

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS
DE TRES VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago sativa L.*) ANDAHUAYLAS -
APURÍMAC**

PRESENTADO POR:

Bach. LUIS FERNANDO SUCA VARGAS

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

ASESORES:

M.Sc. MISAEL RODRÍGUEZ CAPCHA

Ph.D. YSAI PAUCAR SULLCA

ANDAHUAYLAS – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: Evolución de las características fenológicas y agronómicas de Tres Variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) Andahuaylas - Apurímac

presentado por: Luis Fernando Suca Vargas con DNI Nro.: 76684549 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero agropecuario

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 1 %.

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 se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica 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 la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 12 de marzo de 2025

Post firma Misael Rodríguez Capcha

Nro. de DNI 44682791

ORCID del Asesor 0000-0002-9342-7067

ORCID 2° Asesor 0000-0001-5998-1729

DNI 45368828

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:438823098

LUIS FERNANDO SUCA VARGAS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE TRES VARIEDADES DE ALFALFA (Medicago

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:438823098

Fecha de entrega

12 mar 2025, 11:52 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 mar 2025, 12:03 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

V9 TESIS COMPLETA.pdf

Tamaño de archivo

6.0 MB

111 Páginas

19,961 Palabras

106,303 Caracteres

1% 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

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

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

Dedico esta investigación a nuestro creador, quien ha sido la fuente de mi existencia y la llave que ha permitido que alcance mis aspiraciones profesionales. Expreso mi eterna gratitud a mis padres, Margarita Vargas Huaman y Pedro Suca Conza, cuyo esfuerzo y dedicación incansables han moldeado mis valores, brindándome su cariño y afecto incondicional. Además, deseo reconocer el papel esencial de mi querida hermana, Karina Suca Vargas, quien ha sido parte vital en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Luis Fernando

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento de manera especial a mis asesores, M.Sc. Misael Rodríguez Capcha y Ph. D. Ysai Paucar Sullca, por la invaluable oportunidad que me brindaron. Agradezco su constante motivación, amistad y sabios consejos que han sido fundamentales en la realización de la presente investigación.

También deseo agradecer al personal trabajador de la escuela profesional de ingeniería agropecuaria filial Andahuaylas; su colaboración ha sido esencial en la conducción exitosa de esta investigación.

Finalmente, mi agradecimiento a mis compañeros del código 2018-1 que, de manera desinteresada, contribuyeron al desarrollo de este trabajo. Sus aportes han enriquecido significativamente cada paso de este proceso.

Luis Fernando

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.1. Problema general	4
1.1.2. Problemas específicos	4
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	5
2.1. Objetivo general	5
2.2. Objetivos específicos	5
2.3. Justificación de la investigación	5
III. HIPÓTESIS	7
3.1. Hipótesis general	7
3.2. Hipótesis específicas	7
IV. MARCO TEÓRICO	8
4.1. Antecedentes	8

4.2.	Generalidades de la alfalfa	11
4.2.1.	Origen y distribución	12
4.2.2.	Taxonomía de la alfalfa.....	13
4.3.	Requerimientos edafoclimáticos	14
4.4.	Morfología de la alfalfa	18
4.4.1.	Sistema radicular	18
4.4.2.	Tallo y Corona.....	19
4.4.3.	Sistema foliar	21
4.4.4.	Sistema reproductivo	22
4.5.	Características fenológicas de la alfalfa.....	25
4.5.1.	Germinación y primeras etapas del desarrollo.....	25
4.5.2.	Estado vegetativo	27
4.5.3.	Estado de botones florales	27
4.5.4.	Estado de floración	28
4.5.5.	Estado de fructificación	29
4.6.	Características agronómicas de la alfalfa.....	29
4.6.1.	Densidad y cobertura	30
4.6.2.	Longitudes y tasas de crecimiento	30
4.6.3.	Materia verde (MV) y materia seca (MS) de la alfalfa	30
4.6.4.	Ratio hoja/tallo.....	32
4.7.	Panorama varietal de la alfalfa	32
4.7.1.	Variedad Alfamaster 10	33
4.7.2.	Variedad Supersonic.....	34
4.7.3.	Variedad Moapa 69	35

V.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
5.1.	Lugar de la ejecución de la investigación.....	37
5.2.	Diseño de la investigación	40
5.3.	Instalación y equipos	42
5.3.1.	Labores culturales	42
5.3.2.	Evaluación de las variables fenológicas.....	44
5.3.3.	Evaluaciones de las variables agronómicas	46
5.4.	Análisis estadístico.....	49
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
6.1.	Variables fenológicas en el cuarto corte.....	51
6.2.	Variables agronómicas	53
6.2.1.	Densidad de plantas	53
6.2.2.	Cobertura basal	54
6.2.3.	Altura de plantas	55
6.2.4.	Materia seca total.....	58
6.2.5.	Materia seca de tallos.....	59
6.2.6.	Materia seca de hojas.....	61
6.2.7.	Ratio hoja tallo.....	62
6.2.8.	Rendimiento	63
VII.	CONCLUSIONES	66
VIII.	RECOMENDACIONES	67
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

X. ANEXOS	75
a. Base de datos utilizados en el estudio	76
b. Análisis de varianza (ANVA), pruebas de Tukey y visualización gráfica	78
c. Scripts de R utilizados en el análisis estadístico	88
d. Fotografías.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Raíz de la alfalfa con dos años de establecimiento	19
Figura 2 Tallos de alfalfa, con sus respectivos nudos.....	20
Figura 3 Formación de la corona.....	21
Figura 4 Formas de foliolos	22
Figura 5 Inflorescencia de la alfalfa.....	23
Figura 6 Flor de la alfalfa y sus partes	23
Figura 7 Evolución del fruto de la alfalfa	24
Figura 8 La semilla de la alfalfa.....	25
Figura 9 Primeras etapas del desarrollo vegetativo	26
Figura 10 Localización del campo experimental	37
Figura 11 Climograma de la provincia de Andahuaylas para el año 2023.....	39
Figura 12 Esquema del diseño experimental de la investigación	41
Figura 13 Distribución espacial de las parcelas experimentales.	42
Figura 14 Distribución de los aspersores en el campo experimental.....	44
Figura 15 Instrumento de medición de la cobertura.....	47
Figura 16 Fenología de las 3 variedades	80
Figura 17 Densidad de plantas en los 4 cortes	84
Figura 18 Cobertura de plantas en los 4 cortes	84
Figura 19 Altura de planta en los 4 cortes.....	85
Figura 20 Materia seca total en los 4 cortes	85
Figura 21 Materia seca de tallos en los 4 cortes.....	86
Figura 22 Materia seca de hojas en los 4 cortes.....	86
Figura 23 Ratio H/T de los 4 cortes.....	87
Figura 24 Rendimiento en los 4 cortes.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la alfalfa.....	14
Tabla 2 Reposo invernal de la alfalfa (dormancia)	33
Tabla 3 Especificaciones de la variedad Alfamaster 10	34
Tabla 4 Especificaciones de la variedad Supersonic	35
Tabla 5 Especificaciones de la variedad Moapa 69	36
Tabla 6 Caracterización del suelo.....	40
Tabla 7 Promedio (desviación estándar) para los estadios fenológicos de la alfalfa (días) 51	
Tabla 8 Promedio (desviación estándar) de la densidad de plantas (plantas/m ²).	53
Tabla 9 Promedio (desviación estándar) de la cobertura de plantas (%)	55
Tabla 10 Promedio (desviación estándar) de la altura de plantas (cm)	56
Tabla 11 Promedio (desviación estándar) de la materia seca total (g/m ²).....	58
Tabla 12 Promedio (desviación estándar) de la materia seca de tallos (g/m ²)	60
Tabla 13 Promedio (desviación estándar) de la materia seca de hojas (g/m ²).....	61
Tabla 14 Promedio (desviación estándar) del ratio hoja tallo (%)	62
Tabla 15 Promedio (desviación estándar) del rendimiento (kg/ha)	64
Tabla 16 Base de datos de la fenología	76
Tabla 17 Base de datos de las variables agronómicas	76

RESUMEN

Los cultivares de alfalfa son la fuente principal para la alimentación de los animales herbívoros y además, la alfalfa es tolerante a los diferentes ecosistemas. El objetivo de este estudio fue evaluar las características fenológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa bajo condiciones altoandinas en la provincia de Andahuaylas. El ensayo se llevó a cabo en el Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH), perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria (EPIA) de la Facultad de Agronomía y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). Los tratamientos fueron las variedades de alfalfa (Moapa 69, Alfamaster 10 y Supersonic), distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) y comparación de medias según Tukey. Las variables dependientes incluyeron los estados fenológicos: vegetativo temprano (V0), vegetativo medio (V1), vegetativo tardío (V2), botón floral temprano (B1), botón floral tardío (B2) y el estado de floración temprana (F1), evaluadas en días. Las variables agronómicas fueron: densidad (plantas/m²), cobertura (%), promedio de altura (cm), materia seca total (g/m²), materia seca de tallos (g/m²), materia seca de hojas (g/m²), ratio (hojas/tallos) y rendimiento (kg/ha). Las características fenológicas tuvieron una duración de días similar para las diferentes variedades, a excepción del V0, donde la variedad Supersonic promedió 9.22 días frente a Alfamaster 10, que promedió en 6.67 días. Las demás fases mostraron en promedio duraciones de 8 días para V1, 10 días para V2, 3.3 días para B1, 11.3 días para B2 y 8.7 días para F1. La evaluación de las variables agronómicas en el cuarto corte mostró una densidad promedio de 107.89 plantas/m², una cobertura basal del 51%, una materia seca de hojas promedio de 156.07 g/m², una relación hoja/tallo de 0.88 en promedio, y porcentajes de tallos y hojas del 54% y 46%, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas. La variedad Alfamaster 10 destacó con una altura promedio de 88.22 cm y una materia seca total de 404.47 g/m², superando a la variedad Supersonic en ambas variables. Además, Alfamaster 10 exhibió una materia seca de tallos de 210.41 g/m² y un rendimiento de 4044.68 kg MS/ha, superando a la variedad Moapa. En conclusión, en el cuarto corte, las tres variedades mostraron rendimientos aceptables; sin embargo, Alfamaster 10 destacó por su superioridad en las principales variables de interés.

Palabras clave: *Medicago sativa* L; densidad; altura; materia seca; ratio hoja/tallo, rendimiento.

ABSTRACT

Alfalfa cultivars are the primary source of food for herbivorous animals and are also tolerant to different ecosystems. The objective of this study was to evaluate the phenological and agronomic characteristics of three alfalfa varieties under high Andean conditions in the province of Andahuaylas. The trial was conducted at the Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH), which belongs to the Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria (EPIA) of the Facultad de Agronomía y Zootecnia (FAZ) at the Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). The treatments were the alfalfa varieties (Moapa 69, Alfamaster 10, and Supersonic), distributed in a completely randomized block design (CRBD) and mean comparison according to Tukey. The dependent variables included the phenological stages: early vegetative (V0), middle vegetative (V1), late vegetative (V2), early floral bud (B1), late floral bud (B2), and early flowering (F1), evaluated in days. The agronomic variables were: density (plants/m²), coverage (%), average height (cm), total dry matter (g/m²), stem dry matter (g/m²), leaf dry matter (g/m²), leaf/stem ratio, and yield (kg/ha). The phenological characteristics had a similar duration in days for the different varieties, except for V0, where the Supersonic variety averaged 9.22 days compared to Alfamaster 10, which averaged 6.67 days. The other phases showed average durations of 8 days for V1, 10 days for V2, 3.3 days for B1, 11.3 days for B2, and 8.7 days for F1. The evaluation of agronomic variables in the fourth cut showed an average density of 107.89 plants/m², a basal coverage of 51%, an average leaf dry matter of 156.07 g/m², an average leaf/stem ratio of 0.88, and stem and leaf percentages of 54% and 46%, respectively, without significant differences between them. The Alfamaster 10 variety stood out with an average height of 88.22 cm and a total dry matter of 404.47 g/m², surpassing the Supersonic variety in both variables. Additionally, Alfamaster 10 exhibited a stem dry matter of 210.41 g/m² and a yield of 4044.68 kg DM/ha, surpassing the Moapa variety. In conclusion, in the fourth cut, the three varieties showed acceptable yields; however, Alfamaster 10 stood out for its superiority in the main variables of interest.

Keywords: *Medicago sativa* L; density; height; dry matter; leaf/stem ratio; yield.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa forrajera perenne ampliamente usada como el recurso forrajero principal a nivel global. Su adaptabilidad a diversas condiciones edafoclimáticas y altitudes ha llevado que se cultive en diferentes regiones del mundo. La alfalfa se considera como la "reina de las forrajeras" debido a su excepcional calidad nutricional, con niveles de proteínas que superan el 20% y un alto coeficiente de digestibilidad, que supera el 60% (Rogers et al., 2014). Esta leguminosa desempeña un papel fundamental como fuente de alimento económico y abundante para los sistemas de producción animal.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017), a nivel mundial, existe una escasez de pastos cultivados, lo que resulta en un déficit de la oferta forrajera que sea económico y de alta calidad. Esto se debe en gran parte a una gestión deficiente del piso forrajero y a la elección inadecuada de variedades de alfalfa durante la instalación. La alfalfa es una leguminosa altamente diversa, y cada variedad tiene requisitos específicos en cuanto a condiciones edafoclimáticas, lo que se traduce en rendimientos variables.

De acuerdo con Bazán et al. (2017), a lo largo del tiempo, el Perú ha importado numerosas variedades de alfalfa, lo que ha dado lugar a una amplia disponibilidad de semillas tanto nacionales como extranjeras en el mercado. Algunas de estas variedades son de origen europeo y americano, que han demostrado adaptarse bien a las condiciones de temperatura y precipitación del país. A pesar de su buen desempeño, existen pocos estudios enfocados en evaluar las características fenológicas y el

comportamiento agronómico de estas variedades bajo las condiciones específicas de la provincia de Andahuaylas.

La variedad Alfamaster 10 se considera la mejor debido a su rápido rebrote, alto número de foliolos y una dormancia de 10. La variedad Moapa 69, ampliamente difundida a nivel local, regional y nacional, muestra una excelente adaptabilidad y una rápida recuperación después del corte. Por último, la variedad Supersonic es ideal para pastoreos intensivos y corte, destacando por su excelente relación hoja/tallo (Catalogo AGP, 2019).

El presente trabajo de investigación pretende aportar conocimientos para el mejoramiento del piso forrajero, a través de ensayos en tres variedades de alfalfa cultivadas, con el objetivo de evaluar las características fenológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa bajo condiciones de altitud, de la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Según Durand (2014), la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una de las leguminosas forrajeras más importantes a nivel mundial debido a su alto contenido nutricional, su capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y su uso en la alimentación animal. En la región Apurímac, provincia Andahuaylas, la alfalfa juega un papel crucial en la economía agrícola local, especialmente en el sustento de la ganadería. Sin embargo, existen desafíos significativos en la producción de alfalfa, que incluyen variaciones en el rendimiento, la adaptación a condiciones edafoclimáticas específicas, y la respuesta a prácticas de manejo agrícola (Noli et al., 2004).

A nivel global, la adaptación de la alfalfa a diversas condiciones climáticas y edáficas ha sido un tema de interés creciente, ya que el cambio climático y la degradación del suelo continúan afectando la producción agrícola en muchas partes del mundo (Rossanigo et al., 1995). Mientras tanto, en la provincia de Andahuaylas se cuenta con información limitada sobre el comportamiento fenológico y agronómico de diferentes variedades de alfalfa en las condiciones específicas. Esto genera una brecha de conocimiento que dificulta la selección de las variedades más adecuadas para maximizar el rendimiento y la calidad del forraje en esta zona.

Rossanigo et al. (1995) señalan que las variedades de alfalfa se clasifican según su nivel de reposo invernal, en una escala del 3 al 10, a partir tanto de variedades nacionales como extranjeras. No obstante, muchas de estas variedades carecen de información específica sobre su comportamiento en condiciones altoandinas, lo que genera incertidumbre respecto a su adaptación, desarrollo fenológico y rendimiento

agronómico en zonas como la provincia de Andahuaylas. Esta falta de datos dificulta la selección de las variedades más adecuadas para maximizar la producción forrajera y asegurar el éxito del cultivo en esta región (Bazán et al., 2017).

Por lo tanto, es crucial realizar una evaluación exhaustiva de las características fenológicas y agronómicas de distintas variedades de alfalfa en Andahuaylas. Este análisis permitirá identificar las variedades que mejor se adaptan a las condiciones locales, optimizando el rendimiento forrajero y contribuyendo al desarrollo sostenible de la agricultura en la región.

1.1.1. Problema general

¿Cuáles son las diferencias en las características fenológicas y agronómicas de las tres variedades de alfalfa bajo las condiciones edafoclimáticas en la provincia de Andahuaylas, región Apurímac?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo son las características fenológicas de las tres variedades de alfalfa bajo las condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Fondo Choccepuquio (CIFUNCH)?.
- ¿Cuáles son las características agronómicas de las tres variedades comerciales de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) bajo las condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Fondo Choccepuquio (CIFUNCH)?.

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Evaluar las características fenológicas y agronómicas de tres variedades de alfalfa bajo las condiciones edafoclimáticas en la provincia de Andahuaylas, región Apurímac.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características fenológicas de tres variedades de alfalfa. en la condición edafoclimáticas del Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH).
- Evaluar las características agronómicas de tres variedades comerciales de alfalfa (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) bajo condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH).

2.3. Justificación de la investigación

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una de las principales fuentes de forraje para la alimentación animal a nivel mundial, debido a su alto contenido proteico y su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo. En la provincia de Andahuaylas, la agricultura y la ganadería son actividades económicas fundamentales, donde la producción de alfalfa tiene un rol clave.

La evaluación de las características fenológicas y agronómicas de distintas variedades de alfalfa es esencial para identificar aquellas que ofrecen un mayor rendimiento forrajero y una mejor adaptación a las condiciones locales. Esto no solo contribuirá a mejorar la productividad agrícola y la calidad del forraje, sino que también permitirá a los agricultores optimizar sus prácticas de manejo y selección de cultivos, promoviendo así una agricultura más sostenible y rentable.

La investigación propuesta busca llenar este vacío de conocimiento, proporcionando datos precisos y contextualizados que servirán como base para la toma de decisiones informadas en la selección de variedades de alfalfa. Los resultados obtenidos beneficiarán tanto a los agricultores locales como a los técnicos y planificadores agrícolas, quienes podrán utilizar esta información para desarrollar estrategias más eficientes de manejo y cultivo, mejorando la sostenibilidad y el rendimiento económico de las explotaciones agrícolas en Andahuaylas, Apurímac.

Además, este estudio tiene el potencial de contribuir al conocimiento científico en el ámbito de la agronomía y la producción de forrajes, al ofrecer nuevos datos sobre el comportamiento fenológico y agronómico de la alfalfa en un entorno específico, lo que podría ser extrapolable a otras regiones con condiciones agroclimáticas similares.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Ho. No existen diferencias significativas en las características fenológicas y agronómicas entre las tres variedades de alfalfa bajo las condiciones edafoclimáticas de Andahuaylas.

Ha. Existen diferencias significativas en las características fenológicas y agronómicas entre las tres variedades de alfalfa bajo las condiciones edafoclimáticas de Andahuaylas.

3.2. Hipótesis específicas

- Para características fenológicas:

Ho. No hay diferencias significativas en las características fenológicas entre las tres variedades de alfalfa en el CIFUNCH.

Ha. Hay diferencias significativas en las características fenológicas entre las tres variedades de alfalfa en el CIFUNCH.

- Para las características agronómicas:

Ho. No hay diferencias significativas en las características agronómicas entre las tres variedades de alfalfa en el CIFUNCH.

Ha. Hay diferencias significativas en las características agronómicas entre las tres variedades de alfalfa en el CIFUNCHI.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

Kalu & Fick (1981) realizaron un estudio en el centro de investigación Campo Caldwell en Tompkins, Nueva York – Estados Unidos de América, con el objetivo de desarrollar un sistema más preciso de clasificación de los estados fenológicos de la alfalfa. Las muestras fueron recogidas aleatoriamente con 4 repeticiones a intervalos semanales, los estados fenológicos fueron separados con respecto a la altura, cantidad de botones florales, cantidad de flores y cantidad de vainas. Categorizaron 10 etapas (0 - 9), etapa 0 “vegetativo temprano”, etapa 1 “vegetativo medio”, etapa 2 “vegetativo tardío”, etapa 3 “botón floral temprano”, etapa 4 “botón floral tardío”, etapa 5 “flor temprana”, etapa 6 “flor tardía”, etapa 7 “vaina de semillas temprana”, etapa 8 “vaina de semillas tardía” y etapa 9 “vaina de semilla madura”. En conclusión, incluyeron tres etapas vegetativas, dos de botón floral, dos de floración y tres de vaina.

Con el objetivo de establecer parámetros fenológicos y profundidad radicular para el cultivo de Alfalfa variedad Morada Paisana, en las condiciones climáticas del Cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, Ecuador, Pombosa (2016) utilizó cinco camas como repeticiones, de donde las muestras fueron extraídas al azar en cada una de las etapas fenológicas (inicial, desarrollo e intermedio), incluyendo la medición de su profundidad radicular. Durante la etapa inicial, que tuvo una duración de 21 días, observaron un crecimiento radicular de 4.9 cm; la etapa de desarrollo abarcó 58 días, alcanzando una profundidad de 20.1 cm y la etapa intermedia, duró 55 días, con una profundidad radicular de 34.2 cm. Destaca que la etapa de desarrollo tuvo una duración mayor, y el crecimiento de la raíz mostró un aumento progresivo a lo largo del tiempo.

