo que facilita la acumulación de una mayor cantidad de proteínas y energía (Catalogo AGP, 2019). Evita la entrada de malezas y tolera el pisoteo producido por el pastoreo excesivo, gracias al gran cubrimiento del área que posee (ver Tabla 4).

Tabla 4

Especificaciones de la variedad Supersonic

Características	Especificaciones
Dormancia	Grado 8
Producción	22 a 28 t MS/ha/año
Nº cortes	8 a 9 por año
Tamaño	70 cm
Longevidad	4 - 6 años
Adaptación	Valles interandinos e irrigaciones
Tolerancia a sequias	Regular
Enfermedades	Moderada resistencia a fusarium, alta resistencia a bacterias Wilt.
Plagas	Alta resistencia a todo tipo de áfidos
Proteína	22%
Energía	6.5 MJ/Kg MS
Digestibilidad	70%

Fuente: Adaptado del Catálogo AGP (2019, p. 5).

4.8.3. Variedad Moapa 69

Una variedad estadounidense derivada de la africana, principalmente elegida por su resistencia al áfido *Terioaphis maculata*. Se compone de una población pura de *M. Sativa*, con floración precoz. No posee resistencia al frío y susceptible a las enfermedades de raíz, pero presenta un crecimiento inicial erecto y un rápido rebrote después de la cosecha (Soriano, 2003). Es tolerante a suelos con pH de 6.5 a 7.5, se puede usar en el pastoreo, corte, heno, etc., asimismo,

tiene un crecimiento erecto, de rápida recuperación después del corte (ver Tabla 5) (AgroBesser, 2023).

Tabla 5

Especificaciones de la variedad Moapa 69

Características	Especificaciones
Dormancia	Grado 8
Producción	20 a 25 t MS/ha/año
Nº cortes	6 a 8 cortes por año
Tamaño	70 cm
Longevidad	Hasta 7 años
Adaptación	2,000 a 3,500 m s.n.m.
Tolerancia a sequias	Regular
Enfermedades	Moderada resistencia a fusarium
Plagas	Resistencia a los áfidos
Proteína	22%
Energía	6.5 MJ/Kg MS
Digestibilidad	70%

Nota. *Fuente: Obtenido de AgroBesser (2023), <https://agrobesser.com/semillas/alfalfa-moapa-69-25kg-semillas-de-alfalfa-siembra-en-climas-frios-agp-626.html>.

V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

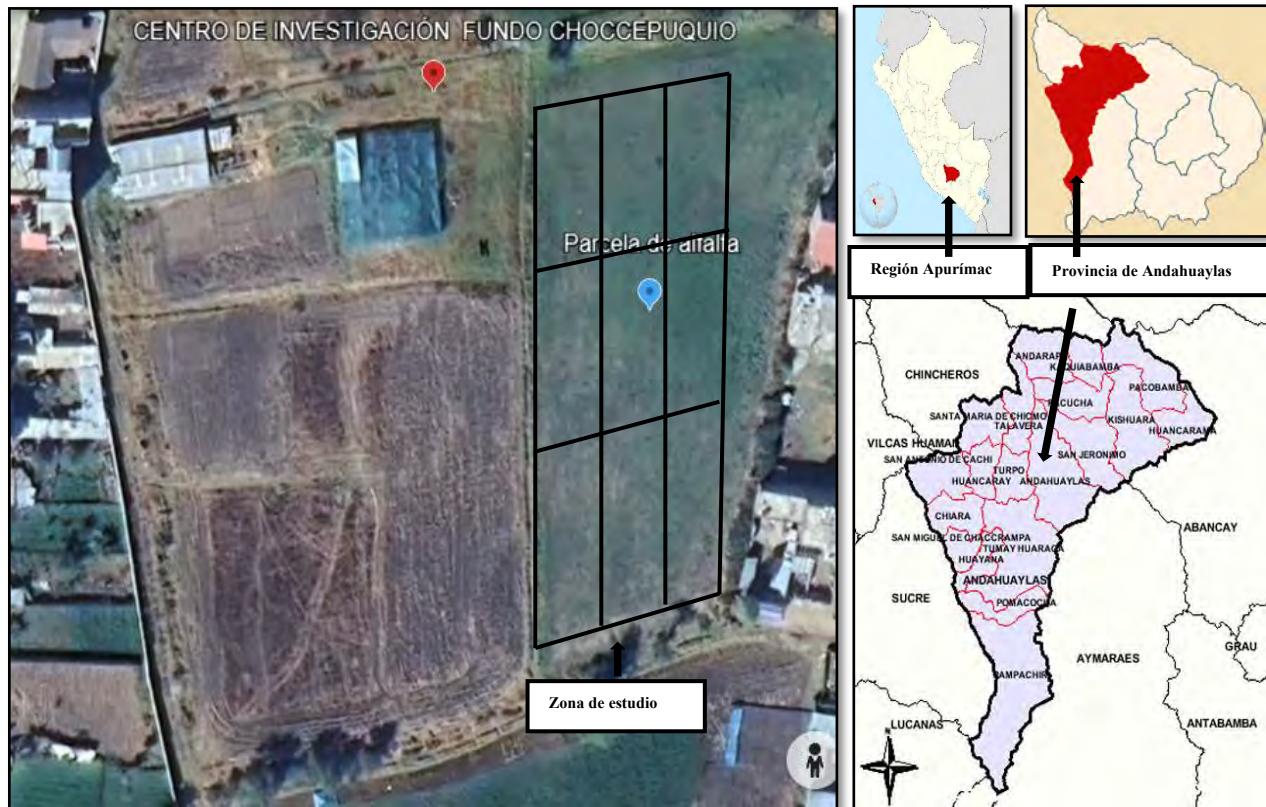
5.1. Lugar de la ejecución de la investigación

a) Localización

El presente trabajo experimental se realizó en el Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH), adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco. El centro experimental CIFUNCH se encuentra a una altitud de 2,851 m s.n.m., coordenadas UTM 672141.62E - 8488279.458N 18L, ubicado en el distrito de Andahuaylas, provincia de Andahuaylas y región Apurímac (ver Figura 9).

Figura 9

Localización del campo experimental



Fuente: Obtenido de Google Earth Pro.

b) Clima

El clima de Andahuaylas es semiseco y templado, con escasez de lluvias en otoño e invierno, con una humedad relativa. A medida que se asciende la altitud, el clima se vuelve más frío y seco (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2012). De acuerdo a Suel (2008), el clima de Andahuaylas es característico de la sierra, predominando en áreas que se sitúan entre los 2,000-3,000 m s.n.m. Señala que el año se divide en 2 épocas definidas por la precipitación, donde la época lluviosa comienza a mediados de noviembre y termina a fines de marzo, acompañada de tormentas eléctricas, en cambio, la época seca se extiende desde abril hasta noviembre. En septiembre y octubre, cuando las lluvias son escasas, se aprovecha el tiempo para preparar los suelos y realizar las primeras siembras. De acuerdo al SENAMHI (2024), en Andahuaylas la temperatura máxima fue en octubre (23.81°C) y mínima en junio (3.65°C) (ver Tabla 6).

Tabla 6

Datos climatológicos durante la fase experimental del año 2024 - Andahuaylas

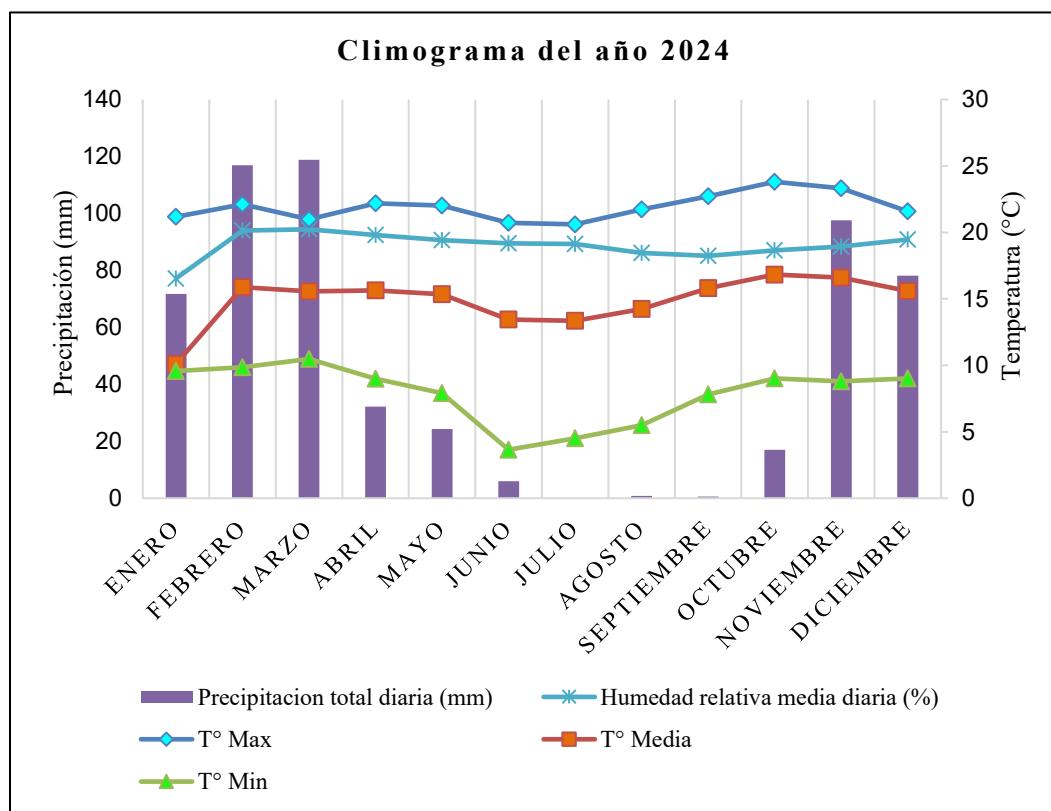
Mes	Temperatura (°C)			Precipitación total diaria (mm)	Humedad relativa media diaria (%)
	T° Max	T° Media	T° Min		
ENERO	21.19	10.11	9.58	71.76	77.19
FEBRERO	22.11	15.87	9.85	116.96	93.95
MARZO	20.99	15.56	10.48	118.8	94.43
ABRIL	22.19	15.63	8.99	32.2	92.47
MAYO	22.01	15.34	7.91	24.3	90.64
JUNIO	20.73	13.45	3.65	6	89.49
JULIO	20.61	13.35	4.5	0	89.29
AGOSTO	21.72	14.25	5.49	0.8	86.08
SEPTIEMBRE	22.73	15.81	7.81	0.6	85.15
OCTUBRE	23.81	16.83	9.01	17	87.02
NOVIEMBRE	23.31	16.59	8.8	97.6	88.39
DICIEMBRE	21.58	15.59	9.02	78.2	90.81
PROMEDIO	21.92	14.87	7.92	47.0	88.74

Fuente: Datos solicitados al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

En la región Apurímac, la precipitación anual oscila entre 200 y 1500 mm (SENAMHI, 2012). Durante el año 2024, en Andahuaylas abarcó una precipitación anual acumulada de 564.22 mm. La precipitación total diaria fue más alta en los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, con valores que superaron los 70 mm, mientras que entre junio y octubre se presentó un período de escasas lluvias, con mayor concentración de humedad en marzo (94.43%) (ver Figura 10).

Figura 10

Climograma de Andahuaylas – 2024



Nota. *Climograma sacada de los datos climáticos anteriores.

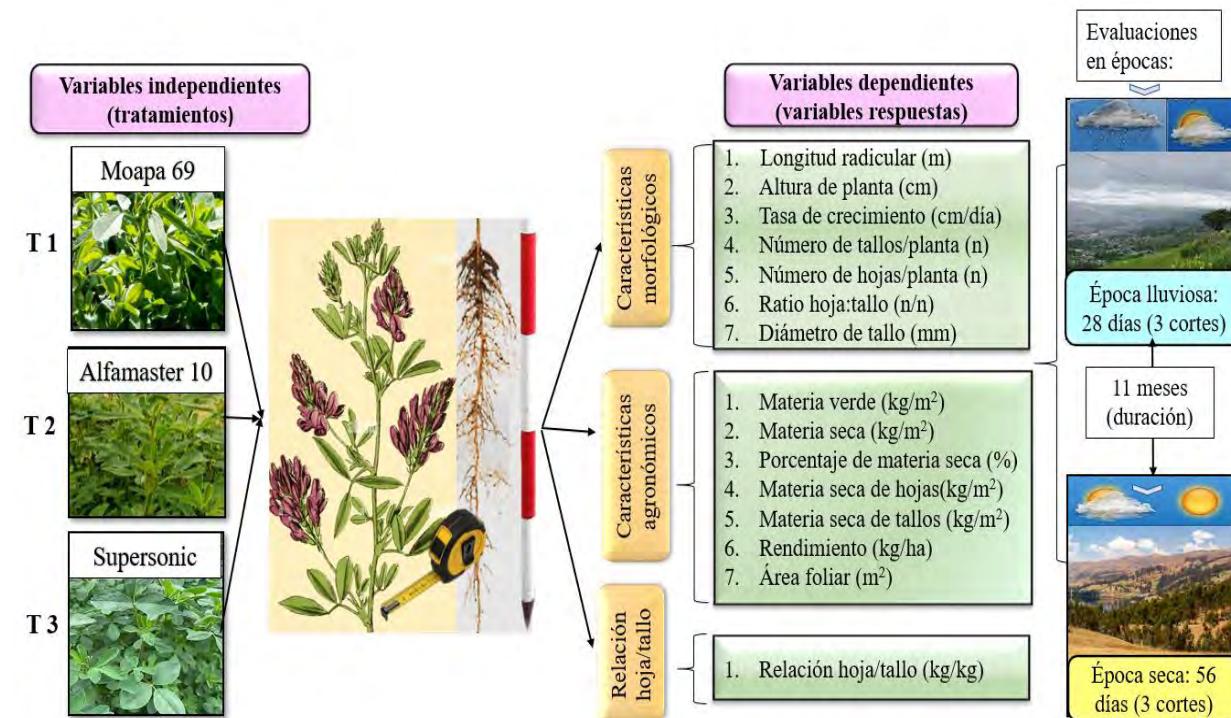
5.2. Diseño de la investigación

El presente estudio tuvo una naturaleza experimental y se diseñó conforme a los objetivos planteados para validar las hipótesis. El experimento incluyó tres tratamientos: Alfamaster 10,

Supersonic y Moapa 69, evaluados durante el crecimiento de la alfalfa con cortes cada 28 días en época lluviosa (3 cortes) y cada 56 días en época seca (3 cortes). Las evaluaciones morfológicas incluyeron: longitud radicular (m), altura de planta (cm), tasa de crecimiento (cm/día), número de tallos/planta (n), número de hojas/planta (n), ratio hoja:tallo (n/n) y diámetro de tallo (mm). Por otro lado, las evaluaciones de carácter agronómico se consideraron: materia verde (kg/m^2), materia seca (kg/m^2), porcentaje de materia seca (%), materia seca de hojas (kg/m^2), materia seca de tallos (kg/m^2), rendimiento ($\text{kg MS}/\text{ha}$), área foliar (m^2). Además, se evaluó la relación hoja/tallo (kg/kg) (ver Figura 11). Estos criterios se determinaron en función de variables medibles y cuantificables, de acuerdo con los materiales y métodos disponibles en la zona de estudio.

Figura 11

Esquema del diseño experimental de la investigación



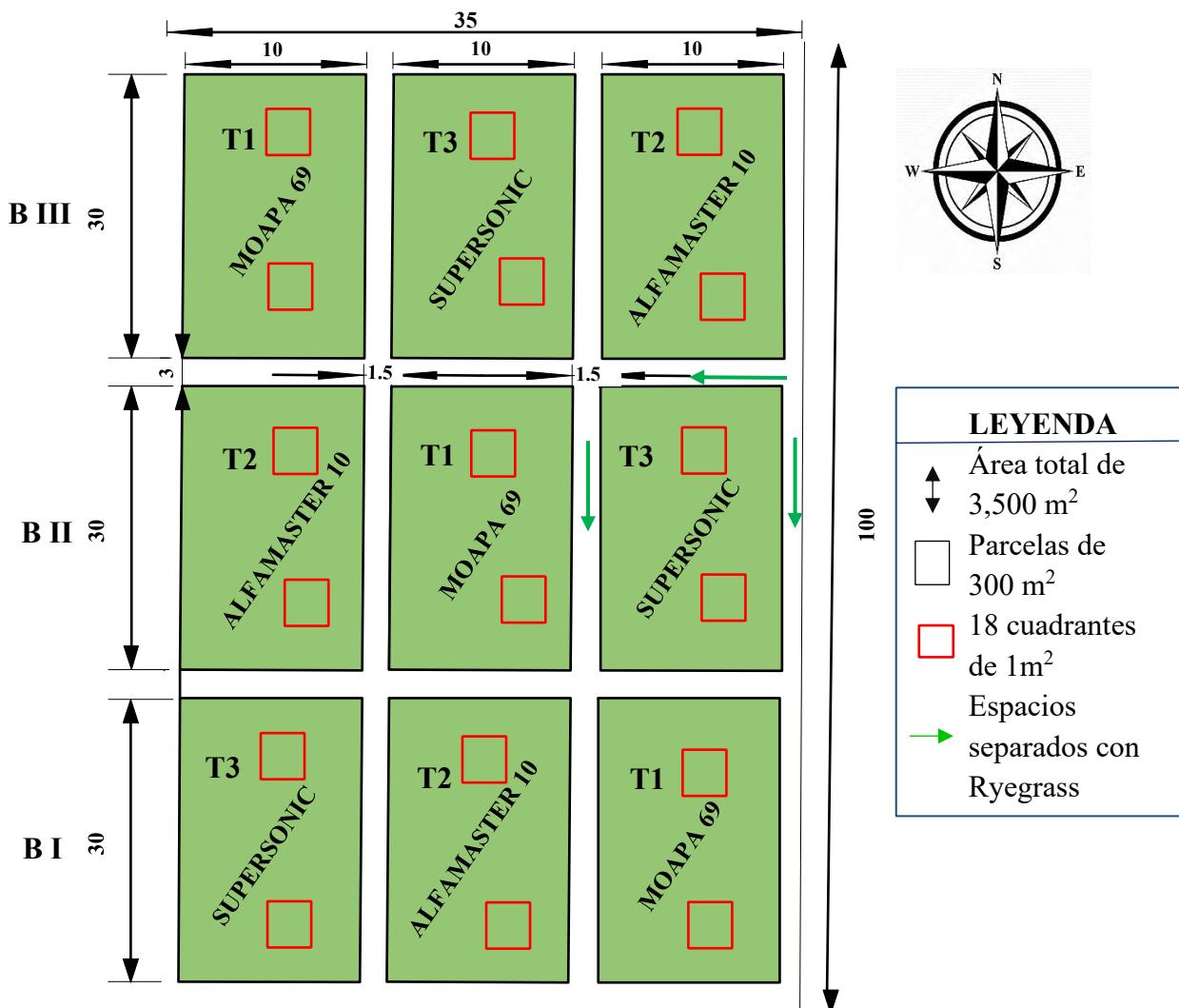
Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 9 parcelas experimentales de $10 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ (300 m^2) distribuidas aleatoriamente en un área total de $3,500 \text{ m}^2$.

Los tratamientos se asignaron aleatoriamente: T1 = Moapa 69, T2 = Alfamaster 10, y T3 = Supersonic, con 3 repeticiones por tratamiento (ver Figura 12).

En cada unidad experimental se delimitaron dos cuadrantes de fierro de 1 m² de manera aleatoria, fueron fijados mediante estacas en las esquinas y unidos por una cuerda que excedía el borde 20 cm para definir el área de muestreo.

Figura 12

Distribución espacial de las parcelas experimentales



5.3. Instalación y equipos

5.3.1. *Labores culturales*

La preparación del terreno y la siembra se realizaron con un año de anticipación, y todas las evaluaciones se llevó a cabo en las parcelas ya establecidas, por lo que se describe el proceso de instalación de la parcela de la alfalfa.

a) Preparación del terreno

Para la preparación del terreno fue arado 2 veces en forma cruzada hasta lograr un buen mullido, ya que la alfalfa requiere suelos bien drenados y profundos. Se niveló el terreno con el rastrado para disminuir el encharcamiento y eliminar las malas hierbas existentes. Todas estas labores se realizaron con un mes de anticipación a la fecha de siembra, para permitir la acumulación de humedad y lograr un efectivo control de malezas.

b) Siembra y delimitado

La delimitación se trazó con estacas de 40 centímetros de altura, las cuales se colocaron en los bordes y de allí se amarraron las rafias para poder delimitar la zona del experimento y los bordes, paralelamente se hizo un surco en donde se sembró ryegrass de variedad Tama para diferenciarlo.

Considerando que algunas semillas de la alfalfa son importadas, vienen ya inoculadas, y se realizó la siembra al voleo, previamente antes se evaluó la germinación para poder hallar su poder germinativo, aunque en la etiqueta indica un mínimo de 85%. La siembra se efectuó con una densidad de 0.6 kg por 300 m², lo cual no se acompañó de ningún otro forraje. Para el tapado de las semillas se utilizó los rastillos para uniformizar el tapado de 1.00 - 1.25 cm de profundidad.

c) Deshierbe

El deshierbe de la alfalfa se realizó frecuentemente para eliminar las malas hierbas existentes, especialmente durante los periodos de lluvia con herramientas manuales o mediante el deshierbe manual. Estas labores se realizaron después de cada corte, cuantas veces sea necesario, para lograr un efectivo control de malezas y que pueden reducir los rendimientos y la calidad de la planta.

d) Control de enfermedades

El control de enfermedades de la alfalfa durante épocas de lluvia y seca requiere de un enfoque integrado que combine prácticas culturales. En periodo de lluvias intensas pueden aumentar el exceso de humedad en el suelo y pudrición de las raíces, lo que favorece la propagación de enfermedades fúngicas en la alfalfa. Las esporas de los hongos patógenos pueden dispersarse más fácilmente durante estas condiciones, lo que aumenta el riesgo de infección en las plantas. Para ello se hizo un monitoreo constante y el uso selectivo de fungicida Phyton 27 ® (50 ml/mochila de 20 litros) a finales de época lluviosa.

e) Aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes

Los abonos orgánicos, como el compost (estiércol de cuy) pueden mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes de manera gradual a la alfalfa, para ello, se aplicó después del corte y durante el crecimiento, para asegurar una buena absorción, además se empleó un día antes del riego programado, aprovechando la humedad y dispersión en el suelo. La aplicación más frecuente fue en la época seca del año.

Los fertilizantes foliares pueden ser beneficiosos para corregir deficiencias nutricionales rápidamente y mejorar la salud general de la planta. Por esta razón, se aplicó el biofertilizante Bio chumbinia (200 ml/mochila de 20 litros) durante el crecimiento activo de la alfalfa en 5-10 cm de

brote y después de 21 días, especialmente en momentos de estrés, como sequias, inundaciones y heladas.

f) Manejo de las parcelas por estaciones

Durante la época de lluvia, es importante monitorear el exceso de humedad en el suelo, también en constante deshierbe. Si las lluvias son abundantes y regulares, el riego adicional no es necesario. La frecuencia de corte de alfalfa en épocas de lluvia se tomó un intervalo de 28 días, haciendo un total de tres cortes, con evaluación en los meses de enero a mayo.

Durante épocas de seca, la alfalfa generalmente necesita riego más frecuente debido a la baja disponibilidad del agua. Para ello, se regó cada 14 días con el método del riego por aspersión y permitirle una distribución uniforme del agua. La frecuencia de corte de alfalfa en épocas de seca se tomó un intervalo de 56 días con total de tres cortes, con evaluación en los meses de junio a noviembre.

5.4. Evaluaciones de variables morfológicas según épocas

5.4.1. Longitud de la raíz (m)

Se excavaron 3 hoyos de 2x2 metros de área junto a los cuadrantes, con un rango de 1 – 3 metros de profundidad ajustada a la longitud de las raíces evitando dañar la raíz principal de las plantas evaluadas. Se midió la distancia desde el cuello de la planta hasta la zona terminal o la cofia, utilizando un flexómetro y un jalón topográfico. Esta medición se realizó en 12 plantas aleatorias, 4 de cada variedad de la alfalfa, al final de la época lluviosa y seca del año.

5.4.2. Altura de planta (cm)

La evaluación se llevó a cabo cada 7 días, midiendo 4 plántulas de cada tratamiento de la alfalfa. Se utilizó una regla metálica para medir desde la parte basal del tallo, donde se colocaron tacos de madera en el suelo y de allí medir hasta el ápice de la hoja más alta. Las plantas evaluadas

fueron los más relevantes en cada metro cuadrado ya que estuvieron con letreros (P1, P2, P3, P4). Este parámetro se evaluó en épocas de lluvia y seca del año.

5.4.3. Tasa de crecimiento (cm/día)

La tasa diaria de crecimiento se calculó dividiendo la altura de planta entre el número de días transcurridas para cada tratamiento y época del año. Este cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Tasa de crecimiento} = \frac{\text{Altura de planta}}{\text{Nº de días transcurridas}}$$

5.4.4. Número de tallos/planta (n)

Se contabilizaron minuciosamente los tallos de la corona por planta, excluyendo aquellos brotes menores a 5 cm. Para ello, se tomaron cuatro plantas por unidad experimental dentro de los cuadrantes de 1 m² y la evaluación se realizó justo antes de cada corte de alfalfa, tanto en la época lluviosa como en época seca del año.

5.4.5. Número de hojas/planta (n)

Para este parámetro, se seleccionaron cuatro plantas por unidad experimental dentro de los cuadrantes. Se eligió el tallo más alto (hoja bandera) y se realizó un conteo directo de las hojas trifoliadas. El resultado se expresó como el número de hojas por planta, en función del número de tallos por planta, y la evaluación se efectuó justo antes de cada corte de alfalfa, tanto en época lluviosa como seca.

5.4.6. Diámetro de tallo (mm)

Se tomaron cuatro plantas por unidad experimental, utilizando las mismas plantas evaluadas previamente. De la misma manera, se seleccionó el tallo más alto (hoja bandera) y se midió el diámetro del tallo en milímetros, tomando la medida en la cuarta parte del tallo desde la

base, utilizando un “vernier” o “pie de rey” como instrumento de precisión. La evaluación se realizó justo antes de cada corte de alfalfa, en las épocas de lluvia y seca del año.

5.4.7. Ratio: hoja/tallo (n/n)

Este parámetro se expresó con los datos de número de hojas por planta dividiendo con el número de tallos por planta.

5.5. Evaluaciones de variables agronómicas según épocas

5.5.1. Materia verde (kg/m²)

De las nueve unidades experimentales, se cosechó toda la alfalfa de cada cuadrante (1 m²) utilizando una segadera, realizando el corte a 5 cm de altura con respecto al suelo. Se eliminaron manualmente las malezas de cada muestra, obteniéndose un total de 18 muestras. Estas se trasladaron en bolsas delgadas para su pesaje en una balanza JBC. Finalmente, se expresaron los datos al metro cuadrado. El corte de uniformización se repitió tres veces en cada época del año.

5.5.2. Materia seca (kg/m²)

De las 18 muestras se trajeron al azar 145 gramos de materia verde, que posteriormente se separaron en tallos y hojas. Cada muestra fue colocada en bolsas de papel kraft, codificadas con marcador según el siguiente formato: bloque, tratamiento, repetición y tipo de muestra (T para tallo, H para hoja), por ejemplo, "111 – T". Las muestras se secaron en una estufa marca TOMOS ODHG-907OA a 105 °C durante 24 horas. Luego, al retirarlas de la estufa, se pesaron en una balanza de precisión marca NAOKI WEIGHT/PCS. Posteriormente, se expresaron los datos al metro cuadrado. Este parámetro se evaluó después del corte de alfalfa, tanto en la época lluviosa como en la época seca.

5.5.3. Porcentaje de materia seca (%)

Este parámetro se determinó con los datos obtenidos de la producción de materia seca y verde, dividiéndolos y multiplicándolos por cien, finalmente se expresaron en porcentaje (%). Se evaluó en cada corte de la alfalfa, en época lluviosa y seca del año, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de materia seca (\%)} = \left(\frac{\text{peso de materia seca}}{\text{peso de materia verde}} \right) * 100$$

5.5.4. Materia seca de tallos (kg/m²)

Como se mencionó anteriormente, la alfalfa se separó en tallos y hojas, codificándose claramente con la letra "T" para identificar los tallos. Las muestras se colocaron en estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 horas. Posteriormente, se pesaron en una balanza de precisión, y se expresaron en kg/m². Igualmente, se evaluó al final después del corte, en época lluviosa y seca del año.

5.5.5. Materia seca de hojas (kg/m²)

Para las hojas, se aplicó el mismo procedimiento, utilizando muestras codificadas con la letra "H" para su identificación. Finalmente, los pesos se expresaron en kg/m², lo cual, se evaluó al final de cada corte en ambas épocas del año.

5.5.6. Rendimiento (kg MS/ha)

Conociendo los datos obtenidos de la producción materia seca, se multiplicaron por 10,000 ha y al final se expresaron en kg MS/ha.

5.5.7. Área foliar (m²)

Se realizó un análisis computarizado para evaluar el área foliar. La metodología consistió en cosechar hojas de las tres variedades, asegurándose de que las hojas estuvieran intactas, sin orificios ni daños. Las hojas frescas se pesaron en una balanza de alta precisión KERN ABJ-NM/ABS-N, agrupándolas en series de tres hojas trifoliadas hasta completar 63 hojas,

correspondientes a 21 datos por variedad. Luego, las hojas se fijaron sobre una hoja blanca, separándolas individualmente del conjunto trifoliado, se colocó una regla metálica a la izquierda como guía de escala, y se tomaron fotografías. Las imágenes se analizaron con el software ImageJ, donde se calibró la escala en centímetros. También, las hojas se colocaron en bolsas de papel kraft y se secaron en una estufa a 105 °C durante 24 horas para obtener la materia seca. Después, se pesaron en la misma balanza. Finalmente, se utilizó un modelo de regresión lineal simple para estimar el área foliar, a partir de la materia seca de las hojas, ya que existieron una alta correlación entre estas variables. Este parámetro se evaluó en cada corte y época del año.

5.5.8. Relación hoja/tallo (kg/kg)

Una vez ya obtenidas el peso de materia seca de los tallos y las hojas, se prosiguió a evaluar el cociente (MS hojas/MS tallos), para obtener la ratio. Donde fueron evaluados en cada final de corte, en épocas de lluvia y seca del año. La fórmula para determinar la relación de H/T fue lo siguiente:

$$\text{Relación hoja/tallo (kg/kg)} = \frac{\text{Materia seca de la hojas}}{\text{Materia seca del tallos}}$$

5.6. Análisis estadístico

Una vez recolectado los datos del campo, fueron sistematizados en hoja de cálculo Excel de Microsoft Office. Todas las variables pasaron por un análisis exploratorio para detección de datos atípicos. Los estadísticos descriptivos como media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación se obtuvieron para cada variable respuesta. Se efectuó el análisis de varianza (ANOVA) para observar el efecto de los tratamientos (Alfamaster 10, Moapa 69 y Supersonic) y épocas (lluvia y seca) sobre las características morfológicas y agronómicas de alfalfa. El modelo cumplió con satisfacción los supuestos de normalidad con el test de Shapiro Wilk y la homocedasticidad con el test Levene. Las comparaciones de medias se realizaron por el

método de Tukey, con un nivel de significación del 0.05, para todos los procesos de análisis se manejó el software libre R 4.4.0., donde el modelo lineal fue lo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + \beta_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Son las características morfológicas, agronómicas y relación hoja/tallo.

μ : Es la media general.

T_i : Es el efecto de i-ésimo tratamiento sobre la variable respuesta (variedad de alfalfa).

E_j : Es el efecto de la j-ésimo época (seca y lluviosa).

β_k : Es el efecto del kj-ésimo bloque sobre la variable respuesta.

ϵ_{ijk} : Error experimental.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Características morfológicas de la alfalfa

6.1.1. Longitud radicular (m)

La época y variedad ha influido sobre la longitud radicular ($p<0.05$). Supersonic fue la más profunda de 2.22 metros y es significativamente más alto que Moapa 69 de 1.84 metros, en cambio Alfamaster 10 tiene un valor intermedio de 2.01 metros, que no es estadísticamente diferente de Supersonic ni de Moapa 69 (ver Tabla 7). Esta diferencia significativa probablemente se deba a las condiciones edáficas, ya que se observaron zonas rocosas y compactadas en algunas áreas de la parcela.

Tabla 7

Longitud radicular (m) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Longitud radicular (m)
Época		[0.0018]
Lluviosa	12	1.82 (0.09) ^b
Seca	12	2.24 (0.1) ^a
Variedad		[0.0473]
Alfamaster 10	8	2.01 (0.12) ^{ab}
Moapa 69	8	1.84 (0.14) ^b
Supersonic	8	2.22 (0.12) ^a
Total	24	2.03 (0.08)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

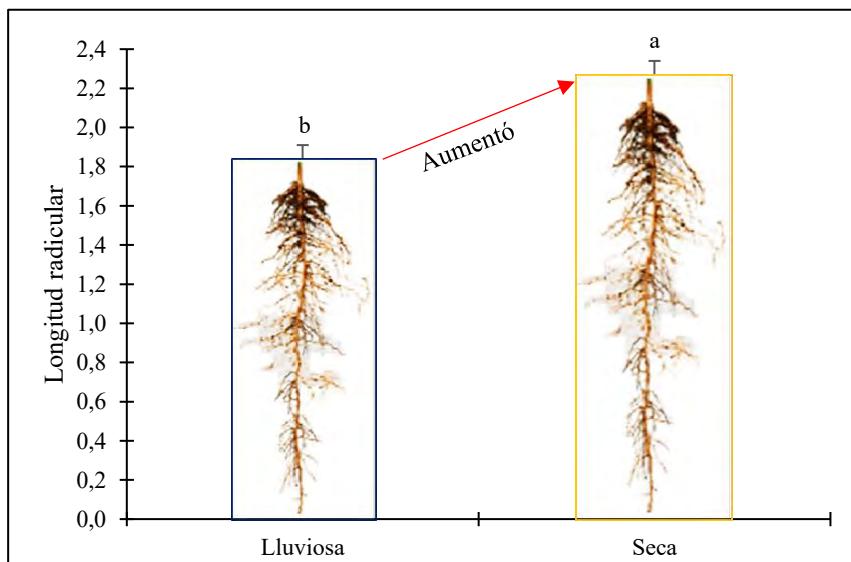
^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

Al final de la época lluviosa, cuando la alfalfa tenía 518 días de edad (17 meses desde la instalación), la longitud promedio de la raíz fue de 1.82 metros. Después de 26 semanas, con 701 días de edad (23 meses de instalación) al final de la época seca, alcanzó un promedio de 2.24 metros. Se concluye que la profundidad radicular promedio general desde la siembra hasta los 1

año y 11 meses de edad es de 2.03 metros (ver Figura 13). De acuerdo con Rodríguez & Spada (2007), desde la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi – Argentina, las raíces de alfalfa después de 2 años de establecimiento superaron los 1.40 m de profundidad, valor inferior al encontrado en nuestro estudio, teniendo en cuenta las condiciones edáficas y climáticas. Por su parte, León et al. (2018) indican que, si el perfil del suelo está libre de obstáculos, las raíces pueden alcanzar 2 metros al segundo año, 4 metros al tercer año y posteriormente 9 metros de profundidad, datos que se aproximan y coinciden con los obtenidos en este estudio. Además, Oñate (2019) menciona que la raíz principal de la alfalfa tiene la capacidad de alcanzar profundidades aproximadas entre 2-5 metros, pudiendo llegar hasta la capa freática. Este desarrollo radicular influye directamente en la habilidad de la especie para absorber agua de lo más profundo del suelo, lo que a su vez determina en gran medida su tolerancia y resistencia frente a condiciones de sequía.