En el estudio llevado a cabo por Oñate & Flores (2019), evaluaron el comportamiento agronómico de tres variedades de *Medicago sativa* L; con tres dosis de fertilización fosfatada, durante el establecimiento, en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo – Ecuador. Los tratamientos fueron las variedades de alfalfa: Abunda Verde, Cuf-101 y Sw-8210, frente al ecotipo Flor Morada (control) y diferentes dosis de fertilización fosfatada (0, 50, 100 y 150 kg/P/ha). El control sin fertilización fosfatada mostró un 99.59 % de cobertura aérea, un 34.09 % de cobertura basal, producción de forraje verde de 17.23 t/ha y 4.52 t/ha de forraje seco por corte. Asimismo, indican que el ecotipo Flor Morada, sin fertilización fosfatada presentó mejores índices en cobertura, altura de la planta y rendimiento, mientras que las variedades introducidas tuvieron mejores porcentajes de emergencia y mejor relación hoja/tallo.

Aguilar (2017), con el objetivo de evaluar la producción de forraje de diferentes variedades de alfalfa en dos cortes en el sector Humedades del distrito de Salas de la región Lambayeque utilizó las variedades de alfalfa Monsefú, San Pedro, California 55, Beacon, Cuf 101, Alfamaster 10, Alfaplus, Lecherita, AGP 350 y Supersonic como testigo, a los cuales aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Donde la variedad "Lecherita" alcanzó el mejor rendimiento de materia seca (3.42 t/ha), en cuanto a la altura de las plantas, las variedades "Monsefú" (69.86 cm) y "San Pedro" (65.62 cm) predominaron, por otro lado, la variedad "AGP 350" obtuvo la mejor relación hoja/tallo (2.21). Asimismo, indica que los mayores rendimientos de materia seca y promedio de altura se alcanzaron en el segundo corte, mientras que las variedades "Monsefú" y "San Pedro" demostraron tener el mejor rendimiento y relación hoja/tallo en este estudio.

Con el objetivo de evaluar la producción de diez variedades de alfalfa (Vía Láctea, Chipilo, Atlixco, Oaxaca, San Miguelito, Cuf-101, Milenia, Aragón, Valencia, y Júpiter) a cuatro años de establecimiento, Álvarez et al. (2018) realizaron un estudio en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, estado de México. Aplicaron el diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La variedad "Júpiter" destacó al mostrar rendimientos superiores de forraje, alcanzando 14 510 kg MS/ha, esta variedad exhibió una relación H/T de 1.8, una densidad de tallos de 578 tallos/m², y una densidad de 18 plantas/m². Durante el verano y el otoño, el promedio del rendimiento fue de 3 508 kg MS/ha. La variedad "Júpiter" demostró el mejor comportamiento productivo y una relación hoja/tallo favorable, y el rendimiento anual acumulado fue más alto durante la temporada de verano.

En el departamento de Ayacucho, Palomino (2019) realizó una investigación con el objetivo de producir forraje, evaluando diferentes variedades de alfalfa en diferentes distanciamientos. Examinó las variedades Alta Sierra, Alabama SW-8210, Alabama SW-8925 y California 55, utilizando distanciamientos de 10 cm entre líneas (D10), 15 cm entre líneas (D15), 20 cm entre líneas (D20) y siembra al voleo (D0), mediante un DBCA. El estudio que realizó mostró que el rendimiento de materia seca para los distanciamientos D0, D10 y D20 promedió 0.70 kg/m², mientras que D15 presentó un promedio de 0.63 kg/m², por otro lado, la variedad California 55 alcanzó una altura de 67.59 cm, en contraste con la variedad Alabama SW-8925 que registró 49.62 cm. La mayor altura se logró con un distanciamiento de 20 cm, con la variedad California 55, y los mayores rendimientos se obtuvieron con los distanciamientos D0, D10 y D20.

Sulca (2015) llevó a cabo un estudio para evaluar la adaptación y rendimiento de forraje verde y materia seca en cinco variedades de alfalfa en los valles interandinos de la región de Ayacucho. Las variedades que analizó fueron Super Alabama WL550, California Emerald, Cuf 101, Moapa 69 y Alabama SW 8210, utilizando un diseño de bloques completamente al azar. En cinco cortes sucesivos, las variedades Cuf 101, SW8120 y California Emerald demostraron un rendimiento acumulado de 160.9, 156.1 y 155.4 t/ha de forraje verde, respectivamente, y 32.3, 31.2 y 29.5 t/ha de materia seca acumulada, respectivamente. Entre las variedades, Cuf 101, Alabama SW 8210 y California Emerald exhibieron los mejores rendimientos, superando a Super Alabama WL550 y Moapa 69. Además, observó un aumento progresivo en el rendimiento con cada corte sucesivo.

4.2. Generalidades de la alfalfa

La alfalfa mantiene una alta proporción de proteína, calcio, fósforo, potasio y todas las vitaminas (León et al., 2018). Ratera (1974) sostiene que es una especie adaptada a la sequía estival gracias a su profunda raíz pivotante y también muestra adaptación a regiones frías. Sin embargo, en climas cálidos, la actividad fijadora de nitrógeno disminuye (Aparacio et al., 1980).

La alfalfa es un cultivo perenne con una esperanza de vida que generalmente oscila entre 4 y 5 años (Damián, 2017), aunque esta duración puede variar significativamente según diversos factores. De acuerdo con León et al. (2018), la longevidad de la alfalfa dependerá en gran medida de las prácticas de manejo que se apliquen como, frecuencia de riego, abonamiento, corte en el momento exacto del estado fenológico.

4.2.1. Origen y distribución

La alfalfa tuvo sus orígenes en la región actual de Irán y sus alrededores, donde se cultivó por primera vez una especie forrajera hace aproximadamente 700 años antes de Cristo (Suttie, 2003). De acuerdo con Ratera (1974), la alfalfa se originó en una zona de clima continental templado, caracterizada por escasa humedad, noches frías, suelos alcalinos, un nivel freático bajo, inviernos fríos y veranos cálidos y secos.

La alfalfa, según Avci et al., (2013) es considerada una de las primeras plantas forrajeras que fueron domesticadas. Su llegada a Grecia se atribuye a los persas, desde donde se expandió a Italia en el siglo IV a. C (Oñate, 2019). Los romanos valoraron enormemente esta planta, ya que la suministraron como alimento para sus caballos de guerra y la importaron desde Grecia a Italia, extendiéndola luego hacia el sur de Francia (Sulca, 2015). De esta manera, la alfalfa se propagó por toda Europa.

Los exploradores españoles llevaron la alfalfa a Centroamérica y Sudamérica, y eventualmente llegaron a Perú, como menciona Sulca (2015). Según Oñate (2019) las semillas de alfalfa fueron objeto de intercambio por oro con las poblaciones indígenas, marcando así su presencia en la región.

En el ámbito internacional, Estados Unidos lidera las exportaciones de alfalfa con un impresionante volumen de 4 700 000 toneladas, seguido de cerca por Australia, que exporta 1 000 000 de toneladas. España ocupa el tercer lugar en el ranking con 854 149 toneladas (López et al., 2020).

A nivel nacional, la superficie total de pastos cultivados en el país alcanza las 778 070 hectáreas. De esta cifra, la alfalfa abarca 156 000 hectáreas, posicionándose como el tercer cultivo más extenso en términos de área cultivada. (CENAGRO, 2012). El Perú

en el 2016 importó un total de 774 300 toneladas de semillas de alfalfa, lo que representó un aumento del 24% con respecto a las cifras del año anterior (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). Además, Mendieta (2019) señala que, en el año 2019 esta cifra experimentó un notable incremento, llegando a 1 005 000 toneladas de semillas de alfalfa importada.

4.2.2. Taxonomía de la alfalfa

La alfalfa es miembro de una amplia familia con distribución cosmopolita que engloba aproximadamente 730 géneros y alrededor de 19 400 especies, como se detalla en el estudio de León et al. (2018). Según la taxonomía de la ITIS (Interagency Taxonomic Information System), se proporciona la siguiente clasificación taxonómica para la alfalfa (ver tabla 1).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la alfalfa

Clasificación taxonómica	
Reino:	Plantae (plantas)
Sub reino:	Viridiplantae (plantas verdes)
Infrareino:	Streptophyta (plantas de tierra)
Superdivisión:	Embryophyta (plantas con embrión multicelular)
División:	Tracheophyta (plantas vasculares)
Subdivisión:	Spermatophyta (plantas con semillas, fanerógamas)
Clase:	Magnoliopsida
Superorden:	Rosanae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	Medicago
Especie:	<u>Medicago sativa</u> L. alfalfa
Subespecies:	<i>Medicago sativa</i> ssp. <i>caerulea</i> (Less. ex Ledeb.) Schmalh. <i>Medicago sativa</i> ssp. <i>falcata</i> (L.) 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

Nota. *Fuente: Sistema integrado de información taxonómica (ITIS, 2023)

4.3. Requerimientos edafoclimáticos

La alfalfa se cultiva en una amplia gama de altitudes, que varía según la variedad. Puede ser sembrada desde el nivel del mar hasta altitudes de hasta 4 300 msnm. en las regiones de sierra. Sin embargo, el clima óptimo para la mayoría de las variedades se encuentra en un rango de altitudes de 1 500 a 2 500 metros sobre el nivel del mar (MINAM, 2019).

Como señala León et al. (2018), la alfalfa se cultiva en los valles interandinos, que están delimitadas por las cadenas montañosas transversales de los Andes. Estas áreas suelen encontrarse a altitudes que oscilan entre 2 500 y 2 900 msnm, con temperaturas promedio de 12 a 17 °C. Además, las precipitaciones varían en un rango de 800 a 2 000 mm por año y la humedad relativa fluctúa desde un 65% en verano hasta un 85% en invierno.

a. Suelo

Para lograr una producción óptima de alfalfa, es esencial contar con suelos bien drenados, ya que los suelos con exceso de humedad crean un entorno propicio para el desarrollo de diversas enfermedades y plagas. Además, el pobre drenaje del suelo impide la circulación de oxígeno, lo que aumenta la susceptibilidad a la intoxicación por micronutrientes. Dado que las raíces de la alfalfa pueden alcanzar fácilmente más de 5 m de profundidad, es fundamental que los suelos sean lo suficientemente profundos para su crecimiento (Undersander et al., 2011).

Siguiendo la afirmación de Wang et al. (2023), el cultivo de alfalfa prospera mejor en suelos con un pH cercano a 7.5. En suelos con un pH ácido, los microorganismos (*Rhizobium*) que forman nódulos en la raíz de la alfalfa pueden encontrar dificultades para sobrevivir, lo que afecta negativamente su capacidad de fijación de nitrógeno. Por otro lado, en suelos altamente alcalinos, la producción de alfalfa tiende a disminuir. Por lo tanto, mantener un nivel de pH adecuado en el suelo es esencial para el óptimo crecimiento y rendimiento de la alfalfa.

Las plantas cultivadas en distintos tipos de suelo pueden experimentar variaciones en su equilibrio de elementos minerales, lo que influye en su crecimiento y composición.

Los suelos que han sido intensivamente utilizados con el tiempo tienden a agotar los elementos solubles y se vuelven ácidos, además de enriquecerse en óxido de hierro y aluminio, lo que puede resultar tóxico para las plantas. Este proceso se acelera en regiones con climas cálidos y húmedos (Oñate, 2019).

b. Clima

Uno de los factores abióticos más determinantes para el cultivo de la alfalfa es la temperatura, que fluctúa dentro de un rango óptimo de 17-25 °C. En este intervalo de temperaturas, es posible realizar hasta 10 cortes al año (León et al., 2018). La alfalfa también demuestra una buena resistencia al frío, siendo capaz de soportar temperaturas por debajo de cero grados Celsius, aunque su producción puede disminuir en estas condiciones.

Según Moschetti et al. (2007), la alfalfa se adapta especialmente bien a suelos secos con una humedad relativa inferior al 50%, tanto durante el día como durante la noche, sobre todo en la etapa de floración. Para lograr un crecimiento vegetativo óptimo, es esencial contar con una distribución adecuada de lluvias o riegos que mantengan la humedad del suelo en niveles óptimos durante las etapas tempranas de crecimiento, seguido de una reducción gradual de la humedad del suelo a medida que la planta entra en la fase de floración (Echeverría et al., 2022).

c. Agua

El suministro adecuado de agua es muy importante en el cultivo de la alfalfa, la falta excesiva de agua puede tener consecuencias perjudiciales, incluyendo un desarrollo vegetativo insuficiente, una producción de flores limitada y la formación de semillas muy

pequeñas. Esto subraya la necesidad de mantener un equilibrio adecuado en el riego para asegurar un crecimiento saludable y una cosecha exitosa de alfalfa.

Para lograr una adecuada implantación de la alfalfa, se recomienda realizar riegos cortos y frecuentes, con el propósito de mantener un nivel óptimo de humedad en la zona donde las raíces exploran el suelo y reponer únicamente la humedad perdida debido a la evaporación y la transpiración (Echeverría et al., 2022).

Según Iannucci et al. (2002), el riego puede duplicar el rendimiento, lo que subraya la importancia del riego durante los períodos de sequía. Si no se proporciona riego en estos momentos, las plantas pueden experimentar estrés hídrico y como resultado, se obtendrán rendimientos bajos.

Es esencial contar con una distribución adecuada de lluvias o riegos que mantengan el suelo con la humedad necesaria para fomentar un crecimiento vegetativo temprano y luego reducir gradualmente la humedad del suelo a medida que la planta entre en la fase de floración (Echeverría et al., 2022).

d. Luz y duración del día

La alfalfa, a diferencia de otras plantas de días largos, muestra una menor sensibilidad al fotoperiodo. Sin embargo, durante su etapa de floración, requiere un mínimo de 12 horas de luz y una alta intensidad luminosa (Fick et al., 1988).

e. Salinidad

La productividad de la alfalfa se ve significativamente afectada por la salinidad del suelo, lo que se manifiesta claramente a través de síntomas como la reducción del tamaño de las hojas y en última instancia, la muerte de la planta (Santamaría et al., 2004). De acuerdo con Smith et al. (1981), durante sus primeras etapas de crecimiento, la alfalfa

muestra cierta tolerancia a bajas concentraciones de sales en el suelo. Sin embargo, a medida que la planta se desarrolla, su capacidad para resistir la salinidad aumenta.

4.4. Morfología de la alfalfa

4.4.1. Sistema radicular

La alfalfa se caracteriza por tener un sistema de raíces robusto y profundo (Rodríguez & Spada, 2007), con una raíz principal pivotante altamente ramificada y lignificada. Su función principal es la absorción de agua y nutrientes, llegando a penetrar a varios metros de profundidad (ver figura 1) (León et al., 2018). Esta capacidad de extraer agua y nutrientes de las capas más profundas del suelo le confiere una notable resistencia a la sequía (Rodríguez & Spada, 2007). Alarcón & Cervantes (2012), afirma que la raíz principal genera raíces secundarias, que tienden a ser más prominentes en suelos compactos y menos predominantes en suelos porosos.

Según León et al. (2018), otro aspecto distintivo de la alfalfa es su asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, que forman pequeños nódulos en las raíces y contribuyen a la fijación de nitrógeno.

Figura 1

Raíz de la alfalfa con dos años de establecimiento



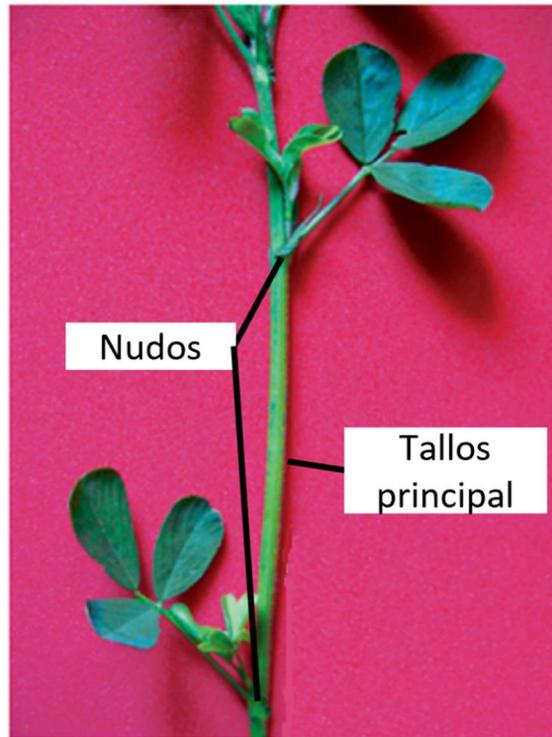
Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007)

4.4.2. Tallo y Corona

El tallo principal de la alfalfa exhibe estomas, pelos y nudos, que son puntos de origen para las hojas. Además, sirve como punto de partida para el crecimiento del tallo secundario, el cual forma un eje leñoso y perenne (Rodríguez & Spada, 2007) (ver figura 2).

Figura 2

Tallos de alfalfa, con sus respectivos nudos



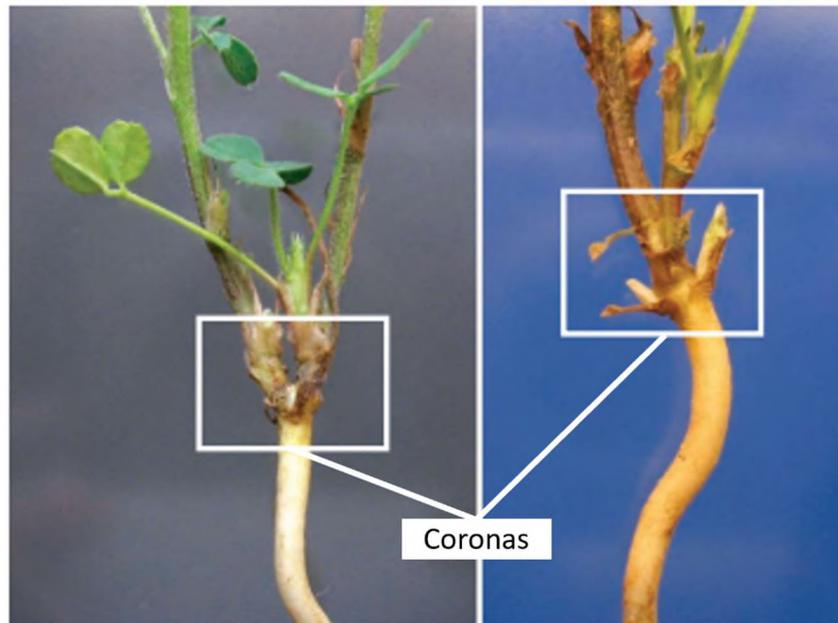
Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007)

La corona de la alfalfa se encuentra ubicada entre la parte aérea y las raíces de la planta y se va formando a medida que la planta se desarrolla, volviéndose más evidente con cada corte (Rodríguez & Spada, 2007) (ver figura 3). Según Damián (2017) en la temporada invernal, la corona adquiere una importancia significativa, ya que almacena sustancias de reserva y alberga yemas para el rebrote.

Como expresa Rossanigo et al. (1995), existe una relación interesante en la estructura de la alfalfa. Las variedades con latencia larga o intermedia tienden a tener coronas más grandes y más tallos por planta, mientras que las variedades de latencia corta o sin reposo muestran coronas menos desarrolladas y menos tallos por planta.

Figura 3

Formación de la corona



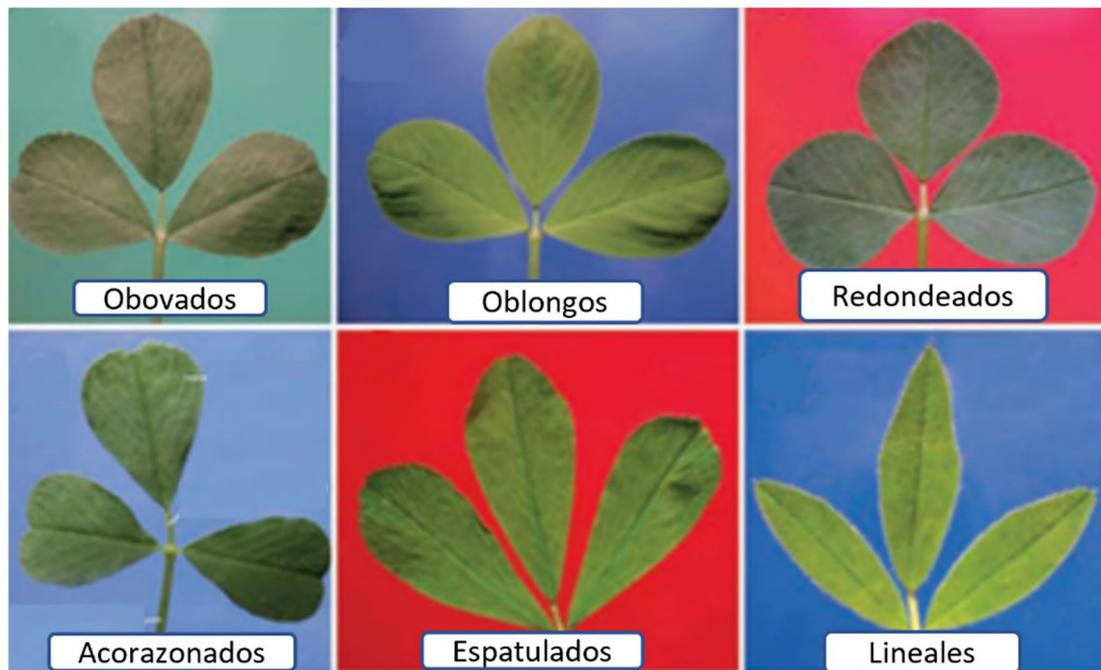
Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007)

4.4.3. Sistema foliar

Las primeras hojas son unifoliadas y de forma orbicular, posteriormente, las hojas subsiguientes se originan en el ápice del tallo (Rodríguez & Spada, 2007), los cuales son usualmente trifoliadas (León et al., 2018), y por lo general tienen forma oblonga. Sin embargo, es importante destacar que cada variedad de alfalfa puede presentar sus propias características particulares (Rodríguez & Spada, 2022) (ver figura 4).

Figura 4

Formas de folíolos



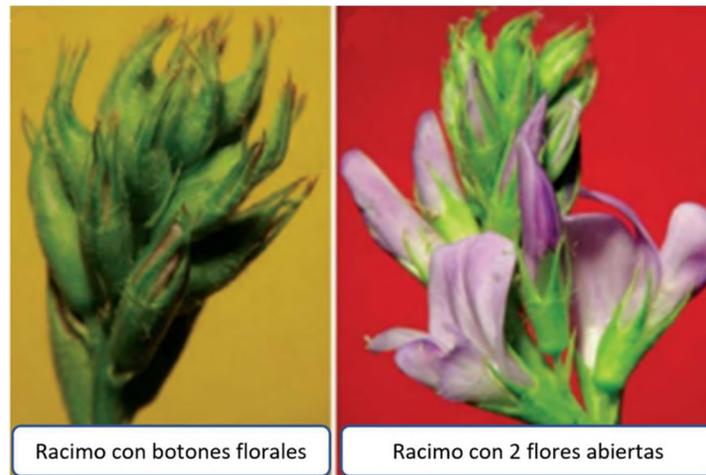
Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007)

4.4.4. Sistema reproductivo

Según Rodríguez & Spada (2007), la transición desde el estado de crecimiento al estado reproductivo en la alfalfa conduce a la formación de flores. Este proceso se inicia cuando una protuberancia aparece en la axila del primordio foliar, marcando el inicio de la floración. La inflorescencia resultante adopta una forma de racimo simple (ver figura 5).

Figura 5

Inflorescencia de la alfalfa

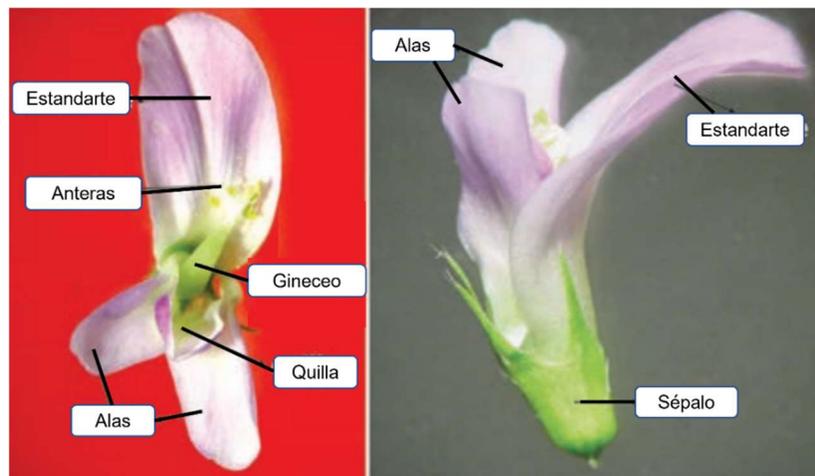


Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007)

Según Rodríguez & Spada (2007), la flor de la alfalfa consta de varias partes, incluyendo el cáliz, la corola, los estambres y el gineceo, lo que la hace una flor completa. La corola de la alfalfa tiene una forma papilionada que se asemeja a la de una mariposa (ver figura 6)..

Figura 6

Flor de la alfalfa y sus partes



Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007)

Según, Rodríguez & Spada, (2007), la alfalfa produce un fruto en forma de vaina, monocarpelar, seco, alargado y comprimido. Las semillas se alinean en la hilera ventral de la vaina (ver figura 7).

Figura 7

Evolución del fruto de la alfalfa



Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2022)

Como expresa León et al. (2018), la alfalfa es una planta dicotiledónea que presenta una capa de tegumento duro y coriáceo en sus semillas, lo que las hace impermeables al agua y al aire seco. Estas semillas suelen tener una forma arriñonada y una coloración amarillenta, aunque también pueden presentar variaciones en su forma y color (Rodríguez & Spada, 2022) (ver figura 8).

Figura 8

La semilla de la alfalfa



Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2022)

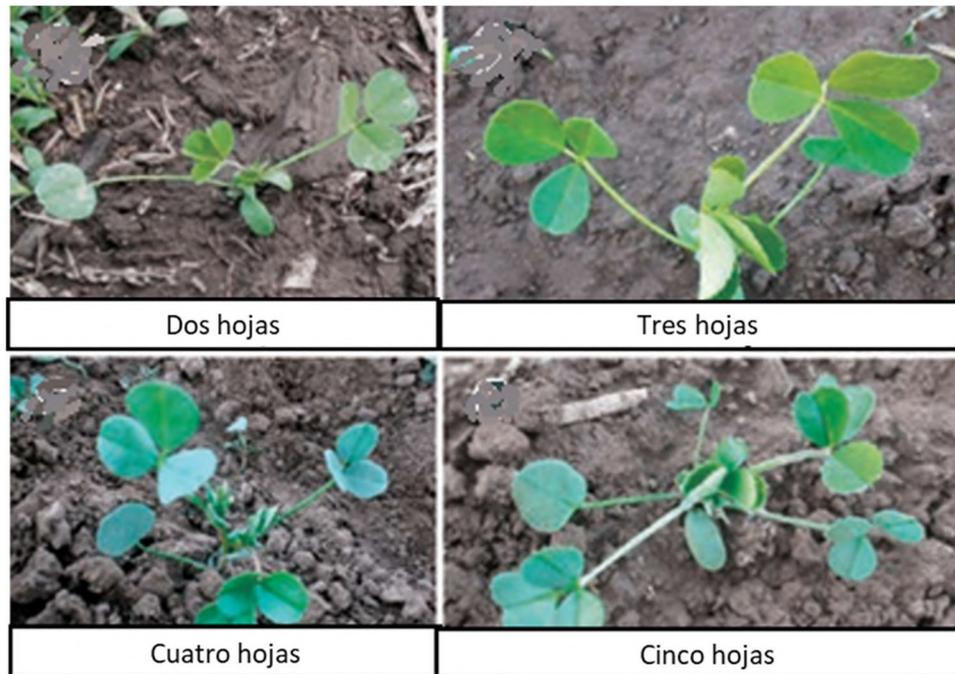
4.5. Características fenológicas de la alfalfa

4.5.1. Germinación y primeras etapas del desarrollo

Teniendo en cuenta a Rodríguez & Spada (2007), la semilla se embebe al contacto con el suelo húmedo, lo cual desencadena la germinación, comenzando con la formación de la raíz, el crecimiento de las hojas simples, de la primera hoja trifoliada, segunda hoja trifoliada (ver figura 9). La temperatura y la humedad influyen directamente los cambios fenológicos (Sulca, 2015).

Figura 9

Primeras etapas del desarrollo vegetativo



Nota. *Fuente: Adaptado de Rodríguez & Spada (2007)

Emergencia o germinación. De acuerdo con Oñate (2019), la temperatura y humedad del suelo desempeñan un papel fundamental en el proceso de germinación de las semillas. La alfalfa tiene un tipo de emergencia conocido como hipogea, ya que exponen sus cotiledones al entorno. Las plántulas de alfalfa comienzan a emerger después de 5 días desde la siembra (Sulca, 2015).

De acuerdo con Sulca (2015), la alfalfa desarrolla sus primeras hojas simples al sexto y séptimo día después de la siembra. Las primeras plántulas con hojas trifoliadas comienzan a aparecer entre el noveno y décimo día después de la siembra.

La segunda hoja trifoliada se observa de manera general después de nueve días desde la siembra. Las hojas trifoliadas cuarta y quinta suelen aparecer entre el día 20 y

el día 30 después de la siembra, y la séptima hoja trifoliada se observa aproximadamente a los 33 días después de la siembra (Sulca, 2015).

4.5.2. Estado vegetativo

En el estado vegetativo, la planta no presenta estructuras reproductivas, sino que se encuentra en las fases tempranas de su desarrollo (Rodríguez & Spada, 2007). De acuerdo con Sulca (2015), los cambios morfológicos en la planta de alfalfa comienzan a manifestarse después de 35 días desde la siembra y se completan aproximadamente a los 68 días, momento en el cual la planta de alfalfa entra en la fase reproductiva.

Estado vegetativo temprano: Como señalan Kalu & Fick (1981), es caracterizada, por, los tallos que tienen una altura inferior o igual a 15 cm y no presentan yemas axilares debido a su desarrollo limitado.

Estado vegetativo medio: De acuerdo con Rodríguez & Spada (2022), se observa una o dos hojas nuevas desplegadas en las axilas de las hojas viejas, y la altura de los tallos oscila entre 16 y 30 cm.

Estado vegetativo tardío: Según Kalu & Fick (1981), en dicho estado, los tallos superan los 30 cm de altura y presentan ramificaciones que constan de tres o más hojas.

4.5.3. Estado de botones florales

En este punto, comienza la diferenciación meristemática hacia la fase reproductiva, y se pueden observar los botones florales en los ápices de crecimiento. Las yemas reproductivas comienzan a aparecer, y los primordios florales toman una estructura globular que es fácilmente perceptible a simple vista y al tacto, a diferencia de los apéndices foliares, que son planos (Rodríguez & Spada, 2007).

Botón floral temprano: Como señala Ünal et al. (2023), en el botón floral temprano, se pueden observar los botones florales en uno o dos nudos, los cuales son próximos y son palpables. Además Sulca (2015), esta etapa se alcanza entre los días 54 y 56 después de la siembra, y generalmente se presenta con la presencia de 1 a 2 nudos.

Botón floral tardío: Este estado se caracteriza por la presencia de tres o más nudos con inflorescencias visibles, y los botones florales están separados en el racimo (Ünal et al., 2023). Como expresa Sulca (2015), la fase de botón floral tardío ocurre entre los días 64 y 68 después de la siembra y se caracteriza por la presencia de tres o más nudos florales.

4.5.4. Estado de floración

La alfalfa requiere de días largos con un fotoperiodo de 12 a 16 horas para inducir la floración (Damián, 2017). Como plantean Rodríguez & Spada (2022), la floración representa la expresión del estado reproductivo de la planta.

Inicio de floración o floración temprana: En esta etapa, se caracteriza por la apertura de una o más flores, y el estandarte de la flor está desplegado (Rodríguez & Spada, 2007). En opinión de Sulca (2015), la floración se observa en el intervalo de 66 a 70 días después de la siembra, con menos del 10 % de las flores en este estado.

Plena floración: Esta fase fenológica ocurre después de los 75 días desde la siembra, y se visualiza aproximadamente un 50% de floración, lo que la convierte en la etapa más adecuada para realizar el corte (Sulca, 2015). Según Ünal et al. (2023), indican que el momento de corte se determina con un 10% de floración.

Floración tardía: Kalu & Fick (1981), indican que en esta etapa se observa un mayor porcentaje de inflorescencias en el tallo, con al menos dos nudos que presentan flores abiertas y ausencia de vainas.

4.5.5. Estado de fructificación

La fase de desarrollo de los frutos y semillas comienza después de la polinización de las flores. Sin embargo, este proceso no se observa cuando el forraje es utilizado para alimentar el ganado (Rodríguez & Spada, 2022).

Estado de fructificación temprana: En esta etapa, la fructificación se observa en la porción media del tallo, mientras que en la porción apical aún se encuentran flores (Rodríguez & Spada, 2007). Kalu & Fick (1981), afirman que de uno a tres nudos presentan una reciente formación de vainas de coloración verduzca.

Estado de fructificación tardía: Esta fase se caracteriza por la presencia de cuatro o más nudos con vainas verdes, bien desarrolladas y espiraladas. Además, los tallos más viejos muestran una alta ramificación y defoliación (Kalu & Fick, 1981).

Estado de vainas maduras: En su mayoría, las vainas en esta etapa son de color marrón y están deshidratadas. Los tallos también se vuelven muy fibrosos (Kalu & Fick, 1981). Según Rodríguez & Spada (2007), este es el momento óptimo para la cosecha de las semillas.

4.6. Características agronómicas de la alfalfa

Carbonel et al., (2018) afirman que las heladas meteorológicas son un peligro persistente para el cultivo de alfalfa, mientras la temperatura tiene una estrecha relación lineal con el rendimiento.

4.6.1. Densidad y cobertura

Densidad de plantas: La densidad es una evaluación donde se determina la cantidad de plantas de una cierta área, Según Oñate & Flores (2019), es una evaluación donde se emplea un cuadrante de 0.5m^2 - 1m^2 para realizar un conteo manual de las plantas dentro del cuadrante, y luego se expresa la cantidad en número de plantas por metro cuadrado. Estas evaluaciones se llevan a cabo en diferentes fechas, que dependen de la variedad y las condiciones edafoclimáticas.

Cobertura de plantas: La cobertura es el porcentaje de la cantidad de plantas de alfalfa, mediante la observación de los espacios vacíos, las áreas con alfalfa y la presencia de malas hierbas en el campo experimental (Ordoñez et al., 2019).

4.6.2. Longitudes y tasas de crecimiento

Altura de planta: Considerada como la distancia media comprendida entre el ápice de la hoja hasta la parte basal del tallo, lo cual se evalúa en distintas fases fenológicas (Oñate & Flores, 2019). Para llevar a cabo esta medición, se utiliza una cinta milimétrica, colocada aleatoriamente en la parcela experimental y se realiza un día antes de la cosecha (Rojas et al., 2016).

Tasa de crecimiento de la altura: La tasa de crecimiento es el cociente de altura sobre el número de días, lo que establece la tasa de crecimiento en centímetros por día (cm/día). Por tanto, a mayor altura y menor número de días le corresponde una tasa de crecimiento más alta.

4.6.3. Materia verde (MV) y materia seca (MS) de la alfalfa

Se establece como la cantidad en kg de MV o MS que se encuentra en un metro cuadrado. Para hallar se utiliza un cuadrante de $1\text{m} \times 1\text{m}$, posteriormente se lanza

aleatoriamente al campo experimental, la parte delimitada por el cuadrante se corta y se pesa para hallar la materia verde por metro cuadrado, posteriormente según Mendoza et al. (2010), se toma una submuestra aproximadamente un 25%, lo cual es separado en tallos, hojas y sus demás componentes.

Materia seca de tallos. Los tallos separados de sus demás componentes de manera individual se someten a una estufa de circulación de aire forzado a una temperatura constante de 60 grados Celsius durante 48 horas. Este proceso continúa hasta que se logra eliminar el porcentaje adecuado de humedad de la muestra y posteriormente se pesan en una balanza de precisión (Argote et al., 2004).

Materia seca de hojas. Después de obtener las hojas, estas se someten a un proceso de secado similar a los de los tallos en la estufa con el objetivo de determinar la cantidad de materia seca presente en ellas. Una vez finalizado el proceso de secado, las hojas se pesan con una balanza de precisión para obtener un peso exacto.

Materia seca total. Es la suma de materia seca de hojas con la materia seca de tallos.

Porcentaje de materia seca. El porcentaje de materia seca se calcula dividiendo la cantidad de materia seca entre la cantidad de materia verde y luego multiplicando el resultado por cien.

Porcentaje de materia seca de tallos. Para determinar el porcentaje de materia seca en los tallos, se realiza una división de la materia seca de los tallos entre la materia seca total, y luego se multiplica el resultado por cien.

Porcentaje de materia seca de hojas. Se calcula dividiendo la cantidad de materia seca de las hojas entre la cantidad de materia seca total y luego multiplicando el resultado por cien.

4.6.4. Ratio hoja/tallo

El cociente entre el peso seco de las hojas y el peso seco de los tallos determina el índice de la relación hoja/tallo en la alfalfa. En este proceso, la parte aérea de la alfalfa se divide en sus componentes morfológicos, es decir, hojas y tallos. Estos componentes se deshidratan y se pesan meticulosamente. Finalmente, el índice de la relación hoja/tallo se estima utilizando estos valores, siguiendo el método descrito por Oñate & Flores (2019).

4.7. Panorama varietal de la alfalfa

Según Undersander et al. (2011), existen más de 250 variedades de alfalfa disponibles, de las cuales el Perú tiene acceso a más de 30 entre los cuales son: Beacon, Moapa 69, Alta Sierra, Ranger, San Pedro, Monsefú, Cuf 101, Hortus 1001, Hortus 1002, Hortus 401, Hortus 901, Lecherita, Califina, California 55, Supersonic, Alfamaster 10, Alfaplus, AGP 350, AGP 450, AGP 550, AGP 650, Andia 4, Andina 6, Rebound, Monarca, Moapa Superior, WL-625-HQ, WL-440-HQ, WL-350-HQ, Super Alabama W550, WL-330-HQ, Super Alabama SW435, Super Alabama SW8210 (MINAM, 2019).

La selección de los cultivares para la siembra se basa en su buen comportamiento agronómico (Rossanigo et al., 1995) y en su capacidad de adaptación al reposo invernal específico que concuerde con las condiciones edafoclimáticas locales.

Oñate (2019) sugiere una relación indirecta entre la persistencia de la alfalfa y su latencia invernal. Por el contrario, las variedades de latencia larga dejan de crecer

activamente con los primeros fríos del otoño, mientras que las variedades sin latencia continúan creciendo incluso con bajas temperaturas en otoño. Estos cultivares se pueden clasificar en tres grupos (ver tabla 2) (Rossanigo et al., 1995).

Tabla 2

Reposo invernal de la alfalfa (dormancia)

Grupo	Grado	Variedades de alfalfa
Reposo intermedio largo	3 – 5	AGP 350, Andina 4
Reposo intermedio corto	6 – 7	AGP 450, Andina 6
Sin reposo	8 – 10	Supersonic, Moapa 69

Nota. *Fuente: Adaptado de Rossanigo et al. (1995)

4.7.1. Variedad Alfamaster 10

Catálogo AGP (2019) destaca como la alfalfa de última generación desarrollada en Estados Unidos de América, la mejor variedad del mercado peruano debido a su impresionante velocidad de rebrote y la abundancia de folíolos que se extienden desde la base del tallo. Una de sus características más notables es su rusticidad, lo que le permite adaptarse a una amplia gama de tipos de suelos y climas, desde valles costeros hasta regiones interandinas, incluso en altitudes de hasta 3 400 metros sobre el nivel del mar. Además, su alto grado de dormancia (10) la coloca en una posición ventajosa en comparación con otras variedades no dormantes disponibles en el mercado.

Esta variedad se caracteriza por tener muchas hojas desde la base del tallo y una densidad excepcional, con coronas amplias y tallos erguidos. Su tamaño y producción considerables la hacen apta para la producción de heno o ensilaje. Además, se adapta perfectamente tanto al riego por gravedad como al riego por aspersión.

La digestibilidad de sus hojas y tallos es notable, lo que permite alcanzar el máximo potencial en la producción lechera, ya que se requiere menos tiempo de rumia para aprovechar su materia seca (ver tabla 3).

Tabla 3

Especificaciones de la variedad Alfamaster 10

Especificaciones	
Dormancia	Grado 10 (no dormante)
Producción	25 a 30t MS/ha/año
N° cortes	9 – 11 por año
Tamaño	80 cm
Adaptación	Valles costeros e interandinos hasta 3300 msnm
Tolerancia a sequia	Alta
Enfermedades	Resistencia a Phytophthora, Collectotrichum y alta resistencia a Fusarium
Plagas	Resistencia a áfidos
Longevidad	3 - 5 años
Proteína	24%
Energía	6.2 MJ/Kg MS
Digestibilidad	75%

Nota. *Fuente: Adaptado de Catalogo AGP (2019)

4.7.2. Variedad Supersonic

Catalogo AGP (2019) afirma que es una alfalfa premium australiana como una elección ideal para pastoreos intensivos y programas de corte. Esta variedad se caracteriza por el considerable tamaño de sus hojas, lo que le permite acumular una mayor cantidad de proteínas y energía (ver tabla 4).

Esta alfalfa posee una capacidad única para prevenir la entrada de malezas y es resistente al pisoteo causado por el pastoreo debido a su amplia cobertura del área.

Además, es conocida por su perfil altamente lechero gracias a su excepcional relación hoja/tallo. Su mejor rendimiento generalmente se observa en el tercer corte, cuando se establece de manera más efectiva.

Tabla 4

Especificaciones de la variedad Supersonic

Especificaciones	
Dormancia	Grado 8
Producción	22 a 28 t MS/ha/año
N° 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%

Nota. *Fuente: Adaptado de Catalogo AGP (2019).

4.7.3. Variedad Moapa 69

Según AgroBesser (2023), es una variedad, desarrollada en los Estados Unidos de América, se caracteriza por tener una dormancia de nivel 8. Es tolerante a suelos con un pH que oscila entre 6.5 y 7.5 y se adapta a altitudes que van desde los 2 000 hasta los 3 500 msnm. Esta versatilidad la hace adecuada tanto para pastoreo como para su uso en programas de corte, heno y otros finos agrícolas.

La duración de su rendimiento en la pradera dependerá en gran medida del manejo y la fertilización aplicadas, con la capacidad de mantenerse productivo durante

hasta 7 años. Esta variedad presenta una producción de forraje que varía entre 6 y 8 cortes al año y se caracteriza por su crecimiento erguido y su rápida recuperación después del corte (ver tabla 5).

Tabla 5

Especificaciones de la variedad Moapa 69

Especificaciones	
Dormancia	Grado 8
Producción	20 a 25 t MS/ha/año
N° cortes	6 a 8 cortes por año
Tamaño	70 cm
Longevidad	Hasta 7 años
Adaptación	2000 a 3500 msnm.
Tolerancia a sequias	Regular
Enfermedades	Moderada resistencia a fusarium
Proteína	22%
Energía	6.5 MJ/Kg MS
Digestibilidad	70%

Nota. *Fuente: Adaptado de AgroBesser (2023)

V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Lugar de la ejecución de la investigación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH), perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria (EPIA), filial Andahuaylas, de la Facultad de Agronomía y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). Este centro está ubicado en el Centro Poblado de Chumbao, distrito de Andahuaylas, provincia de Andahuaylas, en la región Apurímac, a una latitud de 13°40'7.2" S, longitud 73°24'29.4" W y una altitud de 2,851 msnm (ver figura 10).