Figura 13

Longitud radicular (m) de la alfalfa por época



Nota. * Se evidenció un incremento aproximado de 40 cm en la longitud radicular durante los 7 meses transcurridos entre la evaluación en época lluviosa y el final de la época seca.

Es importante destacar estudios realizados bajo condiciones controladas, como el de Bell (2005) en la Universidad de Australia Occidental, Perth, a 536 m s.n.m., donde cultivó en invernadero plantas de *Medicago sativa* L., *Dorycnium rectum* y *Dorycnium hirsutum* utilizando tubos de PVC. *Medicago sativa* mostró un crecimiento radicular más rápido, alcanzando el fondo de los tubos (1 m de profundidad) entre 41 y 55 días después de la siembra. La especie *D. hirsutum* requirió 69 días, mientras que *D. rectum* fue más lenta, tomando 83 días para alcanzar la misma profundidad. Además, Bell señala que las plantas perennes resistentes a la sequía necesitan raíces profundas para acceder a suficiente agua almacenada en las capas profundas del perfil del suelo.

Por otra parte, Martel (2023), en el Centro de Producción de Canchan, Huánuco, a 1,986 m s.n.m., reportó un promedio general de 21.90 cm en la longitud de raíz, evaluada a los 113 días después de la siembra.

En nuestra investigación, la variedad Supersonic mostró la raíz más profunda, pese a requerir un mayor acceso a agua y nutrientes durante la época seca. Esta información es útil para comprender la adaptación de las raíces bajo condiciones controladas, tanto en campo como en situaciones de escasez hídrica.

6.1.2. Altura de planta (cm)

Para la altura de planta, no se encontró un efecto significativo de la época ($p>0.05$). Durante la época lluviosa y seca, se alcanzaron alturas promedio de 40.16 cm y 42.52 cm, respectivamente. En comparación, Sánchez et al. (2019), en México a 2,240 m s.n.m., reportaron promedios superiores a los de nuestra investigación, aunque el promedio de otoño coincide. Según ellos, la altura fue mayor en verano (61 cm), seguida de primavera (55 cm), otoño (46 cm) e invierno (26 cm). Además, señalaron que esta variación está vinculada a factores como la temperatura y la

variedad de alfalfa, indicando que un aumento en la intercepción de luz por las plantas contribuye directamente al incremento en la altura.

La variedad influyó significativamente en la altura de planta ($p<0.05$), Alfamaster 10 obtuvo mejor altura de 46.17 cm, superior con respecto a Supersonic y Moapa 69 donde poseen valores medios similares de 39.44 y 38.42 cm. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Aguilar (2017), en condiciones de Sector Humedades del distrito de Salas de la región Lambayeque, a una altitud de 114 m s.n.m., donde obtuvo alturas de planta para Supersonic y Alfamaster, con promedios generarles de 41.27 y 38.29 cm. De manera similar, Sánchez et al. (2019) informaron valores próximos, destacando la mayor altura de las variedades Milenia, Chipilo y Oaxaca con alturas 49, 48 y 47 cm, respectivamente, y las menores de Valenciana y Aragón de 45 y 44 cm. Por su parte, Noli (1999) halló valores en la variedad Moapa, alcanzando una altura máxima de 49.67 cm y mínima de 39.67 cm a los 120 días después de la siembra, bajo la aplicación de abonos orgánicos y a una altitud de 3,220 m s.n.m. en la Estación Experimental Agraria Santa Ana – Huancayo.

Las diferencias significativas entre variedades pueden deberse a sus características específicas, ya que en Alfamaster 10 se observó un tamaño y velocidad de crecimiento superiores en algunas plantas evaluadas. De igual forma, Oñate y Flores (2019) mencionan que el éxito de una variedad con mayor altura se atribuye a su condición de especie naturalizada, lo que le permite aprovechar genes adaptados a condiciones climáticas y del suelo, facilitando su supervivencia y desarrollo.

En cuanto a los bloques y cortes, ambos tuvieron un efecto significativo ($p<0.05$). El bloque B1 mostró un promedio mayor que B2 y B3. Respecto a los cortes, C1 y C3 destacaron con alturas

mayores, sin diferencias significativas entre ellos, mientras que C2 presentó un desempeño significativamente menor (ver Tabla 8).

Tabla 8

Altura de planta (cm) de la alfalfa por época y variedad

Factor	Nº	Altura de planta (cm)
Época		[0.073]
Lluviosa	108	40.16 (1.25)
Seca	108	42.52 (1.26)
Variedad		[0.0257]
Alfamaster 10	72	46.17 (1.59) ^a
Moapa 69	72	38.42 (1.54) ^b
Supersonic	72	39.44 (1.34) ^b
Bloque		[0.0121]
B1	72	46.97 (1.39) ^a
B2	72	37.11 (1.39) ^b
B3	72	39.96 (1.61) ^b
Corte		[0.0275]
C1	72	45.59 (1.4) ^a
C2	72	34.15 (1.1) ^b
C3	72	44.29 (1.71) ^a
Total	216	41.34 (0.89)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.1.3. Tasa de crecimiento (cm/día)

Para la tasa de crecimiento, todo el factor tuvo efecto significativo ($p<0.05$). La época lluviosa presentó con 1.29 cm/día significativamente más activo que la época seca de 0.87 cm/día. Incluso Achá & Camacho (2022) obtuvieron mayor tasa de crecimiento en períodos lluviosos en comparación con la época seca, también indican que la alfalfa tiene un alto consumo de agua, que varía tanto diariamente como estacionalmente, dependiendo de la demanda evaporativa del ambiente y del estado fenológico. Las diferencias entre épocas podrían atribuirse a variables

climáticas, ya que durante la época lluviosa hubo mayor disponibilidad de agua, condiciones que favorecieron un crecimiento activo de las plantas, considerando además que las evaluaciones se hicieron con frecuencias de 28 y 56 días en época lluviosa y seca.

En cuanto a las variedades, Alfamaster 10 presentó un promedio significativamente mayor con 1.19 cm/día, Supersonic y Moapa 69 resultaron valores similares de 1.04 y 1 cm/día. En circunstancias de Coata - Puno, a una altitud de 3,814 m s.n.m., Mamani (2016) encontró datos aproximadas de nuestro estudio, donde la variedad W-350 presentó una tasa de crecimiento más alta cuando cortaba a 5 cm de altura con 1.32 y 1.22 cm/día, con una frecuencia cada 40 días en suelos franco arcilloso y franco arenoso, respectivamente. Además, obtuvo una tasa media de crecimiento de 1.19 y 1.14 cm/día cuando el corte se realizó a 10 cm de altura con la misma frecuencia de corte en ambos tipos de suelo, dando a conocer que la altura del corte, puede afectar a la tasa de crecimiento.

Respecto a los bloques, el bloque B1 presentó un promedio superior frente a B2 y B3. En cuanto a los cortes, el C1 favoreció un promedio mayor, mientras que C2 y C3 fueron estadísticamente similares (ver Tabla 9).

Tabla 9

Tasa de crecimiento (cm/día) de la alfalfa por época y variedad

Factor	Nº	Tasa de crecimiento (cm/día)
Época		[0.0002]
Lluviosa	108	1.29 (0.05) ^a
Seca	108	0.87 (0.03) ^b
Variedad		[0,0109]
Alfamaster 10	72	1.19 (0.05) ^a
Moapa 69	72	1 (0.05) ^b
Supersonic	72	1.04 (0.05) ^b
Bloque		[0.0504]
B1	72	1.22 (0.05) ^a
B2	72	0.98 (0.05) ^b

B3	72	1.04 (0.05) ^b
Corte		[0.0002]
C1	72	1.32 (0.07) ^a
C2	72	0.95 (0.04) ^b
C3	72	0.97 (0.03) ^b
Total	216	1.08 (0.03)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

a,b diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.1.4. Número de tallos/planta (n)

Para el número de tallos por planta, no se encontró efectos significativos en ningún factor evaluado ($p> 0.05$). Los valores promedio en época lluviosa y seca fueron de 20.18 y 22.02 tallos por planta, respectivamente (ver Tabla 10). Estos resultados superan lo reportado por Luna et al. (2018) en México, a 2,250 m s.n.m., donde en las estaciones de otoño, invierno y primavera, el promedio de tallos por planta fue mayor en primavera (19 tallos), en comparación con invierno (15 tallos) y otoño (10 tallos).

Las variedades Alfamaster 10, Moapa 69 y Supersonic se obtuvieron promedios de 21.82, 21.51 y 19.96 tallos/planta, continuamente. Por su parte, Oñate (2019) reportó en situaciones de la Estación Experimental Tunshi, Chimborazo a una altitud de 2,754 m s.n.m., con valores de 24.84, 24.68 y 22.16 tallos por planta de las variedades Abunda Verde, Cuf 101 y Sw 8210, cifras ligeramente mayores a los resultados encontradas, considerando que su evaluación se realizó a los 45 días de edad de corte y en variedades más adaptables. Además, menciona que la similitud del número de tallos entre variedades se debe a que comparten rasgos genéticos comunes y específicos, que les permiten adaptarse a diferentes condiciones, como pastoreo o el corte.

En contraste, Noli et al. (2012), en las comunidades de Los Chopccas, Huancavelica, a 3,600 m s.n.m., registraron que las variedades con dormancia 9 mostraron mayor número de tallos: California 55 (11.66), WL Beacon (11.0) y WL 625 Hq (9.66), en comparación con las variedades

de dormancia 4, como Joya (10.66), Rebound (10.00) y AGP WL 350 (8.66 tallos). Estos valores fueron inferiores a los obtenidos en esta investigación, tomando en cuenta las diferencias en condiciones climáticas y altitud.

Tabla 10

Número de tallos/planta (n) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Número de tallos/planta (n)
Época		[0.123514]
Lluviosa	108	20.18 (0.83)
Seca	108	22.02 (0.9)
Variedad		[0.393992]
Alfamaster 10	72	21.82 (1.08)
Moapa 69	72	21.51 (1.18)
Supersonic	72	19.96 (0.92)
Bloque		[0.559812]
B1	72	21.03 (1.15)
B2	72	21.92 (1.07)
B3	72	20.35 (0.98)
Corte		[0.385594]
C1	72	20.24 (1.14)
C2	72	22.21 (0.97)
C3	72	20.85 (1.08)
Total	216	21.1 (0.62)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

a,b diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.1.5. Número de hojas/planta (n)

Para el número de hojas por planta, los factores época y corte mostraron diferencias significativas ($p<0.05$). Durante la época seca se registró un mayor número de hojas, con 1,158.86 hojas, en comparación con la época lluviosa, que presentó 819.4 hojas, siendo diferentes

estadísticamente. Esta mayor cantidad de hojas en la época seca, estaría relacionada directamente con la edad de la alfalfa; dado que, a mayor número de tallos, mayor es el número de hojas.

En cuanto a las variedades y bloques, no se encontraron efectos significativos ($p>0.05$). Los valores promedio de hojas por planta en las variedades Alfamaster 10, Moapa 69 y Supersonic fueron 1,074.12, 1,011.68 y 881.58, respectivamente. Estos resultados son altos con lo que reporta Soplin (2021) en Magdalena, Chachapoyas, a 1,980 m s.n.m., quien obtuvo 375.6, 374.4, 345.6 y 309.4 hojas por planta para las variedades Moapa 69, Lecherita SW 8210, California Mejorada y CUF 101, consecutivamente. Las diferencias podrían deberse a que dicho autor evaluó el cultivo poco tiempo después de la siembra y bajo condiciones de mayor humedad.

Por otra parte, es considerable el estudio de número de hojas/tallo de Alarcón & Berrú (2019) en condiciones de selva tropical en el fundo “Llaja”, San José, Lambayeque, a 8 m s.n.m., donde encontraron 19.9, 18.9 y 20.8 hojas por tallo con aplicación de bioestimulantes foliares en la variedad Monsefú. En contraste, Delgado (2019) reportó valores más altos en la misma variedad en el fundo La Peña, Lambayeque, a 18 m s.n.m., con aplicaciones de abono: sin abono (35.63), con abono orgánico (36.73) y con abono químico (32.82) hojas por tallo a los seis meses de edad.

Entre cortes presentaron efectos significativos ($p<0.05$); el C3 presentó un valor significativamente mayor que C2, mientras que C1 no mostró diferencias significativas con respecto a C2 ni a C3 (ver Tabla 11).

Tabla 11

Número de hojas/planta (n) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Número de hojas/planta (n)
Época		[0.000865]
Lluviosa	108	819.4 (45.16) ^b
Seca	108	1158.86 (64) ^a
Variedad		[0.100361]

Alfamaster 10	72	1074.12 (72)
Moapa 69	72	1011.68 (78.54)
Supersonic	72	881.58 (58.84)
Bloque		[0.579351]
B1	72	982.42 (73.84)
B2	72	1039.79 (71.02)
B3	72	945.18 (67.29)
Corte		[0.002536]
C1	72	963.83 (66.37) ^{ab}
C2	72	879.11 (54.01) ^b
C3	72	1124.44 (85.61) ^a
Total	216	989.13 (40.75)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.1.6. Ratio hoja:tallo (n/n)

Para la ratio de hoja/tallo, los factores época y variedad tuvieron un efecto significativo ($p<0.05$). Durante la época seca, la relación fue mayor, con 50.69, en comparación con la época lluviosa, que presentó 39.94, siendo diferentes estadísticamente entre sí. En cuanto a las variedades, Alfamaster 10 mostró el valor más alto con 49.08, siendo significativamente diferente de Supersonic (43.01) y Moapa 69 (43.83), que no es diferente de Alfamaster 10 ni Supersonic. El bloque no presentó efecto significativo ($p>0.05$), pero sí los cortes ($p<0.05$), donde C3 y C1 fueron similares y superiores, diferenciándose estadísticamente de C2 (ver Tabla 12).

La variación entre épocas puede relacionarse con la edad de la planta y sus componentes morfológicos. En época lluviosa, el crecimiento fue rápido y vigoroso, pero con menor cantidad de tallos y hojas. En contrario, durante la época seca se observó un desarrollo mayor en la cantidad de hojas en relación con los tallos. Asimismo, entre variedades, Alfamaster 10 presentó un mayor número de tallos y hojas, además de alcanzar mayor altura, mientras que Supersonic mostró menor cantidad de hojas, aunque más desarrolladas.

Tabla 12

Ratio hoja:tallo (n/n) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Ratio hoja:tallo (n/n)
Época		[0.00412]
Lluviosa	108	39.94 (1.28) ^b
Seca	108	50.69 (1.61) ^a
Variedad		[0.01856]
Alfamaster 10	72	49.08 (2.09) ^a
Moapa 69	72	43.83 (1.74) ^{ab}
Supersonic	72	43.01 (1.76) ^b
Bloque		[0.49674]
B1	72	44.46 (1.71)
B2	72	46.89 (2.04)
B3	72	44.58 (1.91)
Corte		[0.00639]
C1	72	47.4 (1.89) ^a
C2	72	38.74 (1.52) ^b
C3	72	49.79 (1.98) ^a
Total	216	45.31(1.09)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.1.7. Diámetro de tallo (mm)

El diámetro del tallo estuvo significativamente influenciado por el factor época ($p<0.05$).

La época lluviosa promovió un mayor grosor, con un promedio de 2.93 mm, en comparación con los 2.75 mm registrados durante la época seca, diferencias que fueron estadísticamente significativas. Esta variabilidad refleja la mayor vigorosidad de los tallos en la etapa temprana (28 días) de desarrollo de la alfalfa.

No se observaron efectos significativos para la variedad, bloque ni corte ($p>0.05$). Por lo tanto, es importante señalar los valores que presentaron las variedades de 2.94, 2.86 y 2.71 mm de diámetro para Supersonic, Alfamaster 10 y Moapa 69, respectivamente (ver Tabla 13).

Alarcón & Berrú (2019) obtuvieron valores ligeramente mayores en la variedad Monsefú, con diámetros de tallo de 2.7, 3.5 y 2.9 mm, correspondientes a la aplicación de bioestimulantes en la estación de otoño. En contrario, Martel (2023) registró un promedio general de 2.45 mm, aunque con aplicación de riego y a estrés hídrico. Estos resultados evidencian la influencia de la proporción del tallo según las condiciones y tratamientos aplicados.

Tabla 13

Diámetro de tallo (mm) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Diámetro de tallo (mm)
Época		[0.0201]
Lluviosa	108	2.93 (0.06) ^a
Seca	108	2.75 (0.06) ^b
Variedad		[0.631]
Alfamaster 10	72	2.86 (0.07)
Moapa 69	72	2.71 (0.07)
Supersonic	72	2.94 (0.08)
Bloque		[0.3525]
B1	72	2.91 (0.06)
B2	72	2.83 (0.07)
B3	72	2.77 (0.09)
Corte		[0.1642]
C1	72	2.74 (0.08)
C2	72	2.84 (0.08)
C3	72	2.93 (0.07)
Total	216	2.84 (0.04)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2. Características agronómicas de la alfalfa

6.2.1. Materia verde (kg/m^2)

La época no influyó en la producción de forraje verde ($p>0.05$), presentando valores de 0.91 y 0.92 kg/m^2 en época lluviosa y seca, respectivamente. Nuestros resultados son inferiores a

los reportados por Arias et al. (2021), quienes trabajaron en condiciones de puna húmeda y seca en Junín, Perú, a 3,819 m s.n.m., obteniendo valores de 1.12, 2.37 y 2.13 kg/m². Cabe destacar que ellos evaluaron la producción tras seis meses de establecimiento de la alfalfa.