Figura 10

Localización del campo experimental



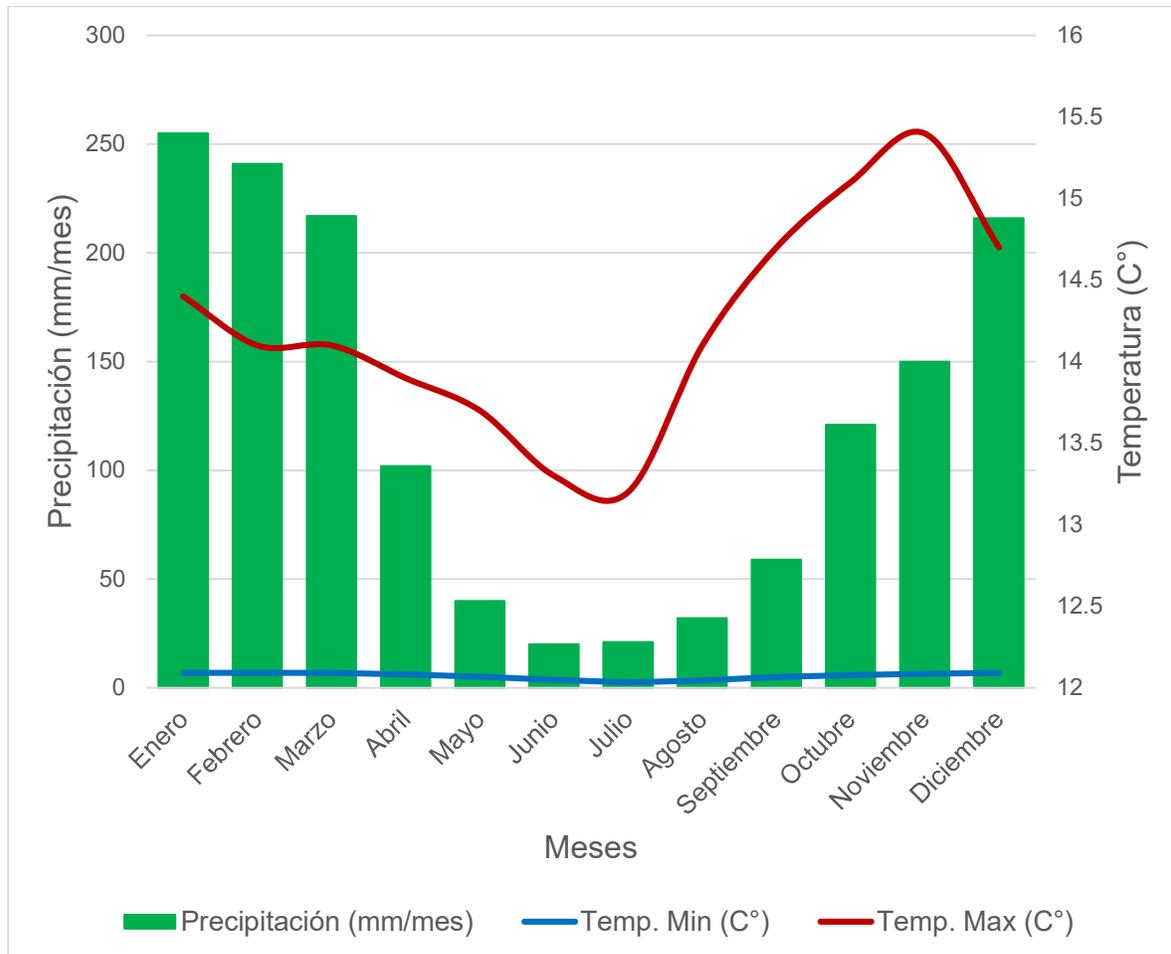
Nota. *Fuente: Adaptado de Google Earth (2023).

La parcela experimental tiene una elevación mínima de 2 849 msnm, una elevación media de 2 851 msnm y la elevación máxima de 2 857 msnm. El terreno tiene las características de un suelo franco limoso y una pendiente aproximada de 8% propicio para el cultivo de alfalfa.

Según el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio ECMWF (2023) el clima en Andahuaylas es suave, y generalmente cálido y templado. En comparación con el invierno, los veranos tienen mucha más lluvia, por lo tanto, la precipitación en Andahuaylas es muy variado teniendo el pico más bajo en el mes de junio, con un promedio de 20 mm, mientras que, en enero, la precipitación alcanza su pico más alto, con un promedio de 255 mm, por lo tanto, la precipitación aproximada anual supera los 800 mm. En otro contexto la temperatura media anual en Andahuaylas se encuentra a 9.3 °C (ver figura 11).

Figura 11

Climograma de la provincia de Andahuaylas para el año 2023



*Nota, *Fuente: Adaptado del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (2023).*

Antes de la instalación, se llevó a cabo un análisis del suelo en este sitio, revelando un pH ligeramente alcalino, una conductividad eléctrica elevada, una proporción significativa de materia orgánica, niveles intermedios de nitrógeno, altas concentraciones de fósforo y potasio, una estructura franco limosa y una favorable capacidad de intercambio catiónico (ver tabla 6).

Tabla 6*Caracterización del suelo*

Análisis de suelo	
Ensayo	Promedio (SE)
PH	7.7667 (0.0333)
Materia orgánica, %	4.9 (0.3786)
Nitrógeno %	0.2333 (0.0240)
Fósforo, ppm	23.81 (3.5758)
Potasio, ppm	347.0467 (25.3339)
Clase textural	Franco limoso

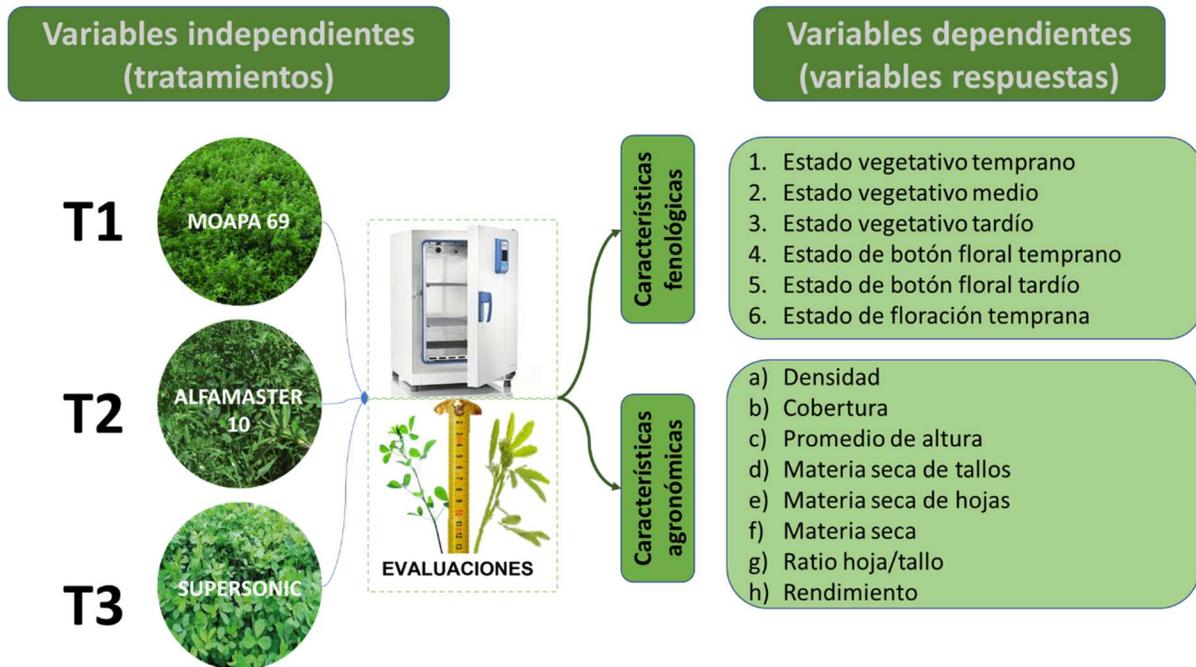
Nota. *Fuente: Adaptado de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens - LABSAF Canaan.

5.2. Diseño de la investigación

El presente estudio tuvo un enfoque experimental, utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres tratamientos correspondientes a diferentes variedades de alfalfa (variables independientes): Alfamaster 10, Supersonic y Moapa 69. Se evaluaron los tratamientos en diferentes estados fenológicos (variables dependientes), incluyendo estado vegetativo temprano V0 (días), vegetativo medio V1 (días), vegetativo tardío V2 (días), botón floral temprano B1 (días), botón floral tardío B2 (días) y floración temprana F1 (días). Además, se realizaron evaluaciones agronómicas (también variables dependientes), como densidad de plantas (plantas/m²), cobertura (%), altura promedio de las plantas (cm), materia seca total (g/m²), materia seca de tallos (g/m²), materia seca de hojas (g/m²) y la relación hojas/tallos (H/T) (ver figura 12).

Figura 12

Esquema del diseño experimental de la investigación

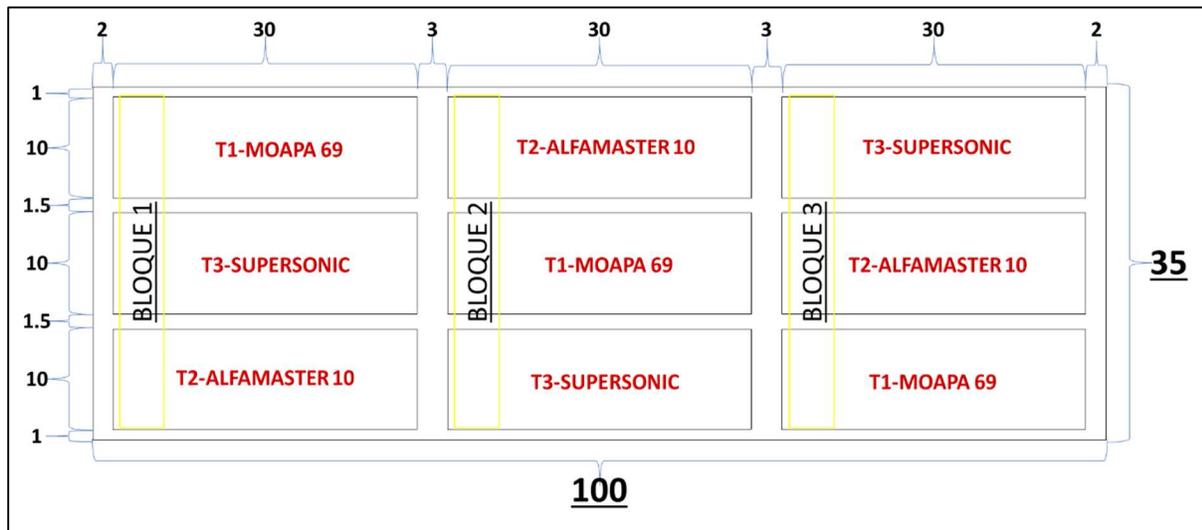


Nota. *Fuente: Elaboración propia

Las unidades experimentales se distribuyeron en parcelas de 10 m x 30 m (300 m²), los cuales fueron las diferentes variedades de alfalfa (Alfamaster 10, Supersonic y Moapa 69) cada uno con 3 repeticiones, donde la asignación de las variedades a las parcelas se llevó a cabo de manera aleatoria y en las áreas entre las parcelas se sembró pasto Ryegrass variedad Tama mezcladas con alfalfa (ver figura 13).

Figura 13

Distribución espacial de las parcelas experimentales.



Nota. *Fuente: Elaboración propia

5.3. Instalación y equipos

5.3.1. Labores culturales

Preparación del terreno. La preparación del terreno implicó arar en forma cruzada hasta lograr un buen mullido. Luego, se niveló el terreno mediante el rastrado para reducir el encharcamiento y eliminar las malas hierbas existentes. Todas estas labores se llevaron a cabo con un mes de anticipación a la fecha de siembra, lo que permitió la acumulación de humedad y un control efectivo de las malezas.

Siembra y delimitado. La delimitación se realizó mediante estacas de 40 centímetros de altura colocadas en los bordes, utilizando rafias para establecer los límites de la zona de experimentación. Además, se creó un surco delimitador en todos los bordes para sembrar pasto ryegrass variedad Tama, con el propósito de contrastar con la especie experimental.

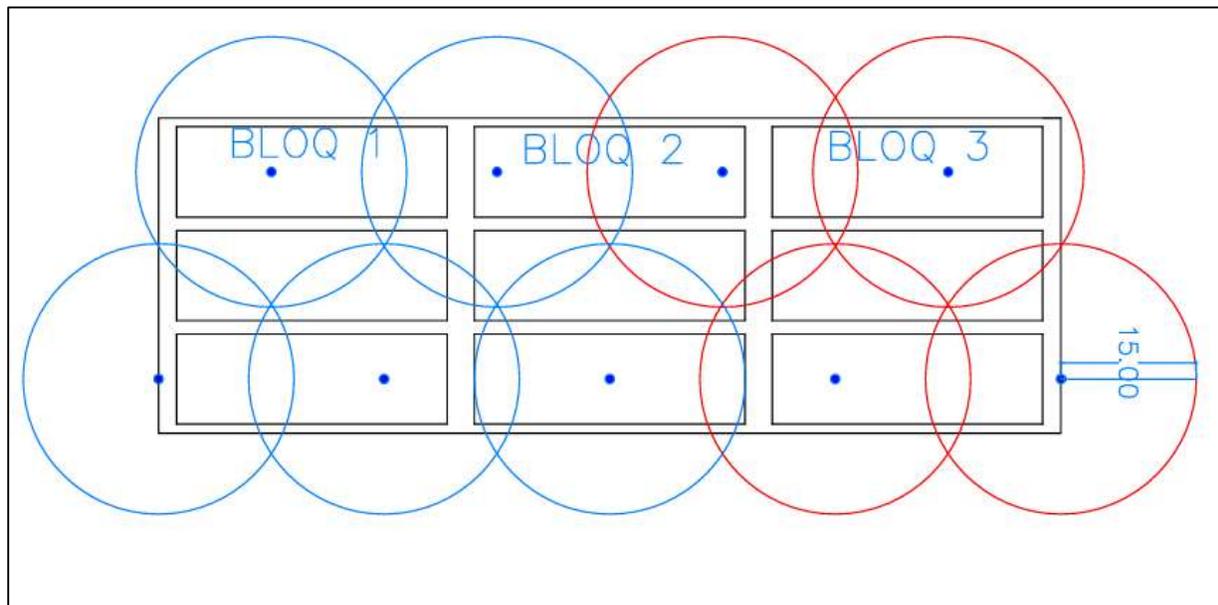
Dado que las semillas importadas vienen inoculadas y peletizadas, se realizó la siembra al voleo. Previo a la siembra, se evaluó la germinación para determinar su poder germinativo, aunque en la etiqueta se especifica un mínimo del 85%. La densidad de siembra fue de 0.6 kg por 300 m² (equivalente a 20 kg/ha) y no se acompañó con ningún otro forraje. Para cubrir las semillas, se utilizó un rastrillo, asegurando que quedaran a una profundidad de 1-1.25 cm. La siembra se llevó a cabo el 27 de enero del 2023.

Riego. Se implementó un sistema de riego que consistió en 9 parantes de madera, 9 niples de 1 m con rosca macho, 5 codos 90° con rosca hembra HDPE, 4 tee con rosca hembra HDPE, 2 valvulas de paso HDPE de 1 pulgada y 3 rollos de manguera HDPE con un diámetro de una pulgada, conectados a una matriz de dos pulgadas. Además, se instalaron 5 aspersores “Ibis” removibles de metal de una pulgada, con un radio de riego promedio de 15 metros. Estos aspersores se colocaron de manera estable y equidistante en el campo, y están representados en la figura como puntos azules rodeados por círculos (ver figura 14).

El riego se dividió en dos bloques: las áreas representadas en color rojo se regaron en el primer bloque, con una duración de 6 horas, y se utilizaron aspersores alimentados por dos mangueras de una pulgada, con capacidad para dos aspersores cada una. Las áreas en color azul se regaron en el siguiente bloque, también durante 6 horas, y emplearon 5 aspersores alimentados por 3 mangueras de una pulgada. Ambos bloques de riego se llevaron a cabo en un lapso de 12 horas y con una frecuencia de 12 días.

Figura 14

Distribución de los aspersores en el campo experimental



Nota. *Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Evaluación de las variables fenológicas.

Las evaluaciones fenológicas se realizaron siguiendo el método de Kalu & Fick (1981), utilizando un cuadrante de 1 m² en el cual se seleccionaron al azar tres plántulas por unidad experimental. Estas evaluaciones se realizaron después del tercer corte y fueron diarias. Se obtuvo el número exacto de días correspondiente a cada estado fenológico y se evaluaron hasta alcanzar el estado de floración tardía.

Estado vegetativo

En el séptimo mes después de establecer el alfalfar y tras completar el tercer corte, se iniciaron las evaluaciones de los estados vegetativos. Se realizó una evaluación diaria de la altura de 3 plántulas por unidad experimental.

Vegetativo temprano: Durante este estado del alfalfar, se evaluó desde el momento del corte hasta que alcanzó los 15 centímetros de altura, utilizando una cinta

métrica. Posteriormente, se calculó el promedio de los días necesarios para alcanzar dicha altura.

Vegetativo medio: Cuando las plantas de alfalfa alcanzaron una altura de 16 centímetros, se evaluó el siguiente estado hasta llegar a los 30 centímetros. Posteriormente, se calculó el número de días requeridos para que la variedad alcanzara el estado vegetativo medio.

Vegetativo tardío: Se evaluaron las variedades de alfalfa desde una altura de 31 centímetros hasta la primera aparición de los botones florales, utilizando una cinta métrica. Luego, se calculó el promedio en días de la duración del estado vegetativo tardío.

Estado de botones florales

Se evaluó el estado de botones florales, contando la cantidad de botones florales por planta y determinando con precisión la duración de los estados. La evaluación continuó hasta que se observara la presencia de flores.

Botón floral temprano: Se realizaron evaluaciones por planta desde la aparición de los botones florales hasta que se contaron 2 botones florales, calculando el promedio en días de la duración de este estado.

Botón floral tardío: Se realizaron evaluaciones después de la aparición de los dos botones florales hasta que se observaron más botones florales, y el proceso culminó con la aparición de las primeras flores. Estas evaluaciones se promediaron para determinar la duración en días de este período.

Estado de floración

Se evaluó la presencia y cantidad de flores por planta, realizando a cabo evaluaciones diarias y calculando la duración en días.

Floración temprana: Las evaluaciones se llevaron a cabo desde la aparición de las flores hasta que se contaron 2 flores por planta. Esta fue la última evaluación desarrollada hasta su culminación.

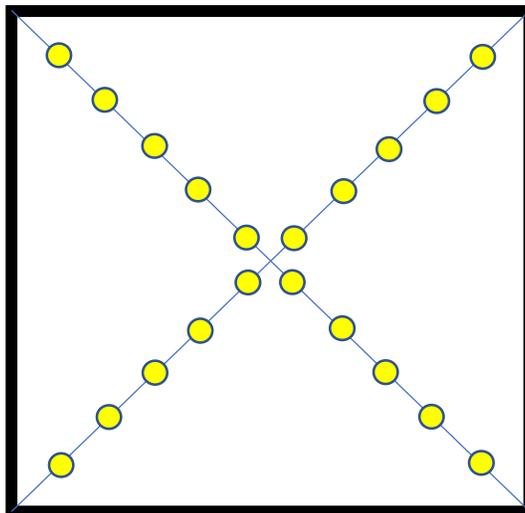
5.3.3. Evaluaciones de las variables agronómicas

Densidad: Las evaluaciones se basaron en la contabilización de las plantas de alfalfa utilizando un cuadrante de 1 m², expresando los resultados como el número de plantas por metro cuadrado. Se lanzó el cuadrante dos veces por unidad experimental, marcado con 4 estacas bordeadas por rafia. La primera evaluación se realizó 15 días después de la siembra, y las evaluaciones posteriores se realizaron a cabo 7 días después de cada corte.

Cobertura: El registro se llevó a cabo mediante visualización y el uso de un cuadrante anclado con dos cordeles, cada uno con 10 puntos intermedios (ver figura 15). Estos puntos intermedios se utilizaron como señuelos para las evaluaciones, y dependiendo de dónde tocarán, se registraba si era alfalfa, maleza o suelo desnudo. Cada transecto proporcionó 20 puntos de evaluación, dividiendo el número de alfalfa por 20 para obtener el resultado en porcentaje (%) y por cada unidad experimental se definieron dos transectos. Estas evaluaciones se realizaron 15 días después de la siembra y 7 días después de cada corte.

Figura 15

Instrumento de medición de la cobertura



Altura de planta: Las evaluaciones se realizaron cada 15 días para el primer corte, pero para los cortes 2, 3 y 4, se realizaron semanalmente. En el primer corte se realizaron 4 evaluaciones, en el segundo corte 7 evaluaciones, en el tercer corte 7 evaluaciones y en el cuarto corte 6 evaluaciones. Durante estas evaluaciones, se midieron tres plántulas de alfalfa por unidad experimental, utilizando una cinta métrica desde la parte basal del tallo hasta el ápice de las hojas. Las plántulas evaluadas se seleccionaron al azar, eligiendo 3 plantas por unidad experimental para promediar, y solo esas plántulas se evaluaron durante el experimento.

Materia seca de la alfalfa: Se extrajeron 2 muestras por unidad experimental utilizando un cuadrante de 1 m² que se lanzó sobre la parcela. Luego, se procedió a cortar con la segadera toda la alfalfa delimitada, retirando posteriormente las malezas y otras impurezas que no eran alfalfa. Las muestras fueron almacenadas en bolsas de papel, cada una debidamente codificada con un marcador de la siguiente manera: 1 (bloque) 1 (tratamiento) 1 (repetición) "111". Después, se pesaron en una balanza de

precisión en gramos para obtener el rendimiento de materia verde. Los tallos y hojas, fueron separados y codificados como "111-H" o "111-T" y se colocaron en bolsas más pequeñas que la muestra original del campo.