Las variedades sí mostraron un efecto significativo ($p<0.05$). Supersonic tuvo la producción de materia verde más alta, con 1.05 kg/m², superando a Alfamaster 10 y Moapa 69, que registraron valores similares de 0.89 y 0.81 kg/m². Esta diferencia podría atribuirse a los componentes morfológicos de la planta, su longevidad y la capacidad de adaptación a la sequía, relacionada con la profundidad radicular que presentó la variedad Supersonic. Noli et al. (2006), en alfalfa con dormancia 9 durante época seca, reportaron mayores producciones de materia verde, para las variedades California 55, WL Beacon y WL 625 Hq, con 1.572, 1.688 y 1.551 kg/m², continuamente. Al igual, Noli et al. (2012) informaron producciones para seis variedades (California 55, WL 625 Hq, WL Beacon, AGP-WL 350, Rebound y Joya) de 1.87, 1.50, 1.38, 0.58, 1.03 y 0.85 kg/m², cifras ligeramente superiores a las de este estudio. Sin embargo, nuestros resultados coinciden con los reportados por Argote et al. (2004) en el Centro de Investigación y Producción en Puno a una altitud de 3,815 m s.n.m., donde se registraron producciones de 1.48, 1.45, 0.88, 0.87, 0.78 y 0.61 kg/m² para las variedades Rebound, Joya, California 52, Ranger, Bella Campagnola e Iside, respectivamente.

Por otro lado, Aguilar (2017) encontró resultados en toneladas por hectárea para las variedades Alfamaster y Supersonic, alcanzando 9.54 t/ha en la variedad Supersonic, superior a Alfamaster con 8.46 t/ha. Además, Marín (2019) evaluando a 2,676 m s.n.m. y expresando la producción en kg/m², informó un promedio de 1.77 kg/m² para la variedad Moapa al inicio de la floración.

Respecto a bloques y cortes, ambos tuvieron efecto significativo ($p<0.05$). El bloque B3 presentó mayor producción que B1 y B2, mientras que C1 y C3 fueron mayores que C2 (ver Tabla 14).

Tabla 14

Materia verde (kg/m²) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Materia verde (kg/m ²)
Época		[0.706379]
Lluviosa	54	0.91 (0.06)
Seca	54	0.92 (0.05)
Variedad		[0.000249]
Alfamaster 10	36	0.89 (0.07) ^b
Moapa 69	36	0.81 (0.07) ^b
Supersonic	36	1.05 (0.05) ^a
Bloque		[0.005016]
B1	36	0.86 (0.07) ^b
B2	36	0.85 (0.07) ^b
B3	36	1.03 (0.06) ^a
Corte		[0.001749]
C1	36	1.01 (0.08) ^a
C2	36	0.8 (0.04) ^b
C3	36	0.94 (0.07) ^a
Total	108	0.91 (0.04)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2.2. Materia seca (kg/m²)

Para la materia seca, todos los factores tuvieron un efecto significativo ($p<0.05$). La época seca mostró una producción superior a la época lluviosa, con valores de 0.33 y 0.27 kg/m², respectivamente. Esta diferencia se atribuye a la relación con la edad de la planta, el avance hacia etapas fisiológicas más maduras y las condiciones climáticas de la época seca, caracterizadas por menores precipitaciones, humedad reducida y temperaturas variables. En condiciones de clima

subhúmedo en el Estado de México, a 2,240 m s.n.m., Rojas et al. (2019a) reportaron el rendimiento promedio estacional y anual de cinco variedades de alfalfa expresado en kg MS/ha, con valores mayores en verano (6,241) y primavera (4,869), y menores en otoño (4,244) e invierno (2,231).

Entre las variedades evaluadas, Supersonic presentó el promedio más alto con 0.35 kg/m², diferencia significativa respecto a Alfamaster 10 y Moapa 69, que mostraron valores similares de 0.30 y 0.26 kg/m², respectivamente. Arias et al. (2021) donde analizaron en una etapa fenológica de inicio de floración, obtuvieron valores para las variedades WL 350, W 440 y Brown 6 de 0.26, 0.44 y 0.45 kg/m². Estos autores mencionan que las diferencias entre variedades se deben a factores como el lugar de siembra, piso ecológico, condiciones climáticas, entre otros. Por su parte, Rojas (2017) reportó en la selva de Zungarococha, Iquitos situada a 122 m s.n.m., durante la época húmeda (enero- marzo), promedios de materia seca de 0.83, 0.66 y 0.51 kg/m² para la variedad alfalfa tropical. Estos estudios fueron superiores de nuestra investigación, lo que puede explicarse por las diferencias en el lugar de estudio y el estado fenológico de la planta.

En cuanto a bloques y cortes, se observó que el B3 presentó un rendimiento mayor que B1 y B2. En cuanto a los cortes, C1 y C3 fueron mayores que C2 (ver Tabla 15).

Tabla 15

Materia seca (kg/m²) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Materia seca (kg/m²)
Época		[0.0000632]
Lluviosa	54	0.27 (0.02) ^b
Seca	54	0.33 (0.02) ^a
Variedad		[6.43]
Alfamaster 10	36	0.3 (0.02) ^b
Moapa 69	36	0.26 (0.02) ^b
Supersonic	36	0.35 (0.02) ^a
Bloque		[0.000826]

B1	36	0.28 (0.02) ^b
B2	36	0.28 (0.02) ^b
B3	36	0.34 (0.02) ^a
Corte		[0.000261]
C1	36	0.32 (0.02) ^a
C2	36	0.26 (0.02) ^b
C3	36	0.32 (0.03) ^a
Total	108	0.3 (0.01)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2.3. Porcentaje de materia seca (%)

Para el porcentaje de materia seca, el factor de época presentó diferencias significativas ($p<0.05$). En la época lluviosa se obtuvo un promedio menor de 30.54 %, mientras que en la época seca se alcanzó el valor más alto con 36.29 %, evidenciando diferencias significativas entre sí. La época seca se registró un mayor porcentaje de materia seca, lo cual se explica, que en la etapa temprana de la planta contienen más agua y según avanzan la madurez aumentan el porcentaje de materia seca. De hecho, Arias et al. (2021) mencionan que las diferencias en el porcentaje de materia seca se deben a la edad de la planta, por ende, a mayor edad se obtiene más porcentaje de materia seca. Del mismo modo, durante la temporada de lluvias, las plantas absorben más agua y mantienen un alto contenido de humedad; en cambio, en la época seca, por falta de lluvias pierden esa humedad. Es así que Noli et al. (2006), en la estación experimental agraria Santa Ana - Huancayo del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, durante la época seca (mayo a agosto) a una altitud de 3,290 m s.n.m., encontraron porcentajes de materia seca de 30.18, 32.16 y 31.67 % en las variedades de California 55, WL Beacon y WL 625 de alfalfa, continuamente. En contrario, Enríquez (2002) obtuvo valores menores durante la época de lluvias, en una evaluación realizada en distintas etapas de crecimiento de alfalfa en Zurite, Anta, en la

Estación Experimental Andenes del INIA – Cusco, a 3,440 m s.n.m. Dicho estudio indicó que las variedades evaluadas no mostraron diferencias significativas entre sí, mientras que el porcentaje de materia seca aumentaba con la edad de la planta, alcanzando valores de 12.60, 15.97, 20.68 y 20.71 % a los 30, 60, 90 y 120 días, respectivamente.

Con respecto a las variedades y bloques, no se observaron efectos significativos ($p>0.05$). Los valores registrados fueron bastante similares de 33.71, 33.42 y 33.12 % para Alfamaster 10, Moapa 69 y Supersonic, respectivamente. Noli et al. (2012), a 3,600 m s.n.m. de altitud, reportaron que, en alfalfas con dormancia 4, las variedades California 55, WL Beacon y WL 625 Hq presentaron porcentajes mayores de 25.41 %, 22.31 % y 25.54 %, y las variedades con dormancia 9, como Joya, Rebound y AGP WL 350, alcanzaron valores menores de 24.16 %, 22.11 % y 23.82 %. Por su parte, Arias et al. (2021) en entorno de puna húmeda y seca obtuvieron 21.85, 18.63 y 21.02 % en las variedades WL 350, W 440 y Brown 6. Estos resultados fueron inferiores a los obtenidos en la presente investigación, lo cual puede atribuirse a que dichos estudios se realizaron a mayor altitud sobre el nivel del mar.

Finalmente, el factor corte presentó un efecto significativo ($p<0.05$), el C2 y C3 son estadísticamente similares y mayores que C1 (ver Tabla 16).

Tabla 16

Porcentaje de materia seca (%) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Porcentaje de materia seca (%)
Época		[0.002]
Lluviosa	54	30.54 (0.39) ^b
Seca	54	36.29 (0.25) ^a
Variedad		[0.385]
Alfamaster 10	36	33.71 (0.61)
Moapa 69	36	33.42 (0.68)
Supersonic	36	33.12 (0.58)
Bloque		[0.392]

B1	36	33.1 (0.58)
B2	36	33.46 (0.64)
B3	36	33.69 (0.66)
Corte		[0.0337]
C1	36	33.7 (0.79) ^a
C2	36	32.27 (0.6) ^b
C3	36	34.28 (0.37) ^a
Total	108	33.42 (0.36)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2.4. Materia seca de hojas (kg/m^2)

Para la materia seca de hojas, todos los factores mostraron un efecto significativo ($p<0.05$).

La época seca presentó estadísticamente mayor peso en las hojas, con 0.18 kg/m^2 , en comparación con la época lluviosa, que tuvo 0.15 kg/m^2 . Esto podría deberse a la aplicación de abonos orgánicos, tanto biofertilizantes suministrados en tiempos de estrés y sequía de la alfalfa, como a factores ambientales, entre otros. En tal sentido, Sánchez et al. (2019) afirman que, debido a una mayor interceptación de luz, las hojas de las plantas presentan mayores rendimientos, concluyendo además que la temperatura es un factor crucial para mejorar tanto la calidad como el rendimiento de las plantas. De hecho, Gaytán et al. (2019) obtuvieron la mayor producción en las hojas ($5,105 \text{ kg MS ha}^{-1}$) que, en los tallos, siendo este promedio de 2 a 3 años de establecimiento de alfalfa, en condiciones de Oaxaca, México, a una altitud de 1,530 m s.n.m., durante las estaciones de primavera y verano en un periodo de un año de evaluación.

De las variedades, Supersonic logró tener más peso con $0,18 \text{ kg/m}^2$, estadísticamente diferente de Alfamaster 10 y Moapa 69, con pesos de $0,16$ y $0,14 \text{ kg/m}^2$, respectivamente. Las diferencias entre variedades pueden relacionarse con su adaptación y la expresión genética, morfológica y fisiológica. Es fundamental señalar el porcentaje nutricional de las hojas; Rojas et

al. (2019b), a una altitud de 2,240 m s.n.m., encontraron que las hojas de alfalfa cosechadas cada 4 semanas durante el invierno tenían un contenido de proteína más alto, alcanzando un 38 %, mientras que, en verano con cosechas cada 6 semanas, el contenido disminuyó a 23.4 % en la variedad San Miguelito.

Respecto a los bloques, el B3 es mayor significativamente que B1 y B2. En los cortes, el C1 y C3 fueron iguales y mayores que C2 (ver Tabla 17).

Tabla 17

Materia seca de hojas (kg/m²) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Materia seca hojas (kg/m ²)
Época		[0.000181]
Lluviosa	54	0.15 (0.01) ^b
Seca	54	0.18 (0.01) ^a
Variedad		[0.000188]
Alfamaster 10	36	0.16 (0.01) ^b
Moapa 69	36	0.14 (0.01) ^b
Supersonic	36	0.18 (0.01) ^a
Bloque		[0.004489]
B1	36	0.15 (0.01) ^b
B2	36	0.15 (0.01) ^b
B3	36	0.18 (0.01) ^a
Corte		[0.016579]
C1	36	0.17 (0.01) ^a
C2	36	0.15 (0.01) ^b
C3	36	0.17 (0.01) ^{ab}
Total	108	0.16 (0.01)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2.5. Materia seca de tallos (kg/m²)

Del mismo modo, para la materia seca de tallos, todos los factores mostraron un efecto significativo ($p<0.05$). La época seca tuvo el mayor peso de tallos, con 0.16 kg/m², en comparación

con la época lluviosa, que tuvo 0.13 kg/m^2 . Gaytán et al. (2019), mencionado anteriormente, obtuvieron una menor producción en los tallos ($2,424 \text{ kg MS ha}^{-1}$) que las hojas, con un establecimiento de un año.

De las variedades, Supersonic sigue siendo superior y diferente a Alfamaster 10 y Moapa 69, con valores de 0.16 , 0.14 y 0.12 kg/m^2 , continuamente. De la misma manera, estas diferencias se relacionan con lo mencionado anteriormente, ya que las condiciones de suelo tienen gran influencia. Incluso Recharte (2002) señala que, durante la época seca, el rendimiento del tallo con abonamiento orgánico es inferior al de la hoja; además, establece que las variedades Prince, WL-318 Ranger y Moapa presentaron un mayor rendimiento en el tallo, aunque sigue siendo inferior al rendimiento alcanzado por la hoja.

De acuerdo con Ventroni et al. (2010) indican que la temperatura y la humedad del suelo son los principales factores climáticos que afectan la densidad y el peso de los tallos, los cuales están estrechamente vinculados a las condiciones ambientales. Cuando estas condiciones son favorables, la producción de tallos se mantiene constante y la generación de biomasa aumenta.

Con respecto de los bloques y cortes, el B3 es mayor significativamente que B1 y B2, en los cortes, el C1 y C3 presentan valores similares y mayores que C2 (ver Tabla 18).

Tabla 18

Materia seca de tallos (kg/m^2) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Materia seca de tallos (kg/m^2)
Época		[0.000101]
Lluviosa	54	$0.13 (0.01)^b$
Seca	54	$0.16 (0.01)^a$
Variedad		[0.000114]
Alfamaster 10	36	$0.14 (0.01)^b$
Moapa 69	36	$0.12 (0.01)^b$
Supersonic	36	$0.16 (0.01)^a$
Bloque		[0.000462]

B1	36	0.13 (0.01) ^b
B2	36	0.13 (0.01) ^b
B3	36	0.16 (0.01) ^a
Corte		[0.00000526]
C1	36	0.15 (0.01) ^a
C2	36	0.11 (0.01) ^b
C3	36	0.16 (0.01) ^a
Total	108	0.14 (0.01)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2.6. Rendimiento (kg MS/ha)

Para el rendimiento en kg MS/ha, se muestra que todos los factores tuvieron un efecto significativo ($p<0.05$). En tal caso, durante la época seca el rendimiento fue de 3,320.11 kg MS/ha, y es significativamente mayor que en la época lluviosa, que fue de 2,709.54 kg MS/ha.

El mayor rendimiento en la época seca podría estar relacionado con los días de corte, la edad, el manejo aplicado, las condiciones climáticas y otros factores. Del mismo modo, Villegas et al. (2004) señalan que el rendimiento depende de la frecuencia e intensidad del corte por época del año. Esto sugiere que, en cualquier variedad instalada en un lugar específico, el tiempo de recuperación después del corte en las diferentes épocas del año es el factor clave que influye tanto en el rendimiento como en la proporción de sus componentes.

De las variedades, Supersonic logró el mayor rendimiento con 3,455.32 kg MS/ha y es significativamente diferente de Alfamaster 10 y Moapa 69, que alcanzaron producciones de 2,953.01 y 2,636.15 kg MS/ha, respectivamente. Nuestro estudio mostró un mayor rendimiento en comparación con las evaluaciones de Tingal (2015), realizadas en la Estación Experimental INIA, Baños del Inca – Cajamarca, a una altura de 2,667 m s.n.m., con rendimientos de 2,580, 2,720, 2,610, 2,280 y 2,550 kg MS/ha. Igualmente, reportaron rendimientos en peso fresco de 14,820,

14,340, 15,320, 14,000, 12,830 y 14,560 kg MV/ha para las variedades Rebound, WL-625-HQ, 440, WL-350-HQ y WL-330-HQ, consecutivamente.

Por parte de Cubas (2021) realizó un estudio en dos localidades con dos pisos altitudinales de la Provincia de Santa Cruz - Cajamarca. El piso 1 estuvo entre 2,300 y 2,800 m s.n.m., y el piso 2 entre 2,801 y 3,300 m s.n.m. En piso 1, el rendimiento de forraje verde fue de 61,450.6 kg/ha/año y 10,241.8 kg/ha/corte. En piso 2 fue de 24,833.3 kg/ha/año y 8,277.8 kg/ha/corte. Asimismo, el rendimiento de materia seca en piso 1 fue de 10,439.4 kg/ha/año y 1,739.9 kg/ha/corte; en piso 2 fue de 6,116.3 kg/ha/año y 2,038.8 kg/ha/corte. Esta comparación contribuye a comprender mejor cómo la variabilidad altitudinal puede afectar los rendimientos en estudios agronómicos.

De los bloques, el B3 fue mayor que B2 y B1. De los cortes, el C1 y C3 fueron mayores significativamente que C2 (ver Tabla 19).