A continuación, el material se sometió a un proceso de deshidratación en la estufa de la marca TOMOS ODHG-9070A. Durante este proceso, las muestras fueron expuestas a una corriente de aire forzada a una temperatura constante de 60 °C y se mantuvo durante 48 horas, según el protocolo descrito por Argote et al. (2004). Este procedimiento se prolongó hasta que las muestras alcanzaron un peso constante.

Posteriormente, al retirar las muestras de la estufa, se procedió a su pesaje utilizando una balanza de precisión de la marca KERN ABJ-NM/ABS-N, con una exactitud de 0.1 miligramos, para determinar los pesos de los tallos y las hojas por separado.

Rendimiento de la alfalfa en materia verde (tMV/ha): La cantidad de materia verde recolectada de un área de 1 m² en kilogramos se multiplicó por 10 000 y se expresó en términos de toneladas de materia verde por hectárea (tMV/ha).

Rendimiento de la alfalfa en materia seca (tMS/ha): La producción de materia seca en kg/m² se multiplicó por 10 000 y se expresó para expresarlo en términos toneladas de materia seca por hectárea (tMS/ha).

Materia seca de tallos: Los tallos, después de ser separados, secados, codificados de manera exhaustiva y equipados con una terminal en forma de T, fueron pesados y la cantidad resultante se expresó en gramos de tallos por metro cuadrado (g/m²).

Materia seca de hojas: Las hojas, previamente secadas, completamente codificadas y dotadas de una terminal en forma de H, fueron pesadas y el resultado se expresó en gramos de hojas por metro cuadrado (g/m^2).

Relación hojas/tallos: Después de obtener el peso de materia seca de los tallos y las hojas, se procedió a evaluar el cociente entre el peso seco de las hojas y el de los tallos (MS hoja/MS tallos) con el fin de obtener la relación correspondiente (Fick & Holthausen, 1975).

5.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en la investigación estuvieron tabulados y promediados en una hoja de cálculo Excel de Microsoft Office. Todas las variables pasaron por un análisis exploratorio para detección de datos atípicos y luego fueron analizados bajo un diseño de bloques completamente aleatorizados:

$$y_{ij} = \mu + t_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

y_{ij} : Son las características fenológicas, agronómicas y de asignación de recursos.

μ : Es la media general.

t_i : Es el efecto de i-ésimo tratamiento sobre la variable respuesta.

B_j : Es el efecto del j-ésimo bloque sobre la variable respuesta.

e_{ij} : Error experimental.

Este modelo cumplió los supuestos de normalidad (test de Shapiro Wilk) y homocedasticidad (test de Breusch Pagan), las cuales fueron cumplidas satisfactoriamente.

Las comparaciones de medias se realizaron por el método de Tukey, con un nivel de significación del 0.05 y para todos los procesos de análisis se utilizó el software libre R 4.2.3.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Variables fenológicas en el cuarto corte

Los promedios de los estadios vegetativos, V0, V1, V2, B1, B2 y F1 fueron de 7.89, 8, 10.07, 3.33, 11.3 y 8.74 días, respectivamente. Se observó una influencia significativa de la variedad en el estadio V0 ($p < 0.05$), donde la variedad Supersonic mostró más días en comparación a la variedad Alfamaster 10. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los demás estadios. Cabe destacar que los bloques no ejercieron una influencia significativa en ninguna de las variables evaluadas (ver tabla 7),

Tabla 7

Promedio (desviación estándar) para los estadios fenológicos de la alfalfa (días)

Factor	N	V0	V1	V2	B1	B2	F1
Variedad		[0.0115]	[0.0803]	[0.202]	[0.3906]	[0.362]	[0.373]
Alfamaster 10	3	6.67 (0.19)b	7.33 (0.67)	11 (0.69)	3.22 (0.11)	10.89 (0.8)	8.78 (0.59)
Moapa 69	3	7.78 (0.29)ab	7.89 (0.48)	9.56 (0.73)	3.22 (0.22)	11.78 (0.48)	9.33 (0.84)
Supersonic	3	9.22 (0.4)a	8.78 (0.11)	9.67 (0.51)	3.56 (0.4)	11.22 (0.59)	8.11 (0.4)
Bloque		[0.4839]	[0.0922]	[0.172]	[0.0772]	[0.0621]	[0.237]
1	3	8 (0.69)	7.44 (0.62)	9.11 (0.29)	3.22 (0.11)	12.33 (0.19)	8.89 (0.87)
2	3	7.56 (0.68)	7.78 (0.59)	10.33 (0.69)	3 (0)	11.11 (0.11)	9.44 (0.4)
3	3	8.11 (0.95)	8.78 (0.11)	10.78 (0.78)	3.78 (0.29)	10.44 (0.68)	7.89 (0.22)
Total	9	7.89 (0.4)	8 (0.32)	10.07 (0.4)	3.33 (0.15)	11.3 (0.34)	8.74 (0.36)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloques sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas. V0: vegetativo temprano, V1: vegetativo medio, V2: vegetativo tardío, B1: botón floral temprano, B2: botón floral tardío y F1: floración temprana.

Según Santana (2009) en Canaán, en el Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Huamanga, a una altitud de 2 750 msnm, los botones florales aparecieron a los 51 días, mientras que las primeras flores se manifestaron a los 76 días. En el caso de

Choccepuquio, los botones florales en el cuarto corte aparecieron en un rango promedio de 28 - 32 días, y las flores se presentaron entre los 47 - 51 días.

De acuerdo con Sulca (2015), entre los días 54 y 56 aparecen los botones florales, con la presencia de uno a dos botones florales. En cuanto a la floración temprana, se manifestó entre el día 66 y el día 70. En el estudio actual, en el cuarto corte, los botones florales aparecieron entre los días 28 y 32, mientras que la floración se observó entre los días 47 y 51.

Kalu & Fick (1981) observaron un aumento en la velocidad de crecimiento durante el rebrote de primavera, un crecimiento constante durante el rebrote de verano y una disminución en la velocidad de desarrollo durante el rebrote de otoño. Mientras tanto, en el presente estudio, se registró un rápido crecimiento desde el 27 de enero hasta el 23 de abril. A partir del 27 de abril hasta el 26 de junio, se observó un rebrote más lento. Desde el 1 de julio hasta el 25 de agosto, el crecimiento fue ligeramente rápido, y finalmente, desde el 25 de agosto hasta el 9 de octubre, se evidenció un crecimiento veloz.

Pombosa (2016) dividió el ciclo de crecimiento de la alfalfa en tres fases: etapa inicial, etapa de desarrollo y etapa intermedia, que abarcaron un total de 134 días en el primer corte. En el segundo corte, la fase de desarrollo se extendió por 57 días, mientras que la etapa intermedia tuvo una duración de 36 días. Como resultado, el segundo corte se llevó a cabo después de 93 días. En Choccepuquio, se llevaron a cabo los cortes después de pasar por 6 estadios; el primer corte se realizó a los 90 días, el segundo a los 60 días, el tercero a los 55 días y el cuarto a los 45 días.

6.2. Variables agronómicas

6.2.1. Densidad de plantas

Los cortes primero, segundo, tercero y cuarto promediaron 191.59, 78.56, 106.59 y 107.89 plantas/m² respectivamente. Se observó que el factor variedad no influenció significativamente ($p < 0.05$) en la densidad de los cuatro cortes. Por otro lado, el bloque sí tuvo un impacto significativo ($p < 0.05$) en el primer corte, siendo el bloque 3 con mayor densidad con respecto al bloque 1. En los cortes 2, 3 y 4, el bloque no tuvo una influencia significativa ($p < 0.05$) en la densidad. (ver tabla 8).

Tabla 8

Promedio (desviación estándar) de la densidad de plantas (plantas/m²).

Factor	n	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.8434]	[0.5716]	[0.439]	[0.81]
Alfamaster					
10	3	194.56 (57.36)	81 (12.84)	103.11 (0.78)	109.33 (5.42)
Moapa 69	3	198 (28.06)	72 (9.23)	104.44 (3.67)	105.11 (3.39)
Supersonic	3	182.22 (35.82)	82.67 (11.53)	112.22 (5.98)	109.22 (3.37)
Bloque		[0.0209]	[0.0709]	[0.908]	[0.994]
1	3	123.78 (18.22) b	65.44 (3.58)	105.44 (3.11)	108.33 (3.36)
2	3	191.78 (8.5) ab	72.78 (10)	106 (2.78)	107.67 (2.73)
3	3	259.22 (20.95) a	97.44 (4.7)	108.33 (7.37)	107.67 (6.26)
Total	9	191.59 (21.27)	78.56 (5.89)	106.59 (2.49)	107.89 (2.2)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloque sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas

Según la investigación realizada por Oñate (2019) en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador, a una altitud de 2 700 a 2 900 metros sobre el nivel del mar, los valores promedio de densidad de plantas fueron de 18 a 20 por metro cuadrado. El estudio afirmó que en los alfalfares con una densidad de 30-70 plantas establecidas por metro cuadrado es suficiente para alcanzar máximos rendimientos de

forraje. En esta investigación, la densidad promedio fue de 107.89 plantas por metro cuadrado, y se observó que algunas plantas no alcanzaron su desarrollo óptimo a esta densidad.

Santana (2009) reportó densidades de hasta 120 plantas/m² con la variedad Cuf 101 y 118 plantas/m² con Moapa, mientras que las demás variedades presentaron índices menores. En Choccepuquio, se registró un promedio relativamente bajo, con 107.89 plantas/m², lo cual se atribuye a la cantidad de malezas que se registró en las fases iniciales.

Según Álvarez et al. (2018), las variedades Júpiter, Vía Láctea, Milenia, Atlixco y Oaxaca mostraron los mayores valores con un promedio de 68 plantas/m², mientras que la variedad Valenciana tuvo el valor más bajo con 32 plantas/m². Las densidades estacionales fueron las siguientes: otoño (80 plantas/m²), invierno (64 plantas/m²), primavera (52 plantas/m²) y verano (44 plantas/m²). Estos resultados fueron inferiores a los obtenidos en este estudio, ya que las densidades promedio en los cuatro cortes fueron de 191.59, 78.56, 106.59 y 107.89 respectivamente.

6.2.2. Cobertura basal

Los cortes primero, segundo, tercero y cuarto tuvieron un promedio de cobertura basal del 0.54%, 0.43%, 0.49% y 0.51%, respectivamente. Se observó que la variedad no tuvo una influencia significativa ($p < 0.05$) en el porcentaje de cobertura basal en los cuatro cortes. En cambio, el bloque sí influyó significativamente ($p < 0.05$) en el primer corte, siendo el bloque 3 el que mostró una mayor cobertura en comparación con el bloque 1. No se encontró una influencia significativa del bloque en los cortes 2, 3 y 4 ($p < 0.05$) (ver tabla 9).

Tabla 9*Promedio (desviación estándar) de la cobertura de plantas (%)*

Factor	N	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.4444]	[0.912]	[0.444]	[0.939]
Alfamaster					
10	3	0.52 (0.03)	0.44 (0.03)	0.47 (0.02)	0.5 (0.03)
Moapa 69	3	0.54 (0.02)	0.43 (0.02)	0.47 (0.02)	0.51 (0.01)
Supersonic	3	0.54 (0.03)	0.42 (0.04)	0.52 (0.02)	0.51 (0.02)
Bloque		[0.0351]	[0.35]	[0.94]	[0.786]
1	3	0.49 (0.02)b	0.41 (0.03)	0.48 (0.02)	0.5 (0.02)
2	3	0.53 (0.01)ab	0.42 (0.03)	0.49 (0.02)	0.52 (0.02)
3	3	0.58 (0.01)a	0.47 (0.01)	0.48 (0.03)	0.5 (0.03)
Total	9	0.54 (0.02)	0.43 (0.01)	0.49 (0.01)	0.51 0.01)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloque sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas.

Las investigaciones llevadas a cabo en el Cantón Riobamba demostraron que, para el primer corte, las variedades evaluadas obtuvieron un rango de cobertura basal del 25 al 34%, siendo el ecotipo Flor Morada, SW-8210 y Cuf-101 los que mostraron los mejores índices (Oñate, 2019). En contraste, en Choccepuquio, la cobertura basal alcanzó en el último corte en promedio 51%.

En su experimento realizado en la estación experimental Tunshi, Chávez (2013) alcanzó un 24.55% de cobertura, mientras que en Choccepuquio se obtuvieron valores superiores al 43%.

6.2.3. Altura de plantas

Las alturas promedio para los cortes primero, segundo, tercero y cuarto fueron de 67.85 cm, 28.74 cm, 46.17 cm y 76.7 cm, respectivamente. Se observó una influencia significativa de la variedad ($p < 0.05$) en el tercer y cuarto corte. En particular, la variedad Alfamaster 10 mostró alturas significativamente superiores (54.13 cm en el tercer corte y

88.22 cm en el cuarto corte) en comparación con la variedad Supersonic (39.09 cm en el tercer corte y 67.56 cm en el cuarto corte) en ambas instancias. No se observaron diferencias significativas en las alturas entre la variedad Moapa 69 y las variedades Alfamaster 10 o Supersonic. Sin embargo, es importante señalar que no se encontraron diferencias significativas en las alturas entre las variedades durante el primer y segundo corte. Cabe destacar que el factor de bloque no tuvo una influencia significativa en ninguno de los cuatro cortes ($p < 0.05$). (ver tabla 10).

Tabla 10

Promedio (desviación estándar) de la altura de plantas (cm)

Factor	N	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.745]	[0.471]	[0.0466]	[0.0337]
Alfamaster 10	3	69.78 (5.54)	31.56 (2.86)	54.13 (1.58)a	88.22 (0.24)a 74.33
Moapa 69	3	67.83 (1.69)	29.44 (1.11)	45.3 (4.15)ab	(3.37)ab
Supersonic	3	65.94 (1.31)	25.22 (3.89)	39.09 (1.75)b	67.56 (5.91)b
Bloque		[0.433]	[0.859]	[0.4784]	[0.2894]
1	3	71.72 (4.92)	28.89 (5.66)	45.99 (5.31)	72.83 (9.02)
2	3	66.83 (0.67)	27.33 (0.58)	48.91 (3.37)	81.83 (3.31)
3	3	65 (1.5)	30 (0.88)	43.62 (5.77)	75.44 (6.61)
Total	9	67.85 (1.8)	28.74 (1.71)	46.17 (2.58)	76.7 (3.62)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloque sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas.

Según Oñate (2019), la altura promedio de las plantas de alfalfa fue de 77.97 cm para la variedad Flor Morada, mientras que las demás variedades introducidas oscilaron en un rango de 48 a 56 cm de altura. En comparación, en este estudio durante el cuarto corte, Alfamaster 10 superó con una altura de 88.22 cm, a los reportados por Oñate y a

la variedad Moapa 69 (74.33 cm), seguida de Supersonic con 67.56 cm, estas dos últimas variedades superaron a las variedades introducidas por Oñate.

Palomino (2019), demostró que la variedad California 55 mostró el mayor promedio de altura con 67.59 cm, seguida por SW 8210 con 60.10 cm, Alta Sierra con 57.8 cm y, finalmente, la variedad SW 8925 con 49.62 cm, estos resultados fueron inferiores en comparación con las variedades Alfamaster 10 y Moapa 69, mientras que Supersonic mostró una altura relativamente inferior a California 55.

Los resultados del promedio de altura en el presente experimento fueron superiores, con la excepción de Supersonic (67.56 cm), en comparación con los resultados de Aguilar (2017), donde el promedio de altura en la variedad Monsefú fue de 69.86 cm, seguida por la variedad San Pedro con 65.62 cm y Beacon con 55.40 cm.

Los mejores resultados en cuanto a la altura de la planta se obtuvieron con la variedad Iside tipo Moapa, alcanzando los 68.3 cm (Noli et al., 2004), sin embargo, en comparación con el experimento actual, tanto la variedad Moapa 69 como Alfamaster 10 mostraron alturas superiores, mientras que Supersonic registró índices relativamente inferiores en comparación con la variedad Iside tipo Moapa.

Argote et al. (2004) reportó menores alturas de planta en la variedad California 52 (37.7 cm) y Joya (39.7 cm) que las encontradas en los cortes del presente experimento, siendo 67.85 para el primer corte, excepción hecha del segundo corte que fue inferior con 28.74, 46.17 para el tercer corte y 76.7 para el cuarto corte.

Según Noli et al. (2006), la variedad California 55 (56.99 cm) y Beacon (54.12 cm) son superiores al promedio del segundo y tercer corte, pero inferiores al promedio del primero y cuarto corte, en relación al promedio de altura.

6.2.4. Materia seca total

Los cortes primero, segundo, tercero y cuarto promediaron 4.16, 125.31, 280.47 y 335.38 gramos por metro cuadrado, respectivamente. Se observó que la variedad tuvo una influencia significativa ($p < 0.05$) en el tercer y cuarto corte, donde la variedad Alfamaster 10 superó a la variedad Supersonic en ambos cortes. Sin embargo, no se presentan diferencias significativas en la materia seca total entre las variedades en el primer y segundo corte. Es importante destacar que el bloque no influyó significativamente en los cuatro cortes ($p < 0.05$) (ver tabla 11).

Tabla 11

Promedio (desviación estándar) de la materia seca total (g/m^2)

Factor	N	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.95]	[0.223]	[0.0356]	[0.0217]
Alfamaster 10	3	4.34 (1.6)	131.1 (1.59)	382.94 (26.76)a 244.04	404.47 (31.61)a 283.81
Moapa 69	3	4.42 (1.34)	131.57 (9.78)	(23.11)ab	(14.52)b 317.87
Supersonic	3	3.72 (1.65)	113.26 (3.77)	214.43 (28.52)b	(6.08)ab
Bloque		[0.647]	[0.75]	[0.8328]	[0.2877]
1	3	3.07 (0.36)	121.33 (5.35)	295.28 (20.26)	359.84 (40.33)
2	3	3.99 (1.53)	125.5 (8.24)	277.02 (56.62)	311.76 (20.02)
3	3	5.41 (1.83)	129.09 (10.48)	269.1 (79.76)	334.54 (50.12)
Total	9	4.16 (0.78)	125.31 (4.29)	280.47 (29.09)	335.38 (20.65)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloques sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas.

Según Palomino (2019), la variedad California 55 supera significativamente a otras variedades con un rendimiento de 0.248 kgMS/m². En comparación, Super Alabama SW 8925 alcanzó los 0.227 kgMS/m², Super Alabama SW8210 registró 0.171 kgMS/m², y la variedad Alta Sierra mostró 0.165 kgMS/m². En Choccepuquio, los

resultados promedio de materia seca por metro cuadrado en el primer (0.004 kgMS/m²) y segundo corte (0.125 kgMS/m²) son inferiores a los reportados por Palomino. Sin embargo, los promedios del tercer (0.280 kgMS/m²) y cuarto (0.335 kgMS/m²) son superiores, la cantidad de materia seca aumentó a medida que la alfalfa se fue adaptando al entorno.

6.2.5. Materia seca de tallos

Los cortes primero, segundo, tercero y cuarto promediaron 2.42, 49.54, 125.24 y 179.31 gramos por metro cuadrado, respectivamente. Se observó que la variedad tuvo una influencia significativa ($p < 0.05$) en el tercer y cuarto corte, donde la variedad Alfamaster 10 superó a la variedad Moapa 69 en ambos cortes. No se presentan diferencias significativas en la materia seca de tallos entre las variedades en el primer y segundo corte. Es importante destacar que el bloque no influyó significativamente en los cuatro cortes ($p < 0.05$). (ver tabla 12).

Tabla 12*Promedio (desviación estándar) de la materia seca de tallos (g/m²)*

Factor	N	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.912]	[0.235]	[0.00642]	[0.0361]
Alfamaster					
10	3	2.55 (0.96)	50.36 (2.8)	191.19 (9.09)a	210.41 (10.38)a
Moapa 69	3	2.62 (0.67)	53.46 (4.68)	100.17 (9.96)b	159.12 (7.49)b
Supersonic	3	2.09 (0.87)	44.8 (1.68)	84.37 (14.53)b	168.39 (9.64)ab
Bloque		[0.704]	[0.309]	[0.5427]	[0.4654]
1	3	1.96 (0.23)	46.57 (2.9)	136.92 (22.52)	189.56 (18.52)
2	3	2.22 (0.82)	48.22 (4.29)	120.54 (31.18)	172.5 (14.28)
3	3	3.08 (1.07)	53.83 (3.25)	118.27 (46.2)	175.86 (19.37)
Total	9	2.42 (0.43)	49.54 (2.08)	125.24 (17.6)	179.31 (9.15)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloque sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas.

Según Oñate & Flores (2019), las variedades introducidas a Ecuador sin fertilización fosfatada mostraron un promedio de materia seca de tallos de 100.5 -121.3 g/m², mientras que el ecotipo ecuatoriano mostró 230.6 g/m². En este presente estudio, tanto en el primer y segundo corte, los promedios fueron inferiores a los reportados por Oñate. Sin embargo, en el tercer corte, solo la variedad Alfamaster 10 supero a las variedades introducidas al suelo ecuatoriano, y en el cuarto corte, las tres variedades superaron a las introducidas al suelo ecuatoriano. A pesar de esto, el ecotipo ecuatoriano mostró mejores resultados que los obtenidos en este estudio. Cabe destacar en el estudio de Oñate solo se evaluó el primer corte, mientras que en este estudio se evaluaron hasta el corte cuatro, observándose mejoras en los índices de las diferentes variedades en cada corte.

6.2.6. Materia seca de hojas

Los cortes primero, segundo, tercero y cuarto promediaron 1.74, 75.77, 155.23 y 156.07 gramos por metro cuadrado, respectivamente. En este caso, la variedad no mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), en la materia seca de hojas en ninguno de los cortes. Además, el bloque no tuvo una influencia significativa en los cuatro cortes ($p < 0.05$) (ver tabla 13).