Tabla 19

Rendimiento (kg/ha) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Rendimiento (kg MS/ha)
Época		[0.0000632]
Lluviosa	54	2709.54 (179.25) ^b
Seca	54	3320.11 (159.5) ^a
Variedad		[0.0000643]
Alfamaster 10	36	2953.01 (236.7) ^b
Moapa 69	36	2636.15 (208.69) ^b
Supersonic	36	3455.32 (171.56) ^a
Bloque		[0.000826]
B1	36	2799.95 (204.27) ^b
B2	36	2826.37 (229.33) ^b
B3	36	3418.16 (193.55) ^a
Corte		[0.000261]
C1	36	3241.55 (200.19) ^a
C2	36	2577.16 (150.77) ^b
C3	36	3225.77 (260.27) ^a
Total	108	3014.83 (123)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2.7. Área foliar (m^2)

Para el área foliar, todos los factores mostraron efecto significativo ($p<0.05$). La época seca presentó un valor estadísticamente mayor con $3.97\ m^2$, que la época lluviosa de $3.39\ m^2$. Con respecto a las variedades, Supersonic alcanzó la mejor área foliar, con $4.12\ m^2$, esto indica que tiene una mayor capacidad para captar la luz solar. Alfamaster 10 y Moapa 69, con 3.59 y $3.18\ m^2$, son diferentes y menores que Supersonic, pero similares entre sí. En cuanto a los bloques, el B3 fue mayor que B1 y B2. En los cortes, el C1 fue mayor que C2, y el C3 tiene un promedio intermedio (ver Tabla 20).

Para este parámetro no se encontraron valores de área foliar expresados en m^2 en algunos estudios. Sin embargo, algunas fuentes, como Pérez et al. (2002), señalan que el área foliar es uno de los parámetros más importantes que influyen en el crecimiento de las especies forrajeras, debido a su estrecha relación con la actividad fotosintética. Por ende, concluyen que varían según la intensidad de la luz y la época del año, y que las especies que requieren mayor cantidad de luz tienden a tener un área foliar más amplia, así como mayores concentraciones de proteína en sus hojas.

Por otra parte, Sánchez et al. (2019) evaluaron el índice de área foliar (m^2), encontrando diferencias significativas entre las estaciones del año en cinco variedades de alfalfa (Aragón, Valenciana, Chipilo, Milenia y Oaxaca). El orden descendente fue: verano (5.7), primavera (5), otoño (4.2) e invierno (2.4). Además, mencionan que estos resultados están estrechamente vinculados a la tasa de crecimiento, las horas de luz presentes en cada estación y las temperaturas registradas.

Tabla 20*Área foliar (m²) de la alfalfa por época y variedad*

Factor	N	Área foliar (m ²)
Época		[0.000187]
Lluviosa	54	3.29 (0.21) ^b
Seca	54	3.97 (0.17) ^a
Variedad		[0.000187]
Alfamaster 10	36	3.59 (0.25) ^b
Moapa 69	36	3.18 (0.23) ^b
Supersonic	36	4.12 (0.2) ^a
Bloque		[0.004476]
B1	36	3.43 (0.22) ^b
B2	36	3.41 (0.25) ^b
B3	36	4.05 (0.22) ^a
Corte		[0.016463]
C1	36	3.87 (0.23) ^a
C2	36	3.27 (0.19) ^b
C3	36	3.75 (0.28) ^{ab}
Total	108	3.63 (0.14)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

6.2.8. Relación hoja/tallo (kg/kg)

Para la relación hoja/tallo, se muestra que el factor época no tuvo efecto significativo ($p>0.05$), presentando valores de relación de 1.25 y 1.21 en época lluviosa y seca, respectivamente. Rojas et al. (2017) encontraron una mayor relación hoja/tallo en la estación de invierno (1.52) y otoño (1.46), comparado con primavera (0.94) y verano (0.92). Asimismo, Álvarez et al. (2023) estudiaron, en condiciones de clima templado seco y a una altitud de 1,783 m s.n.m., en el sureste de Coahuila, México, la variedad de alfalfa Premium a diferentes edades de rebrote. Reportaron que la relación hoja/tallo en una cosecha con un ciclo de rebrote de 28 días fue de 1.1 en primavera,

0.7 en verano, 0.8 en otoño y 1.4 en invierno; mientras que en una cosecha con ciclo de rebrote de 56 días resultaron 0.8 en primavera, 0.6 en verano, 0.6 en otoño y 1.1 en invierno.

Las variedades, bloques y cortes tuvieron efecto significativo ($p<0.05$). De estas, la variedad Alfamaster 10 tiene la mejor relación hoja/tallo de 1.3, y es significativamente diferente de Supersonic, con 1.15, pero no de Moapa 69, con 1.26. Oñate (2019) obtuvo resultados ligeramente menores que los de nuestra investigación, con 1.23, 1.20 y 1.12 para las variedades Abunda Verde, Cuf 101 y Sw 8210 a los 45 días de corte. Del mismo modo, indica que las diferencias significativas entre variedades probablemente se deban a las características genéticas de cada variedad, sus aspectos agro botánicos y estadio fenológico. Además, las hojas de la alfalfa son el componente de la planta con el mayor valor nutritivo y el mayor potencial de consumo en el momento de la cosecha. Por lo tanto, la calidad de esta especie forrajera puede optimizarse mediante el uso de cultivares que produzcan una mayor cantidad de hojas.

Por su lado, Romero et al. (2002) reportan en las variedades Gala, DK 180, Victoria y Monarca que la relación hoja/tallo tendió a disminuir conforme avanzaba la edad de la planta. En la etapa temprana de la alfalfa fueron 1.39, 1.42, 1.48 y 1.45; en edad media obtuvieron 0.9, 0.97, 1.03 y 1.02; y en edad tardía 0.48, 0.47, 0.56 y 0.50, continuamente. Estos resultados concuerdan con los mencionados por Lamb y Hans (2014), quienes encontraron que la relación hoja/tallo era más alta en junio, al inicio del verano, lo cual vincularon con la edad temprana del rebrote. Además, señalaron que esta relación era menor durante las fases tardías de la floración y mayor en la edad temprana.

De los bloques, el B1 es superior significativamente de B3, aunque no de B2. De los cortes el C2 es estadísticamente diferente de C1, el C3 tiene el valor intermedio (ver Tabla 21).

Tabla 21

Relación de hoja/tallo (kg/kg) de la alfalfa por época y variedad

Factor	N	Relación hoja/tallo (kg/kg)
Época		[0.3205]
Lluviosa	54	1.25 (0.03)
Seca	54	1.21 (0.04)
Variedad		[0.0113]
Alfamaster 10	36	1.3 (0.04) ^a
Moapa 69	36	1.26 (0.05) ^{ab}
Supersonic	36	1.15 (0.03) ^b
Bloque		[0.01]
B1	36	1.3 (0.05) ^a
B2	36	1.25 (0.04) ^{ab}
B3	36	1.15 (0.03) ^b
Corte		[0.0163]
C1	36	1.18 (0.04) ^b
C2	36	1.32 (0.03) ^a
C3	36	1.2 (0.05) ^{ab}
Total	108	1.23 (0.02)

Los p-valores [números entre corchetes] señalan la significancia de la época, variedad, bloque y corte, en relación con los variables analizados.

Error estándar o desviación estándar (números entre paréntesis).

^{a,b} diferencias significativas ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

VII. CONCLUSIONES

De toda la información recabada y analizada en los resultados, la investigación concluye con lo siguiente:

1. En las características morfológicas, la raíz alcanzó a 2.03 metros en 1 año y 11 meses de edad en promedio, en donde la variedad T3=Supersonic presentó mayor desarrollo radicular. La variedad T2=Alfamaster 10 sobresalió en la altura de planta, tasa de crecimiento y ratio hoja:tallo. Asimismo, la época lluviosa favoreció la tasa de crecimiento y el diámetro de tallo, mientras que en la época seca incrementó el número de hojas/planta y la ratio. El número de tallos/planta fueron similares estadísticamente.
2. En cuanto a las características agronómicas, Supersonic registró los valores más altos en materia verde, materia seca, materia seca de hojas y tallos, así como el rendimiento y el área foliar. La época seca potenció estos parámetros y el porcentaje de materia seca, en comparación de la época lluviosa.
3. En la relación hoja/tallo la época no influyó, aunque sí tuvo diferencias significativas entre variedades, donde el Alfamaster 10 obtuvo la mejor relación de 1.30, lo que sugiere una mayor calidad forrajera.

En síntesis, en las características morfológicas, ambas épocas mostraron un comportamiento similar; sin embargo, en las agronómicas la época seca evidenció mayor producción, considerando los días de corte y las condiciones agroclimáticas de Andahuaylas. Entre variedades, sobresalió la variedad Supersonic, seguida por Alfamaster 10, pero ambos mostraron superioridad ante T1=Moapa 69.

VIII. RECOMENDACIONES

La experiencia de ejecución del presente estudio nos permite proponer las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda realizar investigaciones de pastos asociados (alfalfa, achicoria, raygras y otros) bajo las condiciones de fundo Choccepuquio.
2. Recomendamos evaluar la frecuencia de corte o calendarización de acuerdo a su velocidad de crecimiento de la alfalfa, en épocas de lluvia y seca.
3. Se recomienda realizar un análisis exhaustivo del sistema radicular de la alfalfa (nodulación, peso de raíz, materia seca de raíz, diámetro de raíz).
4. Recomendamos evaluar la incidencia de plagas y enfermedades en las dos épocas del año.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achá Molina, N. & Camacho Marquez, E. (2022). Evaluación del comportamiento y rendimiento de cultivares de alfalfa, con relación a la precipitación en el Fundo Universitario “La Violeta”. Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” (CIF-UMSS). *Forrajes y Semillas Forrajeras, 13.*
- Aguilar Quintana, E. D. (2017). Producción de biomasa forrajera de variedades o eco tipos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el sector humedales del distrito de Salas - Lambayeque. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [Tesis para optar título profesional].
- AgroBesser. (2023). Alfalfa Moapa 69 25kg, semillas de alfalfa siembra en climas fríos, AGP. <https://agrobesser.com/semillas/alfalfa-moapa-69-25kg-semillas-de-alfalfa-siembra-en-climas-frios-agp-626.html>.
- Alarcón, A. M., & Berrú, E. (2019). Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento y composición química. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [Tesis para optar título profesional].
- Álvarez Vázquez, P., Peña Ramos, F. M., García López, J. I., Hernández Guzmán, F. J., Camposeco Montejo, N., Martínez Martínez, R., & Juanes Márquez, S. (2023). Rendimiento de forraje estacional de alfalfa a diferentes edades de rebrote en el sureste de Coahuila. *Revista Fitotecnia Mexicana, 46(4-A)*, 505-505.
- Argote Quispe, G., Halanoca, M., & Cabrera, P. (2004). Comparativo y adaptación de variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en el altiplano de Puno.
- Arias, A. A., Cruz, L. J., Pantoja, A. C., Lopez, R. M., Bermúdez, A. W. & Morales, S. E. (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.
- Arias, A. A. G. (2015). Estudio de la fenología, rendimiento forrajero, y valor nutritivo de dos variedades de avena (Mantaro 15 y Criolla) en los C.E Casaracra y Alpaicayan - Papana y Huayllay. Cerro de Pasco Perú. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. [Tesis para optar título profesional].
- Avci, M. A., Ozkose, A. & Tamkoc, A. (2013). Determination of Yield and Quality Characteristics of Alfalfa (*Medicago sativa L.*) Varieties Grown in Different Locations. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12 (4), 487-490.
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Mertens, D. A., Olson, K. E., & Wolf, M. W. (2001). Understand the quality of the forage. *American Farm Bureau Federation Publication*, 1(01), 1-15.
- Barrientos, H., Castillo, R., & García, M. (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2 (1), 4-8.
- Bell, L. W. (2005). Relative growth rate, resource allocation and root morphology in the perennial legumes, *Medicago sativa*, *Dorycnium rectum* and *D. hirsutum* grown under controlled conditions. *Plant and Soil*, 270, 199-211.
- Bono, A. & Alvarez, R. (2012). Fertilización en pasturas asociadas con alfalfa en la región semiárida y subhúmeda pampeana.
- Capacho Mogollón, A. E., Flórez Delgado, D. F., & Hoyos Patiño, J. F. (2018). Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 15(1), 61-67.

Catálogo - AGP. (2019). Forraje y hortalizas. Obtenido de In AGP semillas. Obtenido en:

<https://www.agpsac.com/>

Chen, J. S, Tang, F. L, Zhu, R. F, Gao, C., Di, G. L & Zhang, Y. X. (2012). Effects of cutting frequency on alfalfa yield and yield components in Songnen Plain, Northeast China. *Megazine African Journal of Biotechnology*, 11 (21), 4782-4790.

Contreras, J. L., Cordero, A. G., Curasma, J., Thimothée, J. A., & Del Solar, J. M. (2019). Influencia ambiental sobre el valor nutritivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en los andes peruanos. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 9(1), 7-14.

Cornacchione, M. (2003). Alfalfa, crecimiento y manejo para un uso eficiente como integrante de la cadena forrajera de los sistemas ganaderos locales. INTA. Argentina.

Cubas Leiva, M. B. (2021). Evaluación de la composición química y comportamiento productivo de seis variedades de alfalfa (*Medicago Sativa* L.) en dos pisos altitudinales en la provincia de Santa Cruz-Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. [Tesis para optar título profesional].

Dammer Bustamante, M. D. C. (2006). "Adaptación de cuatro variedades de Alfalfa" *Medicago Sativa* en la zona de Cananvalle - Tabacundo, Cayambe - Ecuador 2004. *La Granja*, 5(1), 11-19.

Delgado Posadas, K. D. M. (2019). Biomasa forrajera y composición química de la alfalfa (*Medicago sativa*), variedad Monsefú con tres tipos de fertilización en Lambayeque. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [Tesis para optar título profesional].

Diaz Zorita, M., Gambaudo S., & Quiroga A. R. (2022). Fertilización y encalado en alfalfa. *Investigación, producción e industrialización de la alfalfa en Argentina. Compilator: Daniel H. Basigalup, Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina*, 14-35.

- Enriquez Espinoza, L. F. (2002). Evaluación productiva y del valor nutritivo de cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sp.*) en diferentes periodos de crecimiento durante la época de lluvias en Zurite - Anta. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. [Tesis para optar título profesional].
- Flores Delgado, D. F. (2015). La alfalfa (*Medicago sativa*): origen, manejo y producción. *Conexión Agropecuaria JDC*, 5(1), 27-43.
- Gaytán Valencia, J. A., Castro Rivera, R., Villegas Aparicio, &., Aguilar Benítez, G., Solís Oba, M. M., Carrillo Rodríguez, J. C., & Negrete Sánchez, L. O. (2019). Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10 (2), 353-366.
- Guano, M. J. (2023). Evaluación de las características morfológicas e índices de crecimiento de dos variedades de alfalfa. Universidad De Las Fuerzas Armadas. [Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria]
- Gómez Villalva, J. C., Salinas Lozada, C., Mendoza Hidalgo, E., & Vasconez Galarza, G. (2022). Germinación de la alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales. *Investigación e Innovación*, 7(3), 41–50.
- Hoyos, P., Gracia, O. & Torres, M. (1996). Capacitación tecnológica de producción de pastos. *Manejo y utilización de pasturas en Colombia. CIAT*.
- INASE - Instituto Nacional de Semillas, (2019). Catálogo Nacional de Cultivares. Obtenido en: <https://gestion.inase.gov.ar/consultaGestion/gestiones>
- ITIS - Sistema integrado de información taxonómica. (2019). *Medicago sativa L. Taxonomy and Nomenclature*.

- IV CENAGRO, (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Atlas agropecuario (INEI). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido en: www.inei.gob.pe
- Lamb, J. F., Jung, H. J. G., & Riday, H. (2014). Growing environment, crop management and germplasm impact on potential ethanol and crude protein yield in alfalfa. *Biomass and Bioenergy*, 63, 114-125.
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas. Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Luna Guerrero, M. J., López Castañeda, C., Hernández Garay, A., Martínez Hernández, P. A., & Ortega Cerrilla, M. E. (2018). Evaluación del rendimiento de materia seca y sus componentes en germoplasma de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9 (3), 486-505.
- Mamani B., R. E. (2016). Efecto de la frecuencia y altura de corte en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos tipos de suelo en Coata - Puno. Universidad Nacional del Altiplano. [Tesis para optar al título profesional].
- Marín Saldada, M. E. (2019). Rendimiento y composición química de cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en Cajamarca.
- Martel García, R. (2023). Resistencia de cinco variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) al estrés hídrico en condiciones de Canchan, 2022. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huanuco. [Tesis para optar al título profesional].
- Mato Chávez, E. N., & Mato Chávez, K. (2022). Efecto de la frecuencia y altura de corte en el rendimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad moapa en condiciones agroecológicas de Obas, Yarowilca 2020. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huanuco. [Tesis para optar al título profesional].

- Mendoza, P. (2020). Alfalfa Abunda Verde Morada. Agroscopio. Obtenido de <https://agroscopio.com/producto/alfalfa-abunda-verde>
- morada/#:~:text=ABUNDA%20VERDE%3A%20Variedad%20muy%20precoz,Desarrollada%20principalmente%20para%20pastoreo%20continuo
- MINAM - Ministerio Del Ambiente. (2019). *Línea de base de la alfalfa con fines de bioseguridad en el Perú*. <http://tropicos.org>.
- Montes Cruz, F. J., Rivera, R. C., Benítez, G. A., & Rivera, J. R. A. (2015). Análisis de la alfalfa comercializada en Zaachila Oaxaca y su relación con el rendimiento y la calidad. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2 (2), 62-74.
- Murua, N. (1997). La alfalfa (*Medicago sativa* L.) sus principales plagas y enfermedades. *Monografía, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro*.
- Nesic, Z., Tomic, Z., Zujović, M., & Krnjaja, V. (2005). Production characteristics of domestic alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in agroecological conditions of Srem district. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 21(5-6-2), 169-174.
- Noli Hinostroza, E. C., Bojorquez C. R. & Ordoñez Flores, J. H. (2006). *Caracterización del cultivo de alfalfa con dormancia 9 en época seca en la sierra central del Perú*.
- Noli Hinostroza, E. C. (1999). Influencia del estiércol en el establecimiento de pasturas.
- Noli Hinostroza, E. C., Olivera, E., Nestares Palomino, A., & Portocarrero, M. (2012). Caracterización agronómica al establecimiento de pastos cultivados en las comunidades de los Chopccas en la región Huancavelica.
- Oñate Viteri, W. V. (2019). Fenología, composición química y manejo de la variedad de alfalfa en el Cantón Riobamba. Universidad Nacional Agraria La Molina. [Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae en Ciencia Animal].