Tabla 13

Promedio (desviación estándar) de la materia seca de hojas (g/m^2)

Factor	N	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.984]	[0.3]	[0.194]	[0.0642]
Alfamaster					
10	3	1.78 (0.64)	80.73 (1.51)	191.75 (19.51)	194.05 (21.86)
Moapa 69	3	1.8 (0.68)	78.11 (5.1)	143.87 (14.65)	124.69 (12.41)
Supersonic	3	1.63 (0.79)	68.46 (4.91)	130.06 (15.7)	149.47 (5.72)
Bloque		[0.562]	[0.933]	[0.964]	[0.3976]
1	3	1.11 (0.15)	74.76 (3.33)	158.37 (2.27)	170.28 (21.83)
2	3	1.77 (0.72)	77.28 (5.24)	156.48 (26.73)	139.26 (6.14)
3	3	2.33 (0.76)	75.26 (7.34)	150.83 (33.98)	158.68 (33.77)
Total	9	1.74 (0.35)	75.77 (2.8)	155.23 (12.55)	156.07 (12.58)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloque sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas.

Oñate & Flores (2019) reportaron que las variedades Abunda verde, Cuf-101 y Sw-8210, sin fertilización fosfatada, mostraron un promedio de materia seca de hojas de entre 111.5 – 157.6g/m², mientras que el ecotipo ecuatoriano Flor Morada mostró 221.4g/m². En este estudio, el promedio de las tres variedades en los cuatro cortes fue inferior a los reportados por Oñate y Flores. Sin embargo, en el tercer corte y cuarto corte, la variedad Alfamaster 10 mostro 191.75g/m² y 194.05g/m², respectivamente, superando a las variedades introducidas al suelo ecuatoriano, aunque aún por debajo del ecotipo

ecuatoriano. En este estudio, medida que la alfalfa se establecía, la cantidad de materia seca de hojas por metro cuadrado mejoró en cada corte.

6.2.7. Ratio hoja tallo

Los cortes primero, segundo, tercero y cuarto promediaron 0.72, 1.57, 1.35 y 0.88 de ratio hoja/tallo respectivamente, En este caso, ni la variedad ni el bloque mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los cuatro cortes (ver tabla 14).

Tabla 14

Promedio (desviación estándar) del ratio hoja tallo (%)

Factor	N	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.4477]	[0.757]	[0.0928]	[0.644]
Alfamaster					
10	3	0.74 (0.08)	1.62 (0.12)	1 (0.08)	0.92 (0.07)
Moapa 69	3	0.66 (0.07)	1.51 (0.03)	1.44 (0.1)	0.8 (0.1)
Supersonic	3	0.75 (0.08)	1.56 (0.16)	1.62 (0.21)	0.91 (0.07)
Bloque		[0.0745]	[0.213]	[0.5494]	[0.908]
1	3	0.58 (0.02)	1.63 (0.09)	1.22 (0.19)	0.9 (0.02)
2	3	0.79 (0.08)	1.67 (0.1)	1.37 (0.16)	0.84 (0.05)
3	3	0.78 (0.04)	1.39 (0.06)	1.47 (0.29)	0.89 (0.14)
Total	9	0.72 (0.04)	1.57 (0.06)	1.35 (0.12)	0.88 (0.04)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloques sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas.

En comparación, Oñate (2019) en su experimento obtuvo una relación de 1.23 hojas de tallo para la variedad Abunda Verde, proseguida por las variedades Cuf 101 y SW8210 con valores (1.20 y 1.12) consecuentemente, mientras que en Choccepuquio se observaron ratios hojas/tallos mayores en el segundo y tercer corte (1.57 y 1.35), y menores en el primero y cuarto corte (0.72 y 0.88) en comparación con los resultados presentados por Oñate.

En el estudio realizado por Aguilar (2017) se observaron valores de 1.25 para la relación hoja/tallo en el primer corte y un promedio de 1.27 para el segundo corte. Por otra parte, la variedad AGP 350 mostró la mayor relación hoja/tallo con un valor de 2.21, seguida por Alfamaster (1.52), Supersonic (1.37), Alfaplus (1.29), Cuf 101 (1.19), Lecherita (1.13), California 55 (1.12), Beacon (1.07), San Pedro (0.88) y Monsefú (0.82). En el fundo Choccepuquio, las variedades presentaron en promedio relaciones hojas/tallos mayores en el segundo y tercer corte (1.57 y 1.35), y menores en el primero y cuarto corte (0.72 y 0.88).

Según Álvarez et al. (2018), las variedades con el mayor promedio de la relación hoja/tallo fueron Júpiter (1.8) y Oaxaca (1.4). En Andahuaylas, los cuatro cortes promediaron 0.72, 1.57, 1.35 y 0.88 respectivamente, siendo la variedad Júpiter la de mayor relación hoja/tallo frente a los cuatro promedios de los cortes.

6.2.8. Rendimiento

Los cortes primero, segundo, tercero y cuarto promediaron 41.58, 1253.09, 2804.67 y 3353.81 kg/ha respectivamente. En este caso, la variedad no mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el primer y segundo corte, pero sí en el tercero y cuarto, donde la variedad Alfamaster 10 superó a la variedad Supersonic. El bloque tampoco influyó significativamente en los cuatro cortes ($p < 0.05$) (ver tabla 15).

Tabla 15*Promedio (desviación estándar) del rendimiento (kg/ha)*

Factor	N	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Variedad		[0.95]	[0.223]	[0.0356]	[0.0217]
Alfamaster 10	3	43.37 (15.95)	1310.98 (15.9)	3829.36 (267.62)a	4044.68 (316.14)a
Moapa 69	3	44.22 (13.45)	1315.7 (97.79)	2440.37 (231.09)ab	2838.08 (145.2)b
Supersonic	3	37.15 (16.51)	1132.58 (37.73)	2144.28 (285.19)b	3178.67 (60.83)ab
Bloque		[0.647]	[0.75]	[0.8328]	[0.2877]
1	3	30.73 (3.65)	1213.34 (53.53)	2952.84 (202.58)	3598.36 (403.27)
2	3	39.9 (15.31)	1254.99 (82.39)	2770.21 (566.17)	3117.65 (200.23)
3	3	54.1 (18.34)	1290.92 (104.75)	2690.96 (797.59)	3345.42 (501.16)
Total	9	41.58 (7.76)	1253.09 (42.95)	2804.67 (290.94)	3353.81 (206.5)

*: Entre corchetes se encuentran los p-valores que evalúan la significación de las variedades y los bloques sobre las variables estudiadas. Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0.05$). n: Número de plantas.

En Choccepuquio, el rendimiento fue aumentando progresivamente, comenzando en 41.58 kg/ha hasta alcanzar los 3353.81 kg/ha en el cuarto corte. En comparación, Oñate (2019) reportó rendimientos de 2.02 a 2.58 t/ha en el primer corte, lo que indica que en Choccepuquio los cortes 1 y 2 son inferiores, mientras que los cortes 3 y 4 son superiores en términos de rendimiento.

Según Aguilar (2017), los mayores promedios de rendimientos en materia seca fueron para la variedad Lecherita con 3.42 t/ha, seguida por las variedades San Pedro, Beacon y Monsefú, con 3.13, 2.98 y 2.94 t/ha respectivamente. Por otra parte, en Choccepuquio, la variedad Alfamaster 10 tuvo un promedio de 4.04 toneladas por hectárea en el cuarto corte, seguida por la variedad Supersonic, que promedió 3.17 toneladas por hectárea. Para el primer corte, se obtuvo un rendimiento de 0.04 t/ha, mientras que para el segundo corte fue de 1.25 t/ha y para el tercer corte de 2.80 t/ha. Estos valores son inferiores a los reportados por Aguilar.

La variedad Super Alabama W550 muestra una mayor productividad, con un rendimiento de 8.50 t/ha de materia seca en el octavo corte (Santana, 2009). Mientras en Choccepuquio, el valor más alto se alcanzó con la variedad Alfamaster 10, con 4.04 t/ha en el cuarto corte, siendo inferiores los reportados en este estudio a los reportados por Santana.

VII. CONCLUSIONES

Las conclusiones a los que arribo el presente estudio se resumen a continuación, abarcando los aspectos fenológicos y agronómicos de las tres variedades de alfalfa evaluadas (Moapa 69, Supersonic y Alfamaster 10) bajo las condiciones del (CIFUNCH).

La fenología del cuarto corte reveló que las tres variedades de alfalfa exhibieron una duración de días similar en promedio en la mayoría de sus etapas de desarrollo. Sin embargo, se observó una excepción en el periodo vegetativo temprano, donde la variedad Supersonic mostró ciclos fenológicos más largos en comparación con Alfamaster 10.

En el cuarto corte, las variables agronómicas como la densidad, cobertura, materia seca de hojas, ratio hoja/tallo, no mostraron diferencias significativas entre las tres variedades de alfalfa. Sin embargo, la variedad Alfamaster 10 destacó por su mayor promedio de altura y materia seca total, superando a la variedad Supersonic. Asimismo, Alfamaster 10 mostró un rendimiento superior en materia seca de tallos y en el rendimiento total en comparación con la variedad Moapa 69.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar evaluando la variedad Alfamaster 10 para determinar su resistencia a plagas de manera más exhaustiva.
2. Evaluar la variedad Alfamaster 10 en dos épocas distintas del año: la temporada seca y la temporada de lluvias.
3. Medir y comparar el rendimiento de las tres variedades en términos de producción de contenido nutricional y calidad del material vegetal.
4. Realizar ensayos en múltiples localidades dentro del mismo ecosistema para evaluar la adaptabilidad y consistencia del rendimiento de Alfamaster 10 bajo diversas condiciones climáticas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgroBesser. (2023). *Alfalfa Moapa 69 25kg, semillas de alfalfa siembra en climas frios, AGP*.
<https://agrobesser.com/semillas/alfalfa-moapa-69-25kg-semillas-de-alfalfa-siembra-en-climas-frios-agp-626.html>
- Aguilar, E. (2017). *Producción de biomasa forrajera de variedades o ecotipos de alfalfa (Medicago sativa L.) en el sector Humedades del distrito de Salas – Lambayeque* [Titulo profesional]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Alarcón, B., & Cervantes, T. (2012). *Producción de semillas de alfalfa en el valle del Mezquital, Hidalgo* (B. Alarcón, Ed.; Fundación Hidalgo).
- Álvarez, P., Hernández, A., Mendoza, S. I., Rojas, A. R., Wilson, C. Y., & Alejos, J. I. (2018). Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas. *Agrociencia*, 52(6), 841–849.
- Aparacio, P., Sánchez, M., & Peña, J. (1980). Nitrogen fixation, stomatal response and transpiration in *Medicago sativa*, *Trifolium* es. *Physiologia Plantarum*, 48, 1.
- Argote, G., Halanoca, M., & Cabrera, P. (2004). Comparativo y adaptación de variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en el altiplano de Puno. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*, 1–11. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/598>
- 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. <https://doi.org/10.3923/javaa.2013.487.490>
- Bazán, V., Yamada, Graciela., Coronado, L., & Fuentes, N. (2017). Productive performance of alfalfa (*medicago sativa*), caravelí variety, subject to grazing in the huaral valley.

Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, 28(3), 743–749.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13359>

Carbonel, R. A., Arias Carbajal, J., Zorogastua, P., Passoni, F., Vilcara, E., & Valencia, M. (2018). Impacto de heladas meteorológicas y agronómicas en alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la región Puno. *Anales Científicos*, 79(2), 308.
<https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1243>

Catalogo AGP. (2019). Forraje y hortalizas. In *AGP semillas*.

Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF). (2023). *Climate Data*. <https://en.climate-data.org/info/sources/>

Chavez, L. (2013). *Evaluación de diferentes niveles de enraizador HV más humus en la producción de forraje del Medicago sativa (Alfalfa)* [Título profesional]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Damián, C. (2017). *Estrategias para el desarrollo de nuevas variedades de alfalfa por mejoramiento no convencional* [Tesis doctoral]. Universidad de Buenos Aires.

Durand, M. (2014). *Comportamiento productivo de alfalfa (Medicago sativa L.) En cultivo puro y asociado con gramíneas forrajeras en el CIP - Camacan* [Título profesional]. Universidad Nacional del Altiplano.

Echeverría, E., Moschetti, C., Martínez, E., & Basigalup, D. (2022). Producción de semilla de alfalfa. In D. H. Basigalup (Ed.), *Investigación, producción e industrialización de la alfalfa en Argentina* (Ediciones INTA, pp. 650–670). INTA.

Fick, G. W., Holt, D. A., & Lugg, D. G. (1988). Environmental physiology and crop growth. In AA Hanson & DK BarnesRR Hill (Eds.), *En Alfalfa y mejora de la alfalfa* (Vol. 29, pp. 163–170).

- Fick, & Holthausen. (1975). Significance of parts other than blades and stems in leaf-stem separations of alfalfa herbage. *Crop Science*, 15, 259–262.
- Gómez, J., Salinas, C., Mendoza, E., & Vasconez, G. (2022). Germinación de la alfalfa (*Medicago sativa*) en condiciones tropicales. *Investigación e Innovación*, 7(3), 41–50. <https://doi.org/10.33262/rmc.v7i3.2677>
- 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. <https://doi.org/10.33262/rmc.v7i3.2677>
- Google Earth. (2023). *Andahuaylas - Choquepuquio*.
- Iannucci, A., Di Fonzo, N., & Martiniello, P. (2002). Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 78, 65–67.
- IV censo nacional agropecuario (CENAGRO). (2012). *Atlas agropecuario* (INEI). Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Kalu, B. A., & Fick, G. W. (1981). Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. *Crop Science*, 21, 267–271.
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas* (R. León, Ed.; 1st ed.). Editorial Universitaria Abya-Yala.
- López, M., Adet, Y., Tomas, M., & Garcia, D. (2020). *Informe de comercio exterior de alfalfa y pellets de alfalfa*.
- Mendieta, J. (2019). *Anuario estadístico de comercio exterior agrario* (E. Castro, Ed.; MIDAGRI). Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

- Mendoza, S., Hernández, A., Pérez, J., Quero, A., Escalante, A., Zaragoza, J., & Ramírez, O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Rev Mex Ciencias Pecuarias*, 1(3), 287–296.
- Ministerio del ambiente. (2019). Línea de base de la alfalfa con fines de bioseguridad en el Perú. *MINAN*, 1–45. <http://tropicicos.org>
- Ministerio del ambiente, & Centro de intercambio de información sobre seguridad de la biotecnología del Perú. (2017). *Importación de semillas sujetas a control durante el 2016*. https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones_notas/importacion-semillas-2016/
- Moschetti, C., Martínez, E., Echeverría, E., & Ávalos, L. (2007). Producción de semilla de alfalfa. In Daniel. Basigalup & EEA Manfredi (Eds.), *El cultivo de la alfalfa en la Argentina* (INTA, pp. 407–415).
- Noli, C., Bojorquez, C., & Ordoñez, J. H. (2006). *Caracterización del cultivo de alfalfa con dormancia 9 en época seca en la sierra central del Perú*.
- Noli, C., Nestares, A., Livia, E., & Villanueva, J. (2004). Establecimiento y evaluación de variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) a una altitud de 2000 m.s.n.m. *Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA)*, 1–7.
- Oñate, W. (2019). *Fenología, composición química y manejo de las variedades de alfalfa en el cantón Riobamba* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Oñate, W., & Flores, 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.
- Ordoñez, V., Nescier, I., Dovis, V., Gieco, J., Bonvin, C., Ribero, O., & Walker, G. (2019). Productividad y cobertura de cultivares de alfalfa (*Medicago sativa* L.) de diferentes

grados de reposo invernal bajo dos frecuencias de corte. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias*, 18(2), 45.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017).

Buenas prácticas: producción de forrajes. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, 1–5.

Palomino, E. (2019). *Producción de forraje en líneas a diferente distanciamiento en cuatro variedades de alfalfa (Medicago sativa), a 2750 msnm. Ayacucho* [Título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Pombosa, A. (2016). *Determinación de las etapas fenológicas del cultivo de alfalfa (Medicago sativa) Var. Morada Paisana bajo las condiciones climáticas del Cantón Cevallos* [Título profesional]. Universidad Técnica de Ambato.

Ratera, C. (1974). La experiencia neozelandesa en la utilización de la alfalfa. *Sociedad Española de Pastos (SEP)*, 4(2), 191–198.

Rodríguez, N., & Spada, M. (2022). Producción de semilla de alfalfa. In D. Basigalup (Ed.), *Investigación, producción e industrialización de la alfalfa en Argentina* (INTA, pp. 36–50). INTA.

Rodríguez, N., & Spada, M. del C. (2007). Morfología de la alfalfa. In Basigalup D & INTA (Eds.), *El cultivo de la alfalfa en la Argentina* (pp. 27–43).

Rogers, M. E., Lawson, A. R., Chandra, S., & Kelly, K. B. (2014). Limited application of irrigation water does not affect the nutritive characteristics of lucerne. *Animal Production Science*, 54(10), 1635–1640. <https://doi.org/10.1071/AN14195>

- Rojas, A., Hernández-Garay, A., Joaquín, S., Maldonado, M., Mendoza, S., Álvarez, P., & Joaquín, B. (2016). Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1855–1866.
- Rossanigo, R., Spada, M. del C., & Bruno, O. (1995). Cultivares de alfalfa, grados de reposo y panorama varietal. *Producción Animal*, 65–75. www.produccion-animal.com.ar/www.produccionbovina.com
- Santamaría, J., Figueroa, U., & Medina, M. (2004). Productividad de la alfalfa en condiciones de salinidad en el distrito de riego 017, Comarca Lagunera. *Tierra Latinoamericana*, 22(3), 343–345.
- Santana, A. (2009). *Rendimiento de forraje en ocho variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) en dos pisos ecológicos del departamento de Ayacucho* [Título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Sistema integrado de información taxonómica “ITIS.” (2023). *Medicago sativa L.* Taxonomía y Nomenclatura. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=183623#null
- Smith, D., Dobrenz, A., & Schonhorst, M. (1981). Response of alfalfa seedling plants to high levels of chloride-salts. *Journal of Plant Nutrition*, 4(2), 143–174. <https://doi.org/10.1080/01904168109362909>
- Sulca, A. (2015). *Producción en forraje de cinco variedades de alfalfa (Medicago sativa L). Ticllas a 2395 msnm - Ayacucho* [Título profesional]. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

Suttie, J. (2003). Cultivos para heno - leguminosas forrajeras y legumbres. In FAO (Ed.), *Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles* (1st ed., pp. 94–101).

Ünal, S., Mutlu, Z., & Efe, B. (2023). Agromorphological, yield and quality characteristics of two populations of alfalfa developed by mass selection. *Ciencia Rural*, 53(5), 1–13. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220036>

Undersander, D., Cosgrove, D., Cullen, E., Grau, C., Rice, M., Renz, M., Sheaffer, C., Shewmaker, G., & Sulc, M. (2011). *Alfalfa management guide*. American Society of Agronomy.

Wang, H., Coulman, B., Bai, Y., Tar'an, B., & Biliget, B. (2023). Genetic diversity and local adaption of alfalfa populations (*Medicago sativa* L.) under long-term grazing. *Scientific Reports*, 13(1), 1–19. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28521-3>

X. ANEXOS

a. Base de datos utilizados en el estudio

Tabla 16

Base de datos de la fenología

BLOK	TRAT	V0	V1	V2	B1	B2	F1
1	Alfamaster 10	6.67	6.67	9.67	3.33	12.00	9.00
1	Moapa 69	8.33	7.00	8.67	3.00	12.67	10.33
1	Supersonic	9.00	8.67	9.00	3.33	12.33	7.33
2	Alfamaster 10	6.33	6.67	11.33	3.00	11.33	9.67
2	Moapa 69	7.67	8.00	9.00	3.00	11.00	10.00
2	Supersonic	8.67	8.67	10.67	3.00	11.00	8.67
3	Alfamaster 10	7.00	8.67	12.00	3.33	9.33	7.67
3	Moapa 69	7.33	8.67	11.00	3.67	11.67	7.67
3	Supersonic	10.00	9.00	9.33	4.33	10.33	8.33

Nota. *BLOK: Bloques, TRAT: Tratamientos, V0: Vegetativo temprano, V1: Vegetativo medio, V2: Vegetativo tardío, B1: Botón floral temprano, B2: Botón floral tardío, F1: Floración temprana.

Tabla 17

Base de datos de las variables agronómicas

BLOK	TRAT	DEN1	COB1	AT1	DEN2	COB2	AT2	DEN3	COB3	AT3	DEN4	COB4	AT4
1	Alfamaster 10	100.33	0.45	80.50	72.00	0.45	37.00	102.33	0.45	56.33	105.67	0.47	87.83
1	Moapa 69	159.67	0.53	71.17	64.67	0.42	31.67	111.67	0.52	42.93	104.33	0.52	74.00
1	Supersonic	111.33	0.48	63.50	59.67	0.35	18.00	102.33	0.48	38.70	115.00	0.52	56.67
2	Alfamaster 10	185.00	0.53	66.83	64.67	0.38	27.33	104.67	0.52	51.07	102.33	0.48	88.17
2	Moapa 69	181.67	0.52	65.67	61.00	0.40	28.33	102.00	0.45	53.37	111.33	0.53	80.33
2	Supersonic	208.67	0.55	68.00	92.67	0.47	26.33	111.33	0.52	42.30	109.33	0.55	77.00
3	Alfamaster 10	298.33	0.57	62.00	106.33	0.48	30.33	102.33	0.45	55.00	120.00	0.55	88.67
3	Moapa 69	252.67	0.58	66.67	90.33	0.47	28.33	99.67	0.45	39.60	99.67	0.48	68.67
3	Supersonic	226.67	0.60	66.33	95.67	0.45	31.33	123.00	0.55	36.27	103.33	0.47	69.00

Nota. *BLOK: Bloques, TRAT: Tratamientos, DEN: Densidad, COB: Cobertura, AT: Promedio de altura.

BLOK	TRAT	MSTT1	MSTA1	MSHO1	R_H_T1	REN_HA1	MSTT2	MSTA2	MSHO2	R_H_T2	REN_HA2
1	Alfamaster 10	3.66	2.28	1.39	0.62	36.60	130.87	52.34	78.53	1.53	1308.69
1	Moapa 69	3.16	2.09	1.07	0.54	31.55	112.35	44.23	68.12	1.55	1123.49
1	Supersonic	2.41	1.53	0.88	0.58	24.05	120.78	43.15	77.64	1.81	1207.84
2	Alfamaster 10	1.98	1.04	0.94	0.89	19.75	128.46	44.83	83.63	1.87	1284.65
2	Moapa 69	3.00	1.83	1.18	0.64	30.00	138.05	56.73	81.32	1.54	1380.55
2	Supersonic	7.00	3.80	3.20	0.83	69.95	109.98	43.09	66.89	1.61	1099.78
3	Alfamaster 10	7.38	4.35	3.03	0.71	73.75	133.96	53.92	80.04	1.47	1339.59
3	Moapa 69	7.11	3.96	3.15	0.80	71.10	144.31	59.42	84.89	1.45	1443.06
3	Supersonic	1.75	0.95	0.80	0.84	17.45	109.01	48.16	60.86	1.27	1090.12

Nota. *BLOK: Bloques, TRAT: Tratamientos, MSTT: Materia seca total, MSTA: Materia seca de tallos, MSHO: Materia seca de hojas, R_H_T: Ratio hoja/tallo, REN_HA: Rendimiento por hectárea.

BLOK	TRAT	MSTT3	MSTA3	MSHO3	R_H_T3	TN_HA3	MSTT4	MSTA4	MSHO4	R_H_T4	RETN_HA4
1	Alfamaster 10	335.48	181.62	153.86	0.85	3354.75	440.05	226.51	213.54	0.93	4400.50
1	Moapa 69	279.62	119.41	160.21	1.35	2796.21	312.45	168.89	143.56	0.85	3124.52
1	Supersonic	270.76	109.73	161.03	1.47	2707.55	327.01	173.27	153.73	0.91	3270.05
2	Alfamaster 10	385.24	182.58	202.66	1.11	3852.36	341.41	191.00	150.41	0.80	3414.13
2	Moapa 69	251.79	95.04	156.75	1.65	2517.89	273.63	144.41	129.22	0.94	2736.28
2	Supersonic	194.04	83.99	110.05	1.36	1940.40	320.25	182.10	138.15	0.80	3202.53
3	Alfamaster 10	428.10	209.37	218.73	1.04	4280.97	431.94	213.72	218.22	1.02	4319.40
3	Moapa 69	200.70	86.05	114.65	1.33	2007.02	265.34	164.06	101.28	0.62	2653.44
3	Supersonic	178.49	59.38	119.11	2.02	1784.89	306.34	149.80	156.54	1.03	3063.42

Nota. *BLOK: Bloques, TRAT: Tratamientos, MSTT: Materia seca total, MSTA: Materia seca de tallos, MSHO: Materia seca de hojas, R_H_T: Ratio hoja/tallo, REN_HA: Rendimiento por hectárea.

b. Análisis de varianza (ANVA), pruebas de Tukey y visualización gráfica

1. Cuarto corte y evaluaciones fenológica

Análisis de varianza de vegetativo temprano

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	9.852	4.926	16.625	0.0115 *
BLOK	2	0.519	0.259	0.875	0.4839
Residuals	4	1.185	0.296		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test

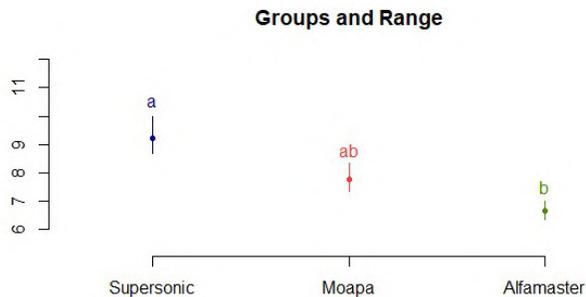
data: residuals(IV0)

W = 0.9858, p-value = 0.9874

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	2	0.2727	0.7703
	6		

Prueba de Tukey



Análisis de varianza de vegetativo medio

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	3.185	1.5926	5.059	0.0803 .
BLOK	2	2.889	1.4444	4.588	0.0922 .
Residuals	4	1.259	0.3148		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(IV1)

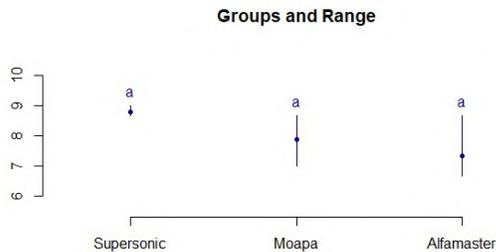
W = 0.95315, p-value = 0.7247

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
	2		

group 2 0.4773 0.6422
6

Prueba de Tukey



Análisis de varianza de vegetativo tardío

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	3.877	1.9383	2.453	0.202
BLOK	2	4.469	2.2346	2.828	0.172
Residuals	4	3.160	0.7901		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test

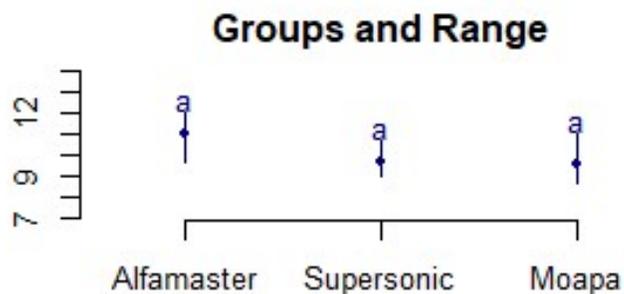
data: residuals(IV2)

W = 0.91894, p-value = 0.3835

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group 2	2	0.0635	0.9391
	6		

Prueba de Tukey



Análisis de varianza de botón floral temprano

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	0.2222	0.1111	1.2	0.3906
BLOK	2	0.9630	0.4815	5.2	0.0772
Residuals	4	0.3704	0.0926		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(IB1)

W = 0.97765, p-value = 0.9511

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)
 group 2 0.5833 0.5868
 6

Prueba de Tukey

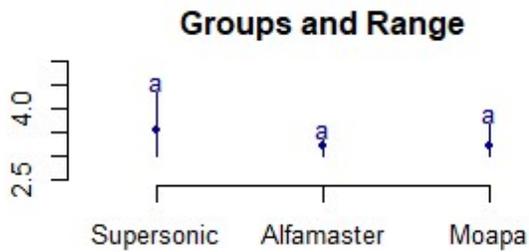
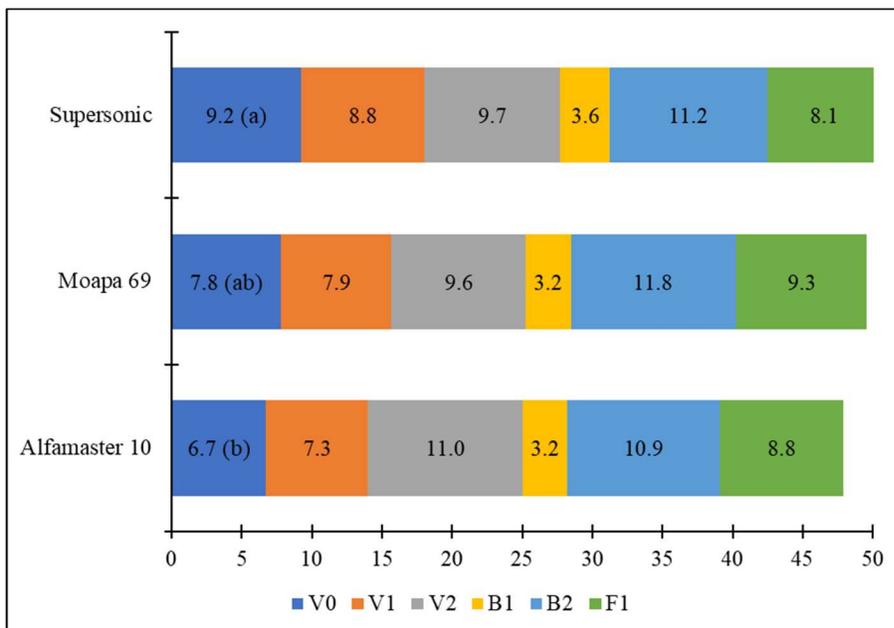


Figura 16

Fenología de las 3 variedades



2. Evaluaciones agronómicas

Análisis de varianza para densidad del primer corte

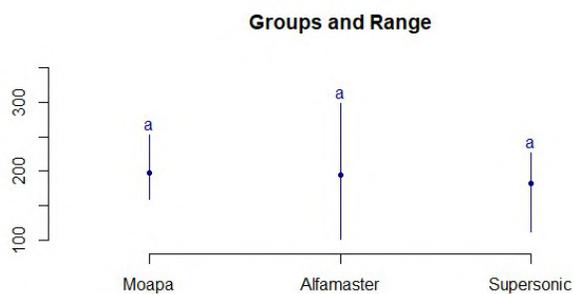
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	413	206	0.178	0.8434
BLOK	2	27518	13759	11.84	0.0209 *
Residuals	4	4646	1161		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(IDEN1)
W = 0.86309, p-value = 0.1036

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 2 0.4093 0.6814
6

Prueba de Tukey



Análisis de varianza de cobertura del 3 corte

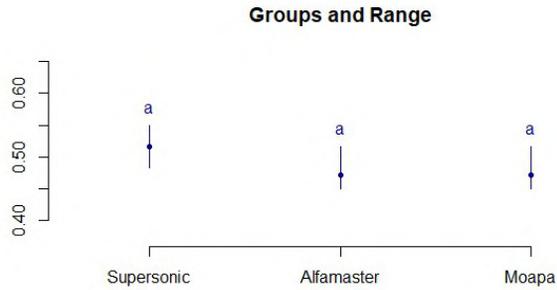
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	0.003951	0.0019753	1.000	0.444
BLOK	2	0.000247	0.0001235	0.063	0.940
Residuals	4	0.007901	0.0019753		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(ICOB3)
W = 0.79929, p-value = 0.02005

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 2 0 1
6

Prueba de Tukey



Análisis de varianza de altura del 3 corte

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	342.9	171.47	7.260	0.0466 *
BLOK	2	42.1	21.06	0.892	0.4784
Residuals	4	94.5	23.62		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test

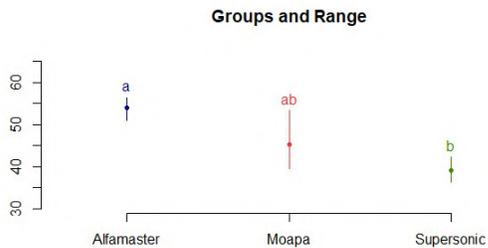
data: residuals(IAT3)

W = 0.98755, p-value = 0.9918

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group 2	2	0.618	0.5701
6			

Prueba de Tukey



Análisis de varianza de materia seca total del cuarto corte

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	23218	11609	11.568	0.0217 *
BLOK	2	3469	1735	1.728	0.2877
Residuals	4	4014	1004		

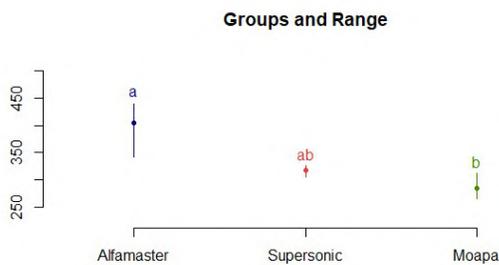
Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(IMSTT4)
W = 0.95145, p-value = 0.706

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 2 0.5285 0.6146
6

Prueba de Tukey



Análisis de varianza de ratio hoja/tallo

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAT	2	0.02512	0.012558	0.492	0.644
BLOK	2	0.00506	0.002531	0.099	0.908
Residuals	4	0.10208	0.025520		

Supuesto de normalidad y homocedasticidad

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(IR_H_T4)
W = 0.98186, p-value = 0.9731