- Oñate Viteri, W., & 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.
- Pérez Bribiesca, M. T., Hernández Garay, A., Pérez Pérez, J., Herrera Haro, J. G., & Barcela Gama, R. (2002). Respuesta productiva y dinámica de rebrote del *Ballico perenne* a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México*, 40(3), 251-263.
- Ponce, M. A. (2011). Producción de forraje: Estado de desarrollo de alfalfas con distinto grado de reposo, (Vol. 1). Eduyvim.
- Pozo Ibañez, M. (1977). La Alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. Madrid: Mundi-Prensa.
- Prensa Agrícola. (2020). Obtenido de <https://prensaagricola.cl/comprobado-la-alfalfa-es-resistente-al-deficit-hidrico/>
- Ramos Ulate, C. M., Pérez Álvarez, S., Guerrero Morales, S., & Palacios Monarrez, A. (2021). Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (*Medicago sativa* L.) como alternativas para un cultivo sustentable. *Cultivos Tropicales*, 42(2).
- Rebuffo, M., Risso, D. F., & Restaino, E. (2000). Tecnología en alfalfa. Instituto Nacional de Innovación Agraria. *Boletín de Divulgación*, (69).
- Recharte, J. C. (2002). Determinación de la calidad y rendimiento en diferentes momentos de corte en 7 variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) con abonamiento orgánico en época seca. [Tesis para optar al título profesional].
- Rivas Jacobo, M. A., López Castañeda, C., Hernández Garay, A., & Pérez Pérez, J. (2005). Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica pecuaria en México*, 43(1), 79-92.

- Robinson, R., Putnam, L. & Depeters. S. (2007). Fundamentos de la alfalfa calidad. *37º Simposio de Alfalfa y Forrajes de California.*
- Rodríguez, N. E., & del Carmen Spada, M. (2007). Morfología de la alfalfa. *Investigación, producción e industrialización de la alfalfa en Argentina*, 36.
- Rojas García, A. R., Torres Salado, N., Joaquín Cancino, S., Hernández Garay, A., Maldonado Peralta, M. Á., & Sánchez Santillán, P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia*, 51(7), 697-708.
- Rojas García, A. R., Torres Salado, N., Maldonado Peralta, M. Á., Herrera Pérez, J., Sánchez Santillán, P., Cruz Hernández, A., Mayren Mendoza, F. J. & Hernández Garay, A. (2019a). Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10 (1), 239-253.
- Rojas García, A. R., Mendoza Pedroza, S. I., Maldonado Peralta, M. D. L. A., Álvarez Vázquez, P., Torres Salado, N., Cruz Hernández, A., Vaquera Huerta H. & Joaquín Cancino, S. (2019b). Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 849-858.
- Romero, L. A., Aronna, M. S & Cuatrín, A. L. (2002). Producción estacional de forraje y relación hoja-tallo de alfalfas multifoliadas. Consultado en: http://www. Inta. gobierno. ar/rafaela/info/documentos/anuario2002/a2002_p3. htm el día, 14.
- Sánchez Gutiérrez, R. A., Servin Palestina, M., Gutiérrez Bañuelos, H., & Serna Pérez, A. (2017). Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 429-435.
- Sánchez Santillán, P., Maldonado Peralta, M. Á., Rojas García, A. R., Torres Salado, N., Herrera Pérez, J., Bottini Luzardo, M. B. & Quero Carrillo, A. R. (2019). Productividad de

- variedades de alfalfa en el Valle de México. *Acta universitaria*, 29. Obtenido en: <http://doi.org/10.15174.au.2019.2202>.
- Santana, A. (2009). Rendimiento de Forraje en Ocho Variedades de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Dos Pisos Ecológicos del Departamento de Ayacucho. Universidad Nacional De San Cristobal De Huamanga. [Tesis para optar al título profesional].
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2012). Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco. *Informe final de investigación del estudio disciplinario birregional realizado*.
- Soplin, D. (2021). Características agronómicas y valor nutricional de cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo densidades de siembra. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. [Tesis para optar al título profesional].
- Soriano, S. (2003). Importancia del Cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Estado de Baja California Sur. *Monografía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*.
- Suel, L. L. (2008). Organización Territorial Optima de la Provincia de Andahuaylas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Tesis para optar título profesional].
- Sulca Quispe, A. (2015). Producción en forraje de cinco variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Ticllas A 2395 msnm - Ayacucho. Universidad Nacional De San Cristobal De Huamanga. [Tesis para optar al título profesional].
- Suttie, J. M. (2003). Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles.
- Timana, N. (2015). Efectos de la fertilización química-orgánica en el rendimiento de dos variedades de Alfalfa (*Medicago sativa* L.), en la comunidad de Calpaquí, provincia de Imbabura. Universidad Técnica De Babahoyo. [Tesis para optar al título profesional].

- Tingal Huatay J. (2015). Evaluación de leguminosas en la región de Cajamarca – Baños del inca. Universidad Nacional de Cajamarca. [Tesis para optar al título profesional].
- Toledano, B. I. S., Domínguez, J. A. Z., Rodríguez, A. F. R., & López, G. M. (2013). Estructura económica competitiva del sector agropecuario de Zacatecas: un análisis por agrocadenas. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33, 552-563.
- Urbano, D., & Dávila, C. (2003). Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(1), 97-107.
- Ventroni, L. M., Volenec, J. J. y Cangiano, C. A. (2010). Impacto de la latencia otoñal y la frecuencia de corte en el rendimiento de la alfalfa y sus componentes. *Field Crops Research*, 119 (2-3), 252-259.
- Vera Zayas, J. A. (2022). Análisis de crecimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el Sureste de Coahuila, México, en la estación de primavera, en condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [Tesis para optar al título profesional].
- Villegas Aparicio, Y., Hernández Garay, A., Pérez Pérez, J., López Castañeda, C., Herrera Haro, J. G., Enriquez Quiroz, J. F., & Gómez Vázquez, A. (2004). Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica pecuaria en México*, 42(2), 145-158.

X. ANEXOS

Anexo A. Estadísticos descriptivos y resultados de comparación de medias

A1. Características morfológicas de la alfalfa

a. Longitud de raíz (m)

group1	N	Mean	sd	median	min	max	range	se	Tukey
Variedad									
Alfamaster 10	8	2.01	0.34	1.99	1.65	2.5	0.85	0.12	ab
Moapa 69	8	1.84	0.4	1.62	1.42	2.47	1.05	0.14	b
Supersonic	8	2.22	0.33	2.13	1.7	2.72	1.02	0.12	a
Época									
Lluviosa	12	1.82	0.3	1.7	1.42	2.5	1.08	0.09	b
Seca	12	2.24	0.33	2.26	1.55	2.72	1.17	0.1	a
Total	24	2.03	0.38	2.11	1.42	2.72	1.3	0.08	

b. Altura de la planta (cm)

group1	N	Mean	sd	Median	min	max	range	se	Tukey
Época									
Lluviosa	108	40.16	13.02	39.15	16.5	72.7	56.2	1.25	
Seca	108	42.52	13.09	38.65	23.5	75.6	52.1	1.26	
Variedad									
Alfamaster 10	72	46.17	13.52	44.65	21.5	74.8	53.3	1.59	a
Moapa 69	72	38.42	13.06	36.5	16.5	75.6	59.1	1.54	b
Supersonic	72	39.44	11.34	37.2	21	61.4	40.4	1.34	b
Bloque									
B1	72	46.97	11.81	45.8	23.6	75.6	52	1.39	a
B2	72	37.11	11.79	34.25	16.5	64.4	47.9	1.39	b
B3	72	39.96	13.68	38.25	17.6	74.8	57.2	1.61	b
Corte									
C1	72	45.59	11.85	45.65	23.5	71.4	47.9	1.4	a
C2	72	34.15	9.35	33.2	16.5	61	44.5	1.1	b
C3	72	44.29	14.51	42.9	17.6	75.6	58	1.71	a
Total	216	41.34	13.08	38.9	16.5	75.6	59.1	0.89	

c. Tasa de crecimiento (cm/día)

Alfamaster 10	72	1.19	0.46	1.08	0.55	2.18	1.63	0.05	a
Moapa 69	72	1	0.43	0.82	0.42	2.12	1.71	0.05	b
Supersonic	72	1.04	0.46	0.93	0.48	2.18	1.7	0.05	b
Bloque									
B1	72	1.22	0.44	1.12	0.56	2.18	1.62	0.05	a
B2	72	0.98	0.45	0.78	0.52	2.18	1.66	0.05	b
B3	72	1.04	0.44	0.92	0.42	2.12	1.71	0.05	b
Corte									
C1	72	1.32	0.57	1.25	0.48	2.18	1.7	0.07	a
C2	72	0.95	0.37	0.83	0.51	2.18	1.67	0.04	b
C3	72	0.97	0.29	0.92	0.42	1.73	1.31	0.03	b
Total	216	1.08	0.46	0.94	0.42	2.18	1.76	0.03	

d. Número de tallos/planta (n)

group1	N	mean	sd	median	Min	max	Range	Se	Tukey
Época									
Lluviosa	108	20.18	8.6	18	6	43	37	0.83	Ns
Seca	108	22.02	9.4	20.5	5	43	38	0.9	
Variedad									
Alfamaster 10	72	21.82	9.16	20	6	43	37	1.08	
Moapa 69	72	21.51	10.05	19.5	5	43	38	1.18	
Supersonic	72	19.96	7.78	19	5	41	36	0.92	
Bloque									
B1	72	21.03	9.78	18.5	6	43	37	1.15	
B2	72	21.92	9.04	20	5	41	36	1.07	
B3	72	20.35	8.29	19.5	5	41	36	0.98	
Corte									
C1	72	20.24	9.7	18	5	43	38	1.14	
C2	72	22.21	8.22	21.5	5	43	38	0.97	
C3	72	20.85	9.15	18	7	41	34	1.08	
Total	216	21.1	9.04	20	5	43	38	0.62	

e. Número de hojas/planta (n)

group1	N	mean	sd	median	min	max	Range	se	Tukey
Época									
Lluviosa	108	819.4	469.3	775.5	126	2378	2252	45.16	b
Seca	108	1158.86	665.1	1016	70	2436	2366	64	a
Variedad									
Alfamaster 10	72	1074.12	611	882	210	2405	2195	72	
Moapa 69	72	1011.68	666.5	935	120	2436	2316	78.54	

Supersonic	72	881.58	499.3	809	70	2378	2308	58.84
Bloque								
B1	72	982.42	626.6	826.5	126	2436	2310	73.84
B2	72	1039.79	602.6	923	70	2412	2342	71.02
B3	72	945.18	570.9	881	120	2378	2258	67.29
Corte								
C1	72	963.83	563.1	861	126	2436	2310	66.37
C2	72	879.11	458.3	829	70	2240	2170	54.01
C3	72	1124.44	726.4	905.5	156	2412	2256	85.61
Total	216	989.13	598.9	866	70	2436	2366	40.75

f. Diámetro de tallo (mm)

group1	N	mean	sd	median	min	max	range	Se	Tukey
Época									
Lluviosa	108	2.93	0.57	2.92	1.58	4.24	2.66	0.06	a
Seca	108	2.75	0.66	2.71	1.52	4.37	2.85	0.06	b
Variedad									
Alfamaster 10	72	2.86	0.58	2.92	1.65	4.21	2.56	0.07	
Moapa 69	72	2.71	0.6	2.84	1.57	4.24	2.67	0.07	
Supersonic	72	2.94	0.67	2.96	1.52	4.37	2.85	0.08	
Bloque									
B1	72	2.91	0.52	2.88	1.65	3.97	2.32	0.06	
B2	72	2.83	0.56	2.88	1.76	4.2	2.44	0.07	
B3	72	2.77	0.77	2.81	1.52	4.37	2.85	0.09	
Corte									
C1	72	2.74	0.69	2.73	1.52	4.24	2.72	0.08	
C2	72	2.84	0.53	2.79	1.64	4.37	2.73	0.06	
C3	72	2.93	0.63	2.96	1.57	4.31	2.74	0.07	
Total	216	2.84	0.62	2.87	1.52	4.37	2.85	0.04	

g. Ratio hoja:tallo (n/n)

B1	72	44.46	14.47	42.5	19	87	68	1.71	
B2	72	46.89	17.31	47	10	89	79	2.04	
B3	72	44.58	16.25	43	13	87	74	1.91	
Corte									
C1	72	47.4	16.07	46	17	87	70	1.89	a
C2	72	38.74	12.9	37	10	78	68	1.52	b
C3	72	49.79	16.84	50.5	13	89	76	1.98	a
Total	216	45.31	16.02	44	10	89	79	1.09	

A2. Características agronómicas de la alfalfa

a. Materia verde (kg/m²)

group1	N	mean	Sd	median	min	max	range	Se	Tukey
Época									
Lluviosa	54	0.91	0.46	0.85	0.24	1.92	1.67	0.06	
Seca	54	0.92	0.35	0.88	0.4	1.7	1.31	0.05	
Variedad									
Alfamaster 10	36	0.89	0.44	0.79	0.35	1.89	1.54	0.07	b
Moapa 69	36	0.81	0.41	0.82	0.24	1.89	1.64	0.07	b
Supersonic	36	1.05	0.33	0.96	0.6	1.92	1.31	0.05	a
Bloque									
B1	36	0.86	0.41	0.8	0.26	1.89	1.63	0.07	b
B2	36	0.85	0.43	0.83	0.24	1.92	1.67	0.07	b
B3	36	1.03	0.37	0.95	0.48	1.89	1.4	0.06	a
Corte									
C1	36	1.01	0.47	0.88	0.4	1.92	1.52	0.08	a
C2	36	0.8	0.26	0.82	0.26	1.28	1.03	0.04	b
C3	36	0.94	0.44	0.93	0.24	1.7	1.46	0.07	a
Total	108	0.91	0.41	0.86	0.24	1.92	1.67	0.04	

b. Materia seca (kg/m²)

group1	N	mean	Sd	median	min	max	Range	Se	Tukey
Época									
Lluviosa	54	0.27	0.13	0.25	0.08	0.56	0.48	0.02	b
Seca	54	0.33	0.12	0.32	0.15	0.58	0.43	0.02	a
Variedad									
Alfamaster 10	36	0.3	0.14	0.29	0.1	0.58	0.48	0.02	b
Moapa 69	36	0.26	0.13	0.25	0.08	0.54	0.46	0.02	b
Supersonic	36	0.35	0.1	0.32	0.19	0.58	0.39	0.02	a
Bloque									
B1	36	0.28	0.12	0.28	0.08	0.54	0.46	0.02	b

B2	36	0.28	0.14	0.28	0.08	0.58	0.5	0.02	b
B3	36	0.34	0.12	0.33	0.16	0.58	0.42	0.02	a
Corte									
C1	36	0.32	0.12	0.32	0.15	0.56	0.42	0.02	a
C2	36	0.26	0.09	0.27	0.08	0.41	0.33	0.02	b
C3	36	0.32	0.16	0.32	0.08	0.58	0.5	0.03	a
Total	108	0.3	0.13	0.29	0.08	0.58	0.5	0.01	

c. Porcentaje de materia seca (%)

group1	N	Mean	Sd	median	min	max	range	Se	Tukey
Época									
Lluviosa	54	30.54	2.84	30.12	24.14	37.29	13.15	0.39	b
Seca	54	36.29	1.8	36.27	32.35	40.49	8.14	0.25	a
Variedad									
Alfamaster 10	36	33.71	3.67	33.64	26.98	39.59	12.61	0.61	
Moapa 69	36	33.42	4.09	34.46	24.14	40.49	16.35	0.68	
Supersonic	36	33.12	3.51	33.63	27.19	38.19	11	0.58	
Bloque									
B1	36	33.1	3.49	33.63	27.37	38.32	10.94	0.58	
B2	36	33.46	3.84	34.6	26.98	39.1	12.12	0.64	
B3	36	33.69	3.95	34.38	24.14	40.49	16.35	0.66	
Corte									
C1	36	33.7	4.76	36.06	24.14	39.59	15.45	0.79	a
C2	36	32.27	3.62	32.64	25.72	36.94	11.23	0.6	b
C3	36	34.28	2.19	34.23	30.41	40.49	10.08	0.37	a
Total	108	33.42	3.74	34.23	24.14	40.49	16.35	0.36	

d. Materia seca de hojas (kg/m²)

C1	36	0.17	0.06	0.16	0.08	0.3	0.22	0.01	a
C2	36	0.15	0.05	0.15	0.05	0.26	0.21	0.01	b
C3	36	0.17	0.07	0.16	0.05	0.29	0.23	0.01	ab
Total	108	0.16	0.06	0.16	0.05	0.3	0.25	0.01	

e. Materia seca de tallos (kg/m²)

group1	N	Mean	Sd	Median	min	max	range	se	Tukey
Época									
Lluviosa	54	0.13	0.07	0.12	0.03	0.26	0.23	0.01	b
Seca	54	0.16	0.07	0.15	0.06	0.3	0.25	0.01	a
Variedad									
Alfamaster 10	36	0.14	0.08	0.11	0.04	0.3	0.26	0.01	b
Moapa 69	36	0.12	0.07	0.12	0.03	0.26	0.23	0.01	b
Supersonic	36	0.16	0.05	0.16	0.08	0.3	0.21	0.01	a
Bloque									
B1	36	0.13	0.07	0.12	0.03	0.26	0.23	0.01	b
B2	36	0.13	0.07	0.12	0.03	0.3	0.27	0.01	b
B3	36	0.16	0.06	0.16	0.07	0.3	0.23	0.01	a
Corte									
C1	36	0.15	0.06	0.15	0.06	0.26	0.21	0.01	a
C2	36	0.11	0.04	0.12	0.03	0.18	0.15	0.01	b
C3	36	0.16	0.09	0.16	0.03	0.3	0.27	0.01	a
Total	108	0.14	0.07	0.13	0.03	0.3	0.27	0.01	

f. Rendimiento (kg MS/ha)

group1	N	Mean	Sd	median	min	max	range	se	Tukey
Época									
Lluviosa	54	2709.54	1317.24	2514.02	814.24	5630	4815.76	179.25	b
Seca	54	3320.11	1172.08	3227.42	1473.76	5820	4346.24	159.5	a
Variedad									
Alfamaster	36	2953.01	1420.19	2850.66	984.74	5820	4835.26	236.7	b
Moapa 69	36	2636.15	1252.14	2458.46	814.24	5374.79	4560.55	208.69	b
Supersonic	36	3455.32	1029.34	3236.21	1938.41	5808.14	3869.73	171.56	a
Bloque									
B1	36	2799.95	1225.62	2750.9	814.24	5374.79	4560.55	204.27	b
B2	36	2826.37	1375.97	2829.38	843.48	5808.14	4964.67	229.33	b
B3	36	3418.16	1161.27	3290.84	1623.91	5820	4196.09	193.55	a
Corte									
C1	36	3241.55	1201.13	3227.42	1473.76	5630	4156.24	200.19	a
C2	36	2577.16	904.63	2699.36	814.24	4137.82	3323.58	150.77	b
C3	36	3225.77	1561.6	3177.83	843.48	5820	4976.52	260.27	a

Total	108	3014.83	1278.28	2946.2	814.24	5820	5005.76	123
--------------	------------	----------------	----------------	---------------	---------------	-------------	----------------	------------

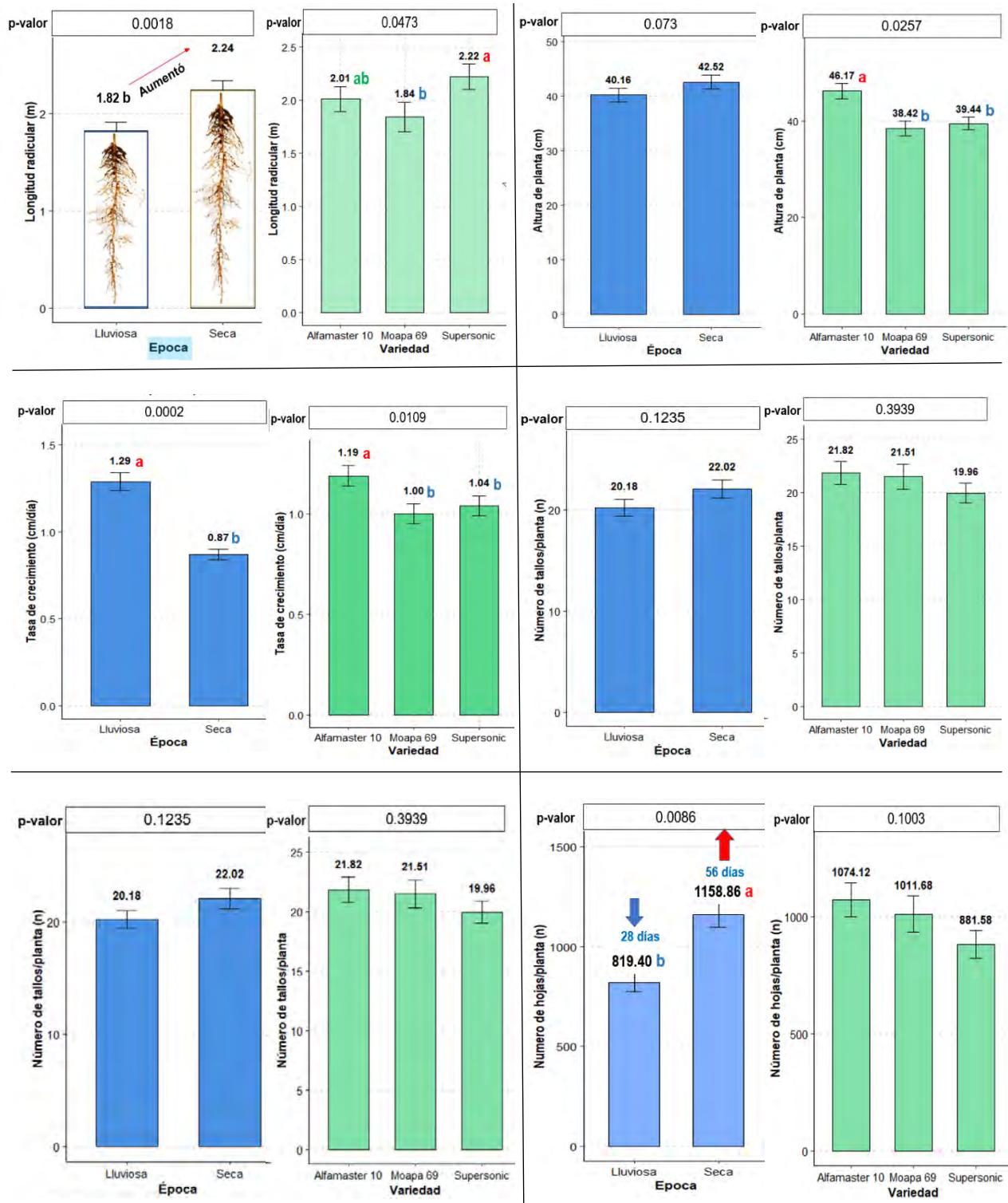
g. Área foliar (m²)

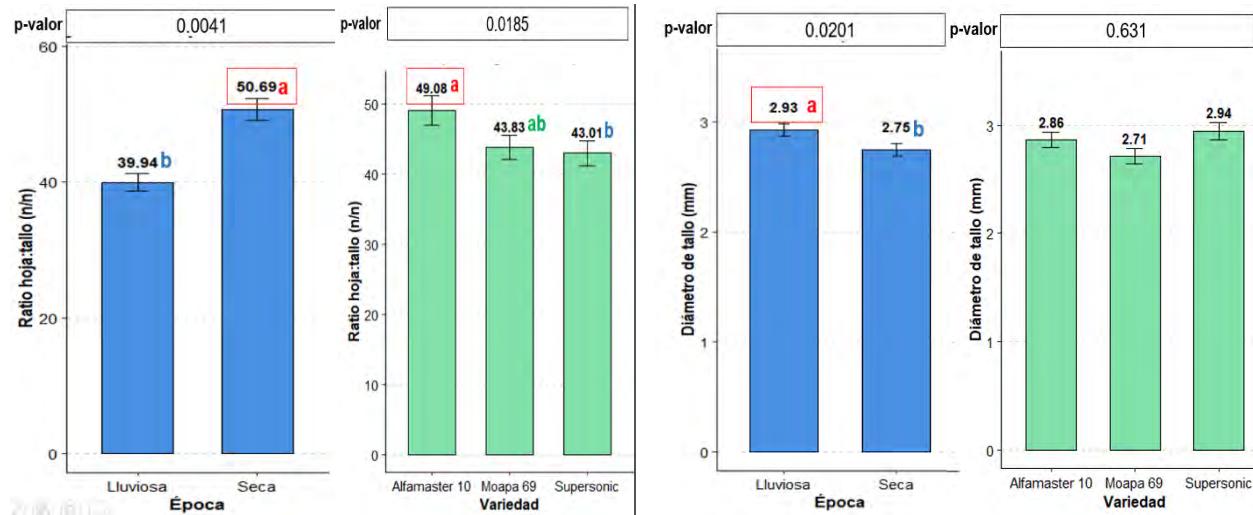
group1	N	mean	sd	median	min	max	range	se	Tukey
Época									
Lluviosa	54	3.29	1.51	3	1.1	6.78	5.68	0.21	b
Seca	54	3.97	1.24	3.72	2.08	6.52	4.45	0.17	a
Variedad									
Alfamaster 10	36	3.59	1.49	3.62	1.25	6.33	5.08	0.25	B
Moapa 69	36	3.18	1.4	2.81	1.1	6.2	5.09	0.23	b
Supersonic	36	4.12	1.22	3.66	2.35	6.78	4.44	0.2	a
Bloque									
B1	36	3.43	1.34	3.5	1.1	6.2	5.09	0.22	b
B2	36	3.41	1.52	3.39	1.23	6.78	5.55	0.25	b
B3	36	4.05	1.33	3.98	2.13	6.67	4.53	0.22	a
Corte									
C1	36	3.87	1.37	3.7	1.72	6.78	5.06	0.23	a
C2	36	3.27	1.16	3.4	1.1	5.74	4.64	0.19	b
C3	36	3.75	1.65	3.52	1.23	6.52	5.29	0.28	ab
Total	108	3.63	1.42	3.54	1.1	6.78	5.68	0.14	

h. Relación de hoja/tallo (kg/kg)

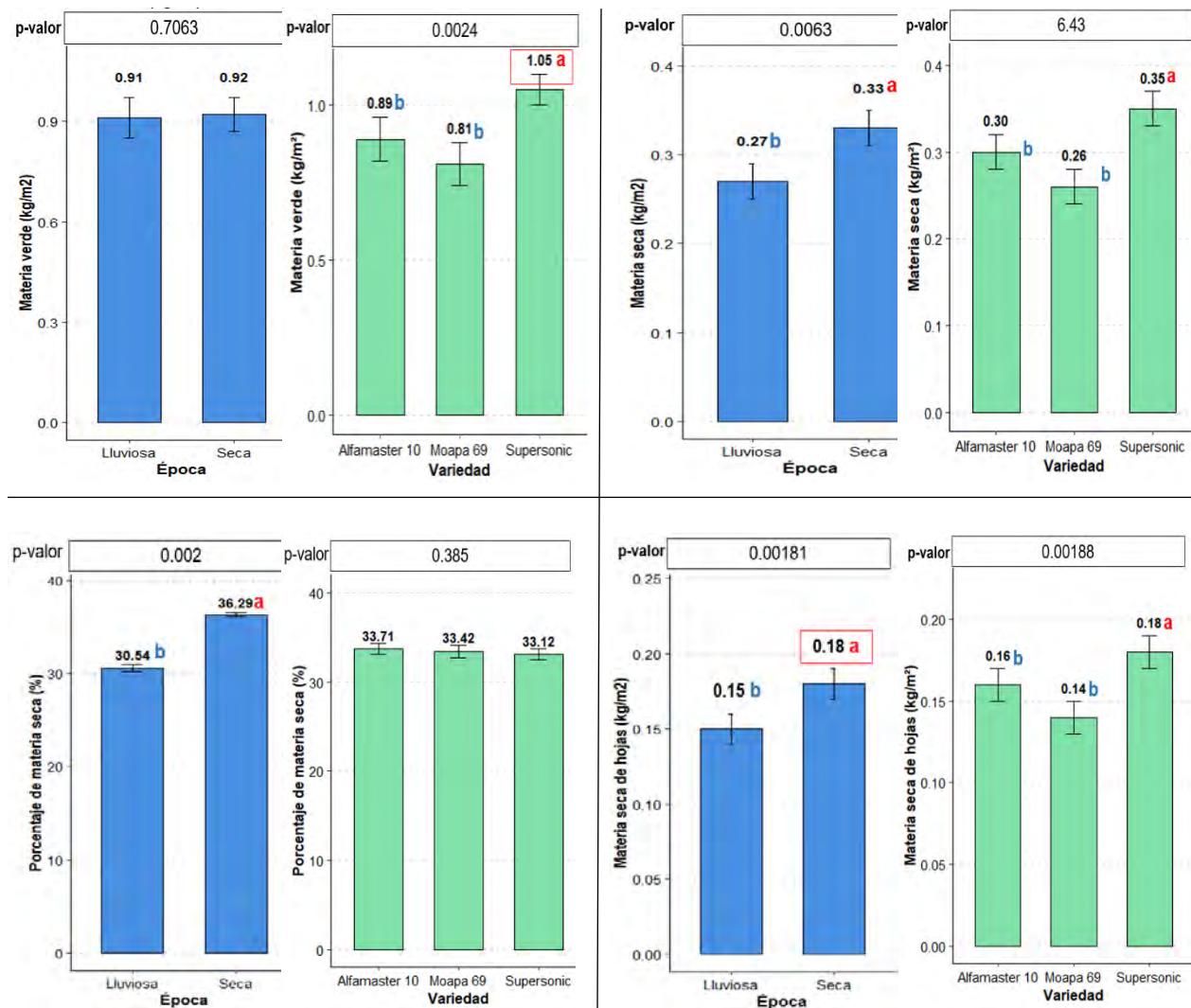
group1	N	Mean	sd	median	min	max	range	se	Tukey
Época									
Lluviosa	54	1.25	0.25	1.23	0.88	1.86	0.97	0.03	
Seca	54	1.21	0.26	1.21	0.75	1.95	1.2	0.04	
Variedad									
Alfamaster 10	36	1.3	0.27	1.3	0.75	1.95	1.2	0.04	a
Moapa 69	36	1.26	0.28	1.27	0.79	1.86	1.07	0.05	ab
Supersonic	36	1.15	0.19	1.18	0.81	1.67	0.85	0.03	b
Bloque									
B1	36	1.3	0.28	1.28	0.75	1.95	1.2	0.05	a
B2	36	1.25	0.26	1.22	0.79	1.86	1.07	0.04	ab
B3	36	1.15	0.19	1.19	0.79	1.67	0.87	0.03	b
Corte									
C1	36	1.18	0.23	1.16	0.88	1.71	0.83	0.04	b
C2	36	1.32	0.17	1.28	0.99	1.67	0.67	0.03	a
C3	36	1.2	0.33	1.11	0.75	1.95	1.2	0.05	ab
Total	108	1.23	0.25	1.23	0.75	1.95	1.2	0.02	

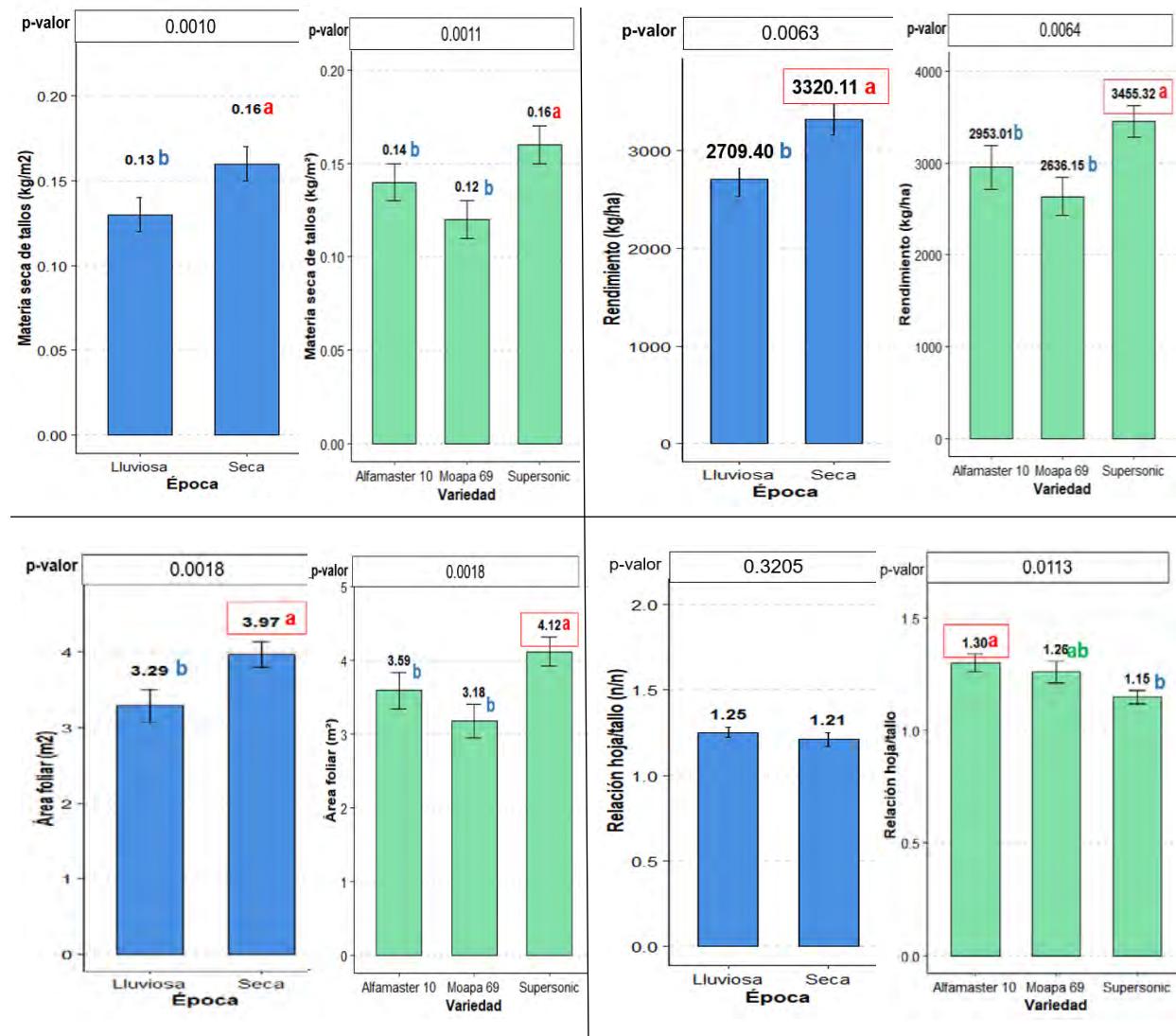
Anexo B. Gráfico de barras en R 4.4.0. de variables morfológicas por época y variedad





Anexo C. Gráficos de barras en R 4.4.0. de variables agronómicas por época y variedad





Anexo D. Panel fotográfico**D1. Instalación y codificación**

A

Cuadrantes de un 1m²

B

Delimitación con estacas y cordeles



C

Rotulados en cada tratamiento



D

18 cuadrantes en todo el experimento

Nota. *Se tomaron fotografías de instalación y codificación un mes antes del inicio de las evaluaciones (diciembre, 2023).