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 2 0.116 0.8924
6

Prueba de Tukey

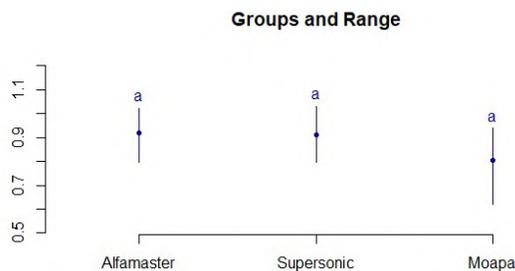


Figura 17

Densidad de plantas en los 4 cortes

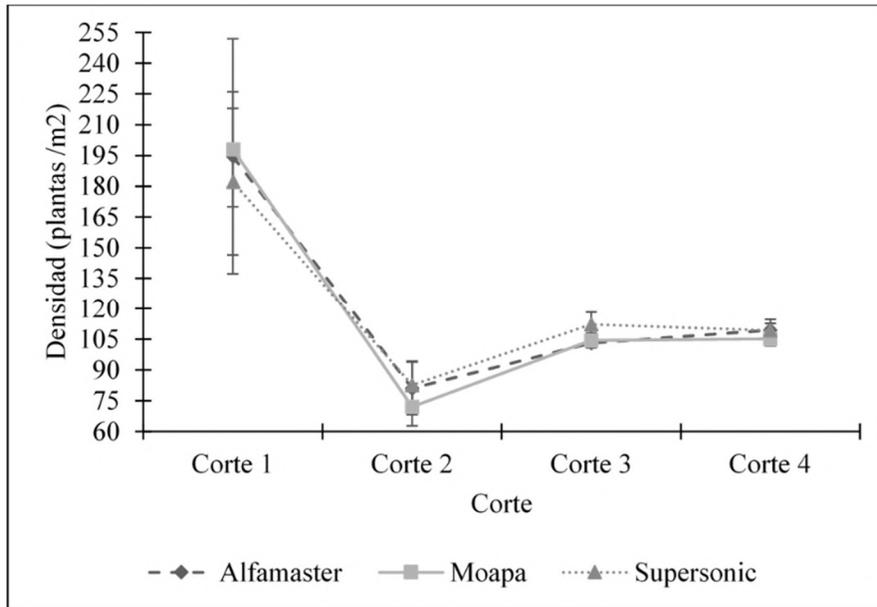


Figura 18

Cobertura de plantas en los 4 cortes

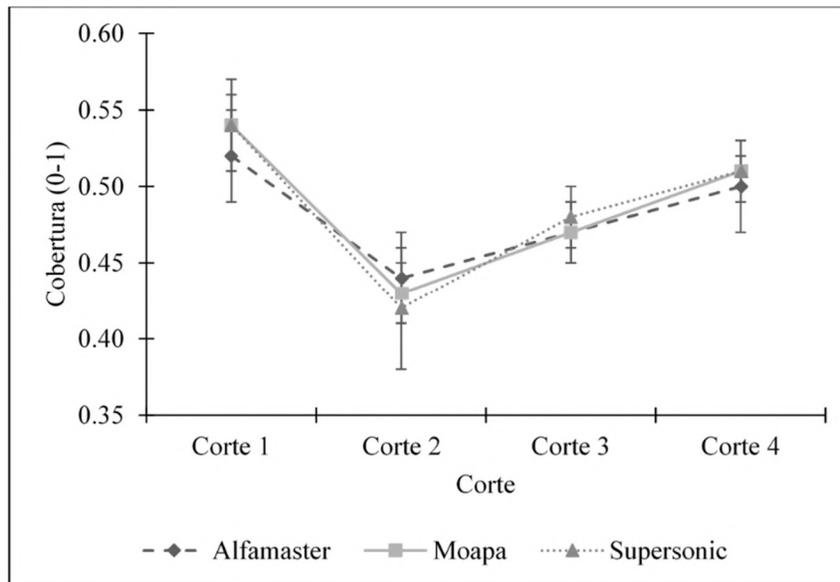


Figura 19

Altura de planta en los 4 cortes

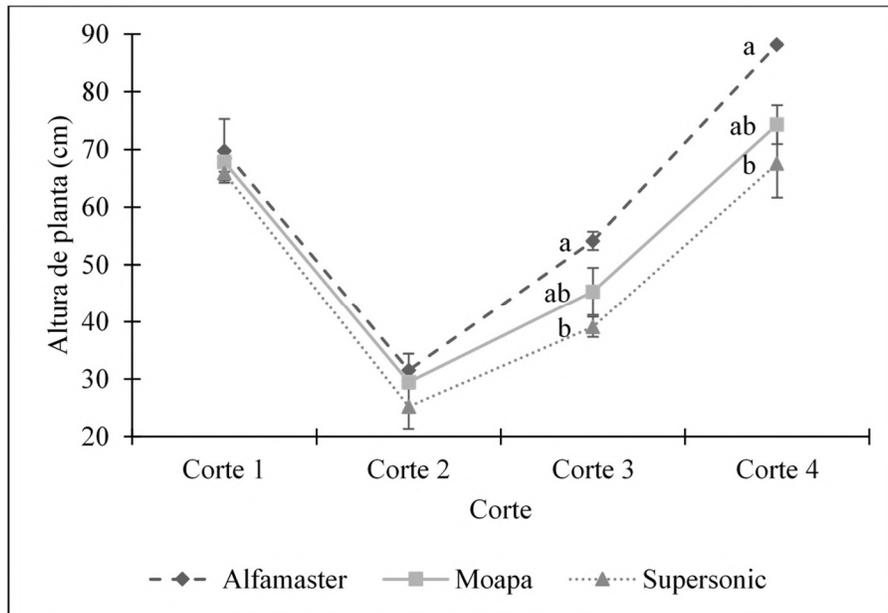


Figura 20

Materia seca total en los 4 cortes

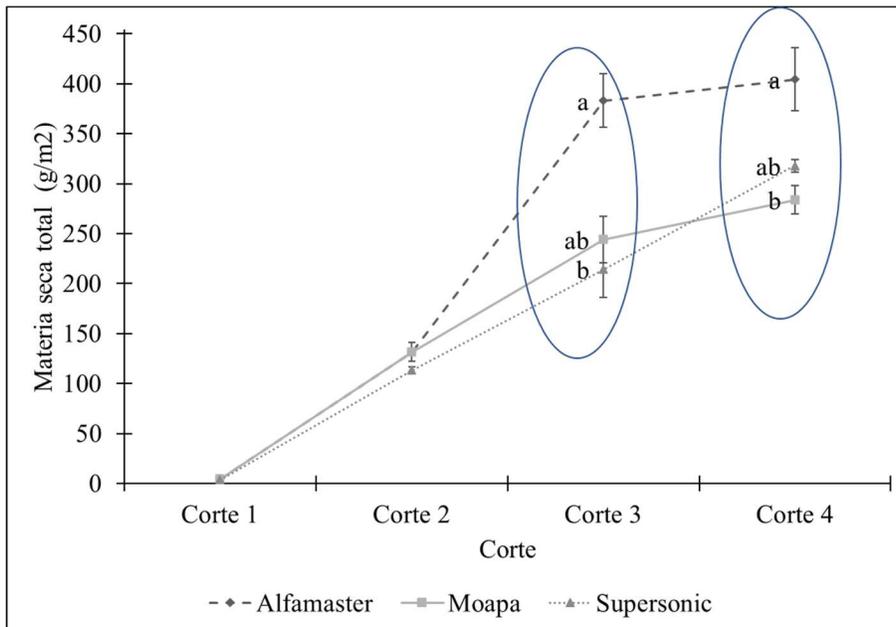


Figura 21

Materia seca de tallos en los 4 cortes

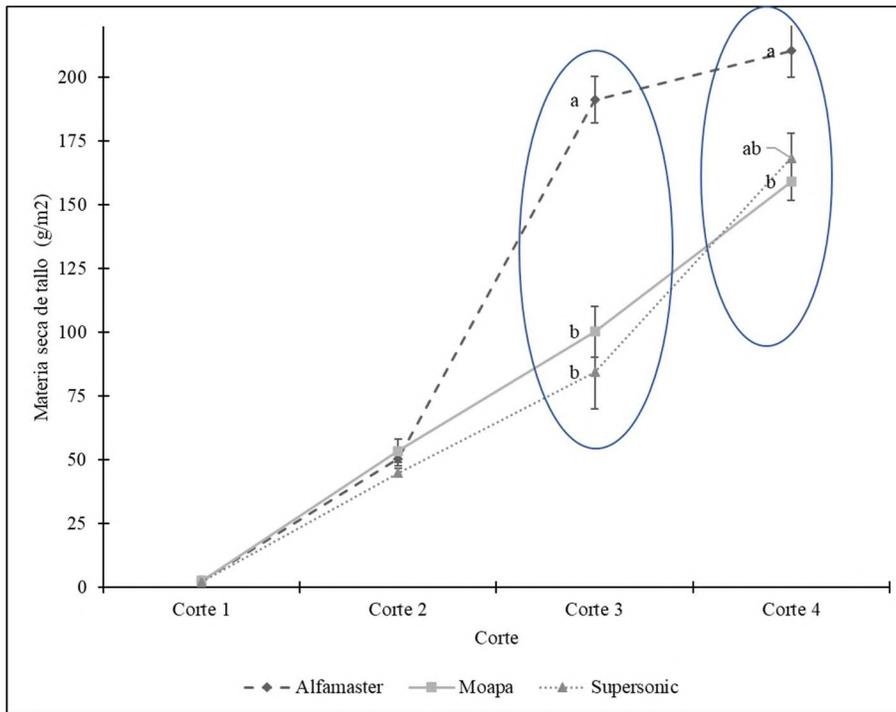


Figura 22

Materia seca de hojas en los 4 cortes

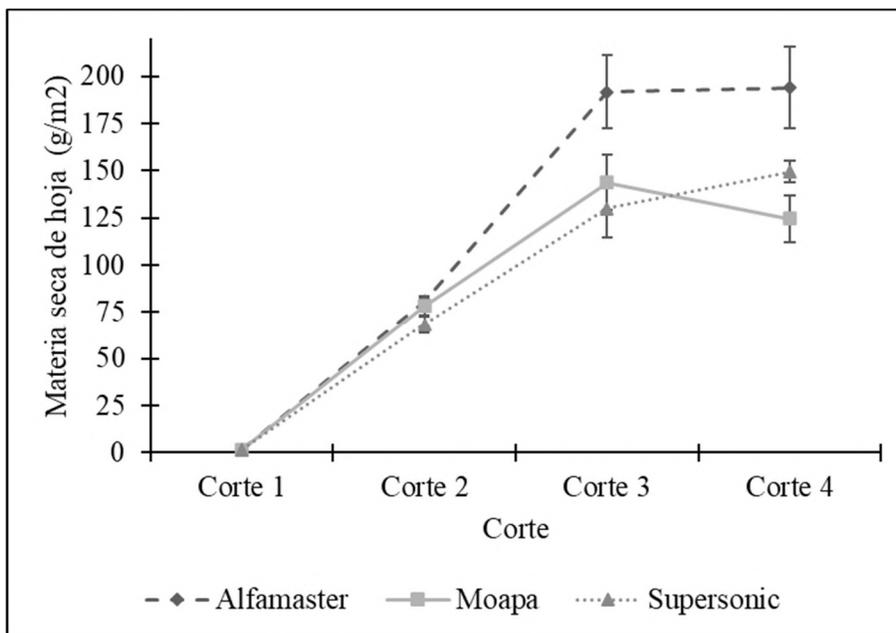


Figura 23

Ratio H/T de los 4 cortes

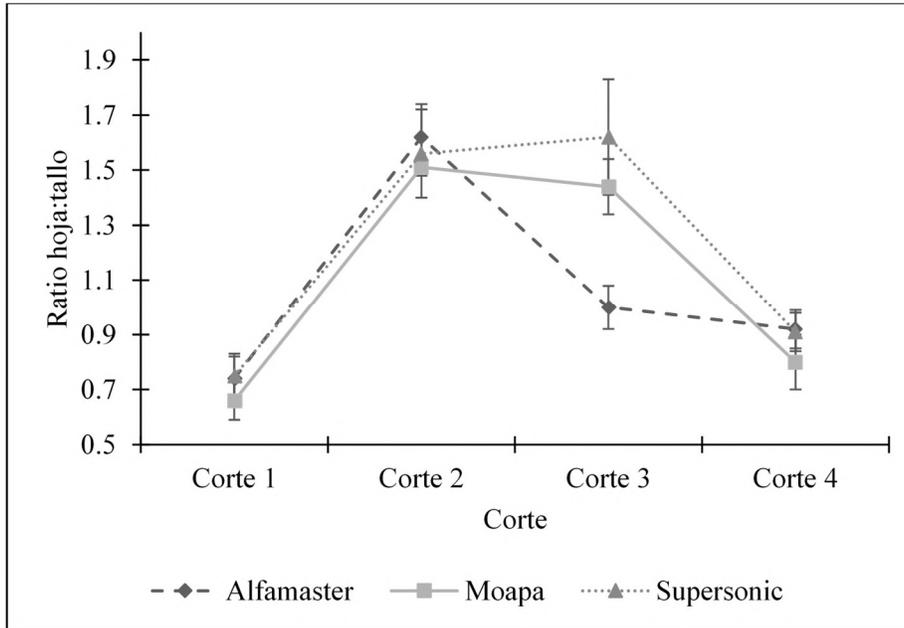
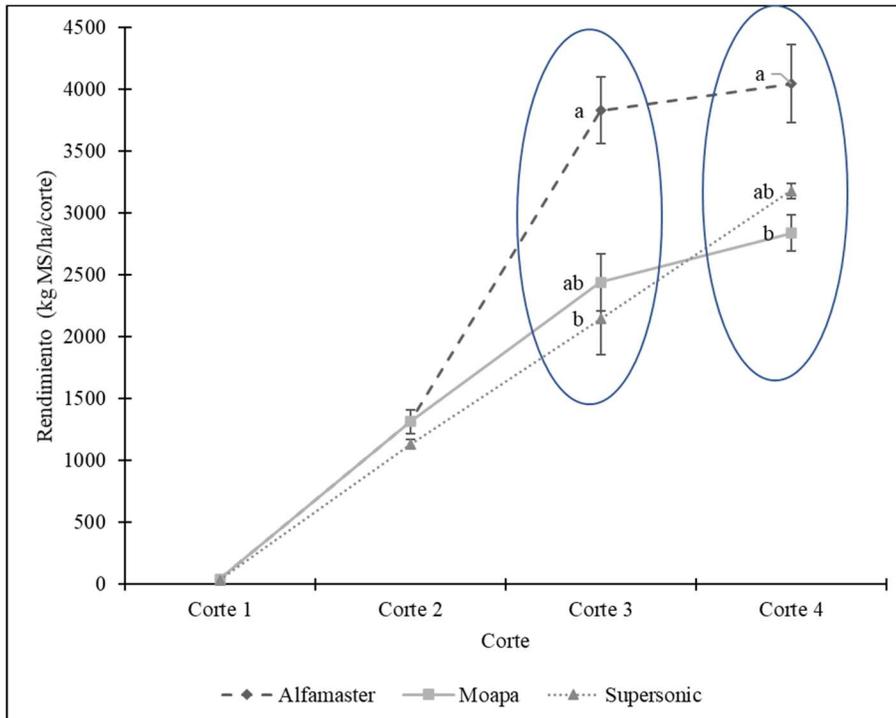


Figura 24

Rendimiento en los 4 cortes



c. Scripts de R utilizados en el análisis estadístico

1. Script de las variables agronómicas

```
1 #####
2 ### ANÁLISIS DE DATOS - CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE ALFALFA ###
3 ### MEDICAGO SATIVA ###
4 ### Luis Suca; Noviembre, 2023 ###
5 #####
6
7 ###Directorio=Carpeta del script -----
8 library(rstudioapi)
9 setwd(dirname(rstudioapi::getActiveDocumentContext()$path))
10 getwd()
11
12 # Cargar Paquetes -----
13 library(pacman)
14 pacman::p_load(readxl,agricolae,car,ggplot2,nortest,lsmmeans,psych,olsrr,HH)
15
16 # Leer Datos -----
17 DB<-read_excel("DB_AGRONOMICAS.xlsx")
18
19 # Convertir variables en FACTOR -----
20 DB$TRAT<-as.factor(DB$TRAT)
21 DB$BLOK<-as.factor(DB$BLOK)
22
23 str(DB)
24
25
26 ##### DENSIDAD - CORTE 1 (DEN1, plantas/m2) #####
27 # Modelo -----
28 lDEN1<-lm(DEN1~TRAT+BLOK,data=DB)
29 summary(lDEN1)
30 aDEN1<-aov(DEN1~TRAT+BLOK,data=DB)
31 summary(aDEN1)
32
33 # Verificación de Supuestos -----
34 shapiro.test(residuals(lDEN1))#Normalidad de residuales
35 leveneTest(DEN1~TRAT,data=DB)#Homocedasticidad
36 leveneTest(DEN1~BLOK,data=DB)#Homocedasticidad
37
38 # Comparación de Medias -----
39 TUK<-HSD.test(aDEN1,"TRAT")
40 plot(TUK)
41
42 TUK<-HSD.test(aDEN1,"BLOK")
43 plot(TUK)
44
45 # Descriptivos -----
46 psych::describeBy(DB$DEN1,DB$TRAT,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
47 psych::describeBy(DB$DEN1,DB$BLOK,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
48 psych::describe(DB$DEN1,skew=F)
49
50 # Gráficos -----
51 #Descriptivos
52 par(mfrow= c (1,4), mar = c(5,4,2,1))
53 boxplot(DB$DEN1)
54 boxplot(DB$DEN1~DB$TRAT)
55 dotchart(DB$DEN1)
56 boxplot(DB$DEN1~DB$BLOK)
57
58 # Gráfica del modelo
59 par(mfrow= c (2,2))
60 plot(lDEN1)
61
62 # Gráfico de influencia
63 ols_plot_dffits(lDEN1)#Gráfico de influencia - library(olsrr)
64
```

```

67 > ##### FENOLOGÍA - VEGETATIVO MEDIO (V1, días) #####
68 > # Modelo -----
69 lv1<-lm(V1~TRAT+BLOK,data=DB)
70 summary(lv1)
71 av1<-aov(V1~TRAT+BLOK,data=DB)
72 summary(av1)
73
74 > # Verificación de Supuestos -----
75 shapiro.test(residuals(lv1))#Normalidad de residuales
76 leveneTest(V1~TRAT,data=DB)#Homocedasticidad
77 leveneTest(V1~BLOK,data=DB)#Homocedasticidad
78
79 > # Comparación de Medias -----
80 TUK<-HSD.test(av1,"TRAT")
81 plot(TUK)
82
83 TUK<-HSD.test(av1,"BLOK")
84 plot(TUK)
85
86 > # Descriptivos -----
87 psych::describeBy(DB$V1,DB$TRAT,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
88 psych::describeBy(DB$V1,DB$BLOK,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
89 psych::describe(DB$V1,skew=F)
90
91 > # Gráficos -----
92 #Descriptivos
93 par(mfrow= c (1,4), mar = c(5,4,2,1))
94 boxplot(DB$V1)
95 boxplot(DB$V1~DB$TRAT)
96 dotchart(DB$V1)
97 boxplot(DB$V1~DB$BLOK)
98
99 # Gráfica del modelo
100 par(mfrow= c (2,2))
101 plot(lv1)
102
103 # Gráfico de influencia
104 ols_plot_dffits(lv1)#Gráfico de influencia - library(olsrr)
232 > ##### FENOLOGÍA - FLORACIÓN TEMPRANA (F1, días) #####
233 > # Modelo -----
234 lf1<-lm(F1~TRAT+BLOK,data=DB)
235 summary(lf1)
236 af1<-aov(F1~TRAT+BLOK,data=DB)
237 summary(af1)
238
239 > # Verificación de Supuestos -----
240 shapiro.test(residuals(lf1))#Normalidad de residuales
241 leveneTest(F1~TRAT,data=DB)#Homocedasticidad
242 leveneTest(F1~BLOK,data=DB)#Homocedasticidad
243
244 > # Comparación de Medias -----
245 TUK<-HSD.test(af1,"TRAT")
246 plot(TUK)
247
248 TUK<-HSD.test(af1,"BLOK")
249 plot(TUK)
250
251 > # Descriptivos -----
252 psych::describeBy(DB$F1,DB$TRAT,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
253 psych::describeBy(DB$F1,DB$BLOK,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
254 psych::describe(DB$F1,skew=F)
255
256 > # Gráficos -----
257 #Descriptivos
258 par(mfrow= c (1,4), mar = c(5,4,2,1))
259 boxplot(DB$F1)
260 boxplot(DB$F1~DB$TRAT)
261 dotchart(DB$F1)
262 boxplot(DB$F1~DB$BLOK)

```

```

264
265 # Gráfica del modelo
266 par(mfrow= c (2,2))
267 plot(lf1)
268
269 # Gráfico de influencia
270 ols_plot_dffits(lf1)#Gráfico de influencia - library(olsrr)

```

2. Script de las variables agronómicas

```

1 #####
2 ### ANÁLISIS DE DATOS - CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE ALFALFA ###
3 ### MEDICAGO SATIVA ###
4 ### Luis Suca; Noviembre, 2023 ###
5 #####
6
7 ###Directorio=Carpeta del script -----
8 library(rstudioapi)
9 setwd(dirname(rstudioapi::getActiveDocumentContext())$path))
10 getwd()
11
12 # Cargar Paquetes -----
13 library(pacman)
14 pacman::p_load(readxl, agricolae, car, ggplot2, nortest, lsmeans, psych, olsrr, HH)
15
16 # Leer Datos -----
17 DB<-read_excel("DB_AGRONOMICAS.xlsx")
18
19 # Convertir Variables en FACTOR -----
20 DB$TRAT<-as.factor(DB$TRAT)
21 DB$BLOK<-as.factor(DB$BLOK)
22
23 str(DB)

```

```

26 ##### DENSIDAD - CORTE 1 (DEN1, plantas/m2) #####
27 # Modelo -----
28 lDEN1<-lm(DEN1~TRAT+BLOK,data=DB)
29 summary(lDEN1)
30 aDEN1<-aov(DEN1~TRAT+BLOK,data=DB)
31 summary(aDEN1)
32
33 # Verificación de Supuestos -----
34 shapiro.test(residuals(lDEN1))#Normalidad de residuales
35 leveneTest(DEN1~TRAT,data=DB)#Homocedasticidad
36 leveneTest(DEN1~BLOK,data=DB)#Homocedasticidad
37
38 # Comparación de Medias -----
39 TUK<-HSD.test(aDEN1,"TRAT")
40 plot(TUK)
41
42 TUK<-HSD.test(aDEN1,"BLOK")
43 plot(TUK)
44
45 # Descriptivos -----
46 psych::describeBy(DB$DEN1,DB$TRAT,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
47 psych::describeBy(DB$DEN1,DB$BLOK,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
48 psych::describe(DB$DEN1,skew=F)
49
50 # Gráficos -----
51 #Descriptivos
52 par(mfrow= c (1,4), mar = c(5,4,2,1))
53 boxplot(DB$DEN1)
54 boxplot(DB$DEN1~DB$TRAT)
55 dotchart(DB$DEN1)
56 boxplot(DB$DEN1~DB$BLOK)

```

```

56 boxplot(DB$DEN1~DB$BLOK)
57
58 # Gráfica del modelo
59 par(mfrow= c (2,2))
60 plot(lDEN1)
61
62 # Gráfico de influencia
63 ols_plot_dffits(lDEN1)#Gráfico de influencia - library(olsrr)

```

```

1023 ▾ ##### RATIO HOJA:TALLO - CORTE 1 (R_H_T1) #####
1024 ▾ # Modelo -----
1025 lR_H_T1<-lm(R_H_T1~TRAT+BLOK,data=DB)
1026 summary(lR_H_T1)
1027 aR_H_T1<-aov(R_H_T1~TRAT+BLOK,data=DB)
1028 summary(aR_H_T1)
1029
1030 ▾ # Verificación de Supuestos -----
1031 shapiro.test(residuals(lR_H_T1))
1032 leveneTest(R_H_T1~TRAT,data=DB)
1033 leveneTest(R_H_T1~BLOK,data=DB)
1034
1035 ▾ # Comparación de Medias -----
1036 TUK<-HSD.test(aR_H_T1,"TRAT")
1037 plot(TUK)
1038
1039 TUK<-HSD.test(aR_H_T1,"BLOK")
1040 plot(TUK)
1041
1042 ▾ # Descriptivos -----
1043 psych::describeBy(DB$R_H_T1,DB$TRAT,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
1044 psych::describeBy(DB$R_H_T1,DB$BLOK,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
1045 psych::describe(DB$R_H_T1,skew=F)
1046
1047 ▾ # Gráficos -----
1048 #Descriptivos
1049 par(mfrow= c (1,4), mar = c(5,4,2,1))
1050 boxplot(DB$R_H_T1)
1051 boxplot(DB$R_H_T1~DB$TRAT)
1052 dotchart(DB$R_H_T1)
1053 boxplot(DB$R_H_T1~DB$BLOK)
1054
1055 # Gráfica del modelo
1056 par(mfrow= c (2,2))
1057 plot(lR_H_T1)
1058
1059 # Gráfico de influencia
1060 ols_plot_dffits(lR_H_T1)
1061
1062

```

```

1146 ▾ ##### RATIO HOJA:TALLO - CORTE 4 (R_H_T4) #####
1147 ▾ # Modelo -----
1148 lR_H_T4<-lm(R_H_T4~TRAT+BLOK,data=DB)
1149 summary(lR_H_T4)
1150 aR_H_T4<-aov(R_H_T4~TRAT+BLOK,data=DB)
1151 summary(aR_H_T4)
1152
1153 ▾ # Verificación de Supuestos -----
1154 shapiro.test(residuals(lR_H_T4))
1155 leveneTest(R_H_T4~TRAT,data=DB)
1156 leveneTest(R_H_T4~BLOK,data=DB)
1157

```

```

1158 # Comparación de Medias -----
1159 TUK<-HSD.test(aR_H_T4,"TRAT")
1160 plot(TUK)
1161
1162 TUK<-HSD.test(aR_H_T4,"BLOK")
1163 plot(TUK)
1164
1165 # Descriptivos -----
1166 psych::describeBy(DB$R_H_T4,DB$TRAT,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
1167 psych::describeBy(DB$R_H_T4,DB$BLOK,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
1168 psych::describe(DB$R_H_T4,skew=F)
1169
1170 # Gráficos -----
1171 #Descriptivos
1172 par(mfrow= c (1,4), mar = c(5,4,2,1))
1173 boxplot(DB$R_H_T4)
1174 boxplot(DB$R_H_T4~DB$TRAT)
1175 dotchart(DB$R_H_T4)
1176 boxplot(DB$R_H_T4~DB$BLOK)
1177
1178 # Gráfica del modelo
1179 par(mfrow= c (2,2))
1180 plot(lR_H_T4)
1181
1182 # Gráfico de influencia
1183 ols_plot_dffits(lR_H_T4)
1184

```

```

1646 ##### RENDIMIENTO - CORTE 4 (TN_HA4, Tn/ha) #####
1647 # Modelo -----
1648 lTN_HA4<-lm(TN_HA4~TRAT+BLOK,data=DB)
1649 summary(lTN_HA4)
1650 aTN_HA4<-aov(TN_HA4~TRAT+BLOK,data=DB)
1651 summary(aTN_HA4)
1652
1653 # Verificación de Supuestos -----
1654 shapiro.test(residuals(lTN_HA4))
1655 leveneTest(TN_HA4~TRAT,data=DB)
1656 leveneTest(TN_HA4~BLOK,data=DB)
1657
1658 # Comparación de Medias -----
1659 TUK<-HSD.test(aTN_HA4,"TRAT")
1660 plot(TUK)
1661
1662 TUK<-HSD.test(aTN_HA4,"BLOK")
1663 plot(TUK)
1664
1665 # Descriptivos -----
1666 psych::describeBy(DB$TN_HA4,DB$TRAT,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
1667 psych::describeBy(DB$TN_HA4,DB$BLOK,mat=T,type=3,digits=2,skew=F)
1668 psych::describe(DB$TN_HA4,skew=F)
1669
1670 # Gráficos -----
1671 #Descriptivos
1672 par(mfrow= c (1,4), mar = c(5,4,2,1))
1673 boxplot(DB$TN_HA4)
1674 boxplot(DB$TN_HA4~DB$TRAT)
1675 dotchart(DB$TN_HA4)
1676 boxplot(DB$TN_HA4~DB$BLOK)
1677
1678 # Gráfica del modelo
1679 par(mfrow= c (2,2))
1680 plot(lTN_HA4)
1681
1682 # Gráfico de influencia
1683 ols_plot_dffits(lTN_HA4)
1684
1685

```

d. **Fotografías**

Foto 1. Informe de análisis de suelo



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° 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 Sulica
Muestreado por	: Cliente
Número de muestra(s)	: 03 muestras
Producto declarado	: Suelo Agrícola
Presentación de las muestra(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 Foliaves - 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	365.97	311.17	
Textura (**)						
Arena	%	--	30	30	30	
Limo	%	--	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 Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Dirección: Av. Atancay N° 295, Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

Página 1 de 2
F-45 / Ver.03
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

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



Registro N° LE - 200

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.1:1995. 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 Fosforo por el método de Clasen y colaboradores.
Potasio	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego-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 Cansán

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA - INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL DE CANSÁN
 Ing. José Valdivia Mardón
 Director

Firma
Director de la EEA Cansán

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Dirección: Av. Abancay N° 239, Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

Página 2 de 2
F-45 / Ver.03
www.inia.gob.pe

Foto 2. Delimitado y siembra de la alfalfa



Foto 3. Riego por aspersión

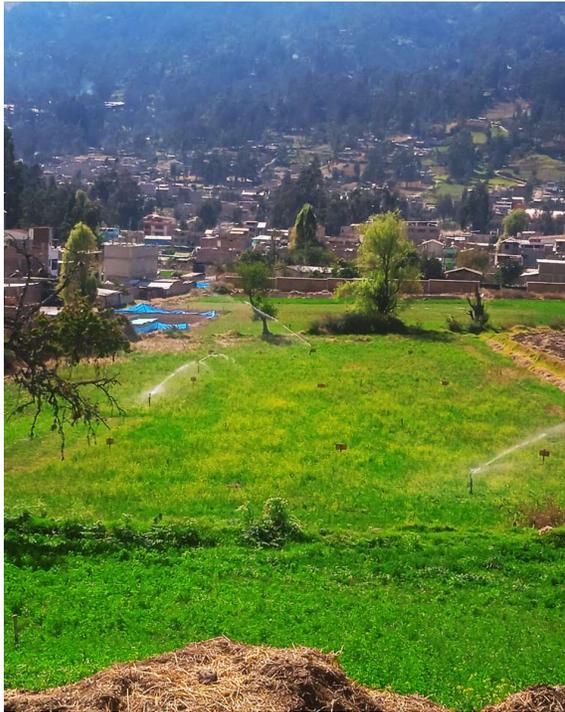


Foto 4. Evaluación de los estadios fenológicos



Foto 5. Evaluación de la cobertura



Foto 6. Determinación de la altura de las plántulas



Foto 7. Corte de la alfalfa evaluada



Foto 8. Separación de tallos de las hojas



Foto 9. Pesaje de materia verde y materia seca



Foto 10. determinación de materia seca