D2. Fotografías de evaluación de características morfológicas de la alfalfa



A Tacos a la altura de la corona



B Medición de altura de la planta



C Medición del diámetro de tallo con vernier



D Conteo de número de tallos por planta, sin contar los brotes menores de 5 cm

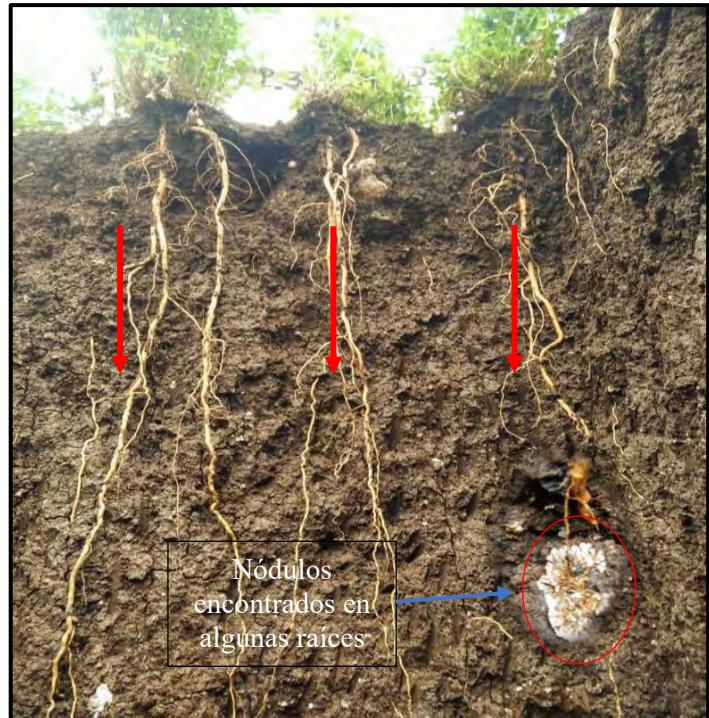
Nota. *Fotografías tomadas antes de cada corte la alfalfa en acepto la altura de la planta, que fue evaluada cada 7 días.



A Comienzo de excavación para cada variedad



B Proceso de excavación hasta el fondo



C Búsqueda de la raíz principal hasta la cofia

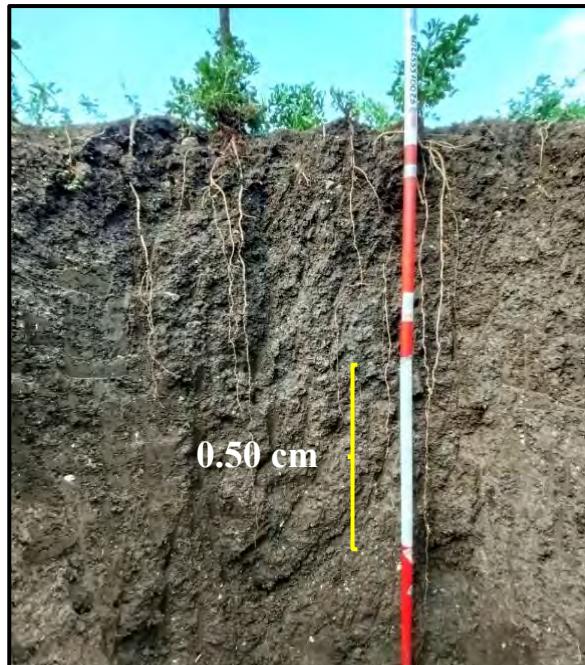


D Medición hasta la cofia de la raíz

Nota. *Fotografías tomadas durante el proceso de excavación de la profundidad de la raíz en las dos épocas del año.



A Medición de la longitud de raíz a fines de época lluviosa



B Longitud de raíz alcanzada



C Medición de longitud de raíz a fines de época seca



D Longitud de raíz alcanzada

Nota. *Fotografías tomadas durante la medición de la raíz en las dos épocas del año.

D3. Fotografías de evaluación de características agronómicas de la alfalfa



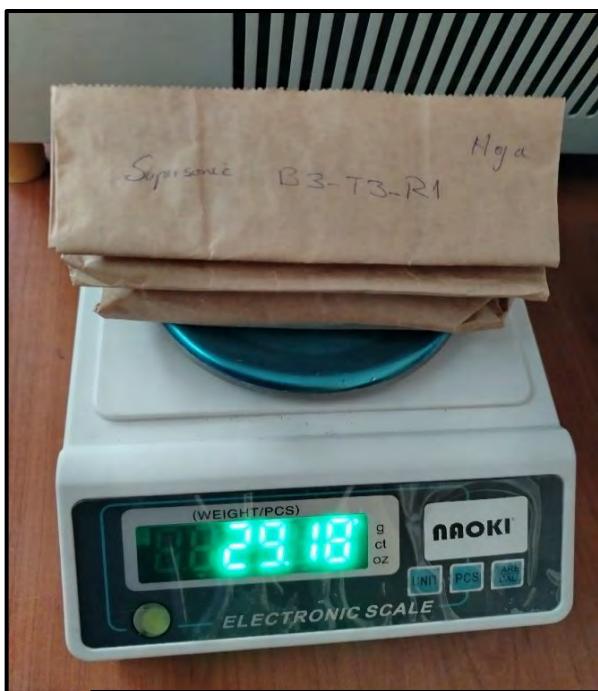
Nota. *Fotografías tomadas durante la cosecha y pesado de MV en cada corte y época.



A Secado en estufa a 105°C por 24 horas



B Pesado de materia seca

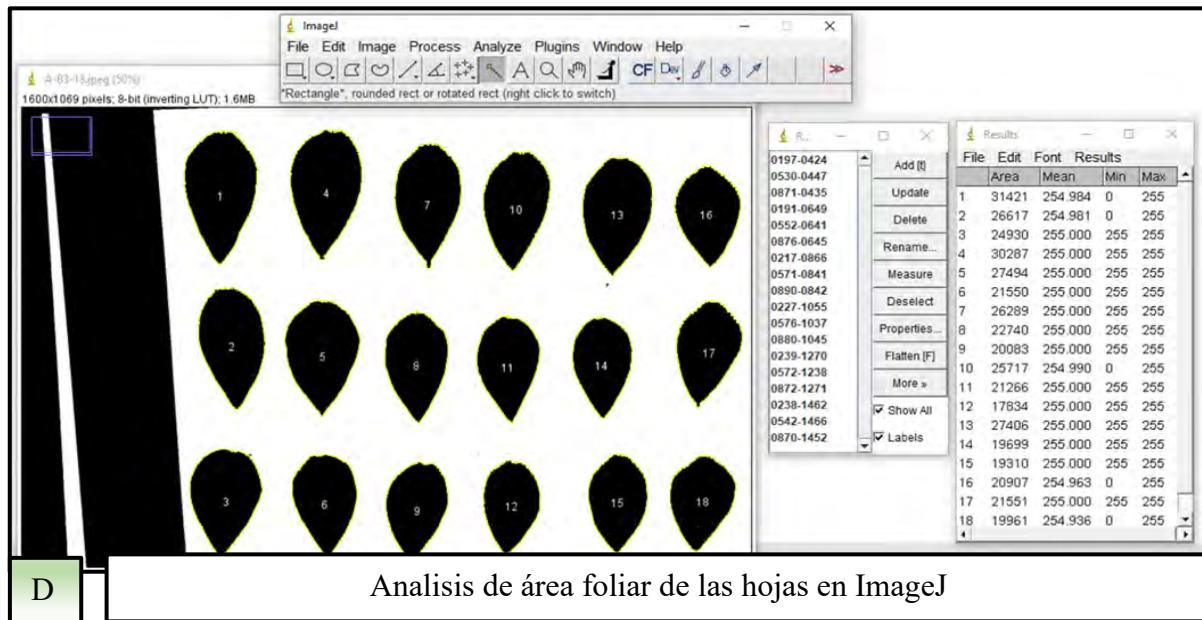
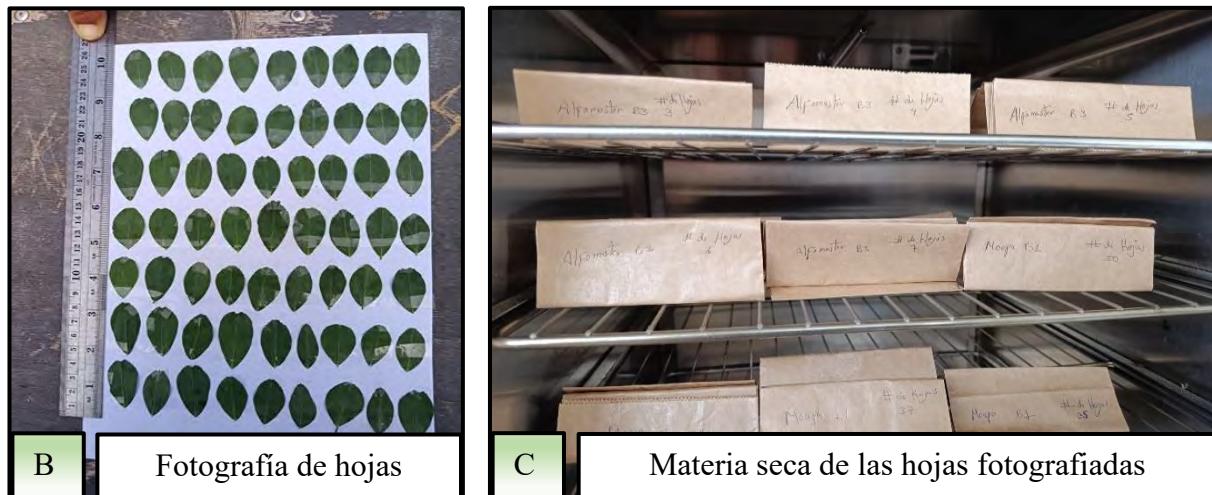


C Materia seca de hojas



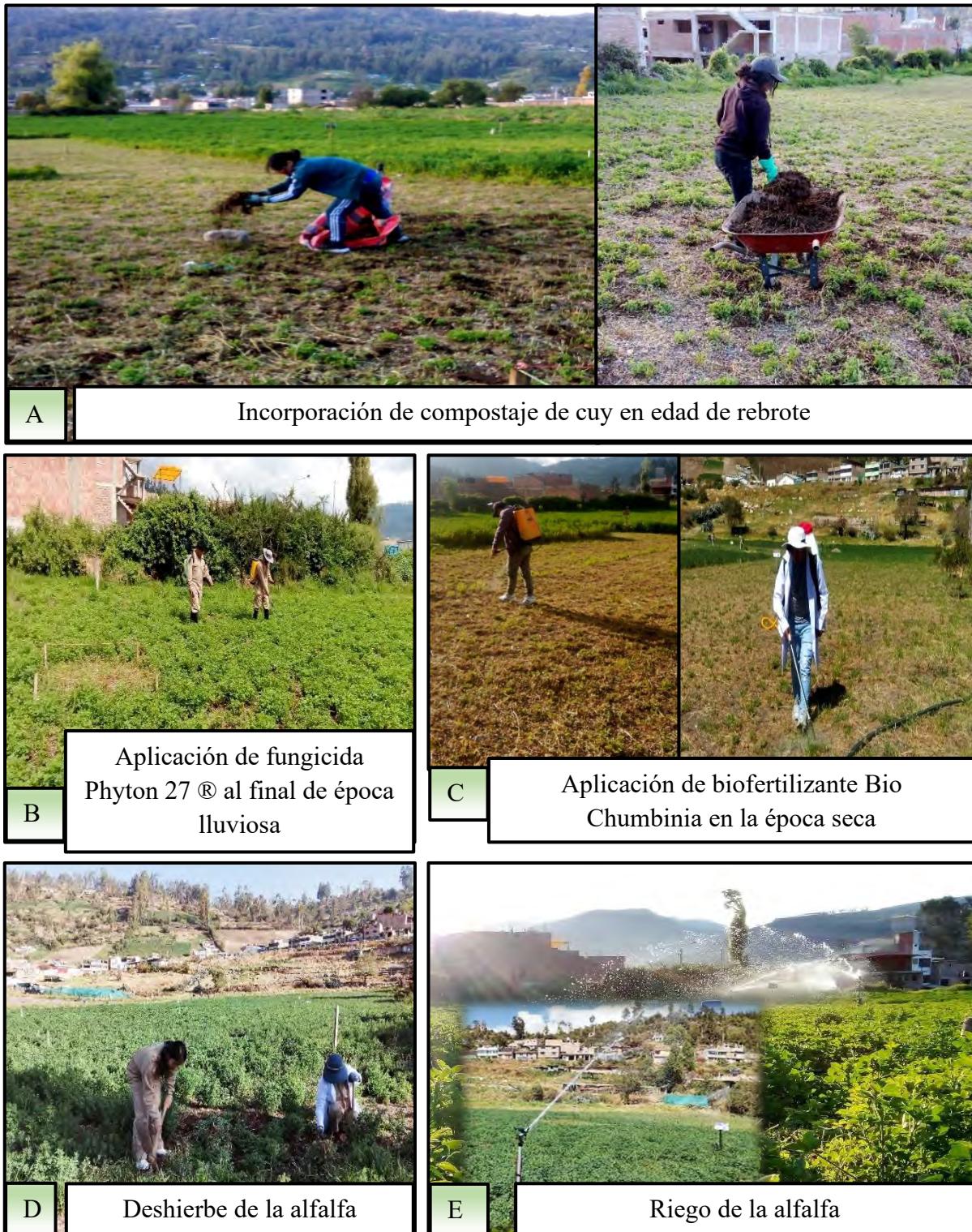
D Materia seca de tallos

Nota. *Fotografías tomadas durante el pesado de MS en cada corte y época.



Nota. *Fotografías tomadas durante el proceso y análisis del área foliar.

D4. Control y manejo de la alfalfa



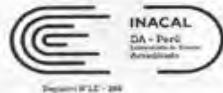
Nota. *Fotografías tomadas de medidas de control y manejo en toda la parcela experimental, durante el año 2024.

D5. Análisis del suelo



Instituto Nacional de Innovación Agraria

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



Registro LE - 200

INFORME DE ENSAYO
N° 05068-23/SU/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Propietario / Productor : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Dirección del cliente : Av. De la Cultura N° 733 - Cusco - Cusco - Cusco
 Solicitado por : Ysai Páucar Sulca
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 03 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Choquepuquio - Andahuaylas - Andahuaylas - Apurímac
 Fecha(s) de muestreo : 2023-01-27 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-04-24
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares - LABSAF Canaan
 Fecha(s) de análisis : 2023-05-02
 Cotización del servicio : 035-23-CA
 Fecha de emisión : 2023-05-04

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU545-CA-23	SU546-CA-23	SU547-CA-23			
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo			
Fecha de Muestreo	27/01/2023 (*)	27/01/2023 (*)	27/01/2023 (*)			
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:00	11:00	11:00			
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada			
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3			
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.8	7.7	7.8	
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	24.1	29.1	20.7	
Materia Orgánica (**)	%	—	4.80	5.60	4.30	
Nitrógeno (**)	%	—	0.20	0.28	0.22	
Fósforo (**)	ppm	—	21.38	30.85	19.20	
Potasio (**)	ppm	—	334.00	395.97	311.17	
Textura (**)						
Arena	%	—	30	30	30	
Límo	%	—	64	64	64	
Arcilla	%	—	6	6	6	
Clase Textural	—	—	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	
Cationes Intercambiables (**)						
Aluminio (Al) (**)	meq/100 g	—	—	—		
Calcio (Ca) (**)	meq/100 g	—	22.60	20.57	19.99	
Magnesio (Mg) (**)	meq/100 g	—	3.48	3.27	2.88	
Potasio (K) (**)	meq/100 g	—	0.38	0.37	0.29	
Sodio (Na) (**)	meq/100 g	—	0.16	0.17	0.15	
CIC (**)	meq/100 g	—	26.62	24.38	23.32	



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Av. Abancay N° 299, Ayacucho - Huamanga - Aysacucho

Página 1 de 2
F-46 / Ver.03
www.inia.gob.pe

INFORME DE ENSAYO
N° 05068-23/SU/ LABSAF - CANAAN

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity - Technical Corrigendum 1.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Nitrogeno	ISO 11261: 1995. First edition. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method.
Fósforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección(31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10.2000. Determinación de fósforo por el método de Olsen y colaboradores.
Potasio	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines deiego-INIA Ed. 1era. 2017. ítem 4.9.1. Pag. 62. Potasio extractable.
Aluminio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección(31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33.2000. Determinación de la acidez y el Aluminio intercambiable por el procedimiento de Cloruro de potasio.
Cationes Intercambiables	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección(31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12.2000. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio.

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
- (*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
- (**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaan

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA - INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA CANAÁN
Ing. José Velasquez Mantari
DIRECTOR

Ing. José Velasquez Mantari
Firma
Director de la EEA Canaán

FIN DE INFORME DE ENSAYO